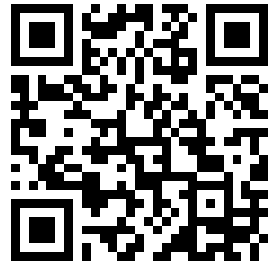
This is a reproduction of a library book that was digitized by Google as part of an ongoing effort to preserve the information in books and make it universally accessible.

Google™ books

https://books.google.com



Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

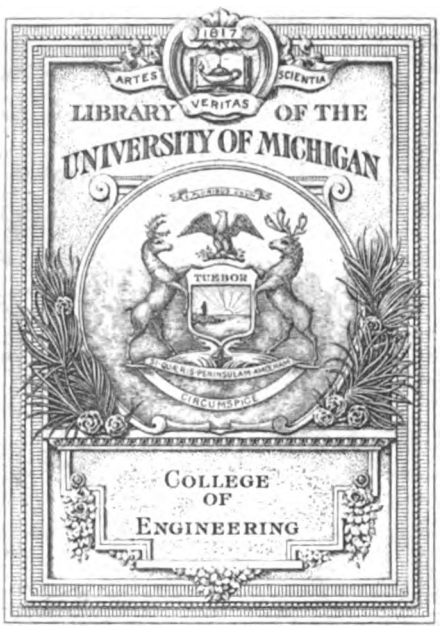
+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

Digitized by Google


1817
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
TUEBOR
COLLEGE
OF
ENGINEERING

Digitized by Google

Digitized by Google

TK
3
.E46

Digitized by Google

Digitized by Google

JUL 23 1930

E T Z

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

INHALT

Neuerungen für den Betrieb von Drehstrom-Niederspannungs-Maschennetzen. Von H. Besold und O. Müller. 953

Anlauferwärmung von Kurzschlußankermotoren. Von M. Liwschitz. 962

Fortschritte an Kathodenstrahloszillographen durch Dauerbetrieb mit Metallentladungsröhren u. durch Außenphotographie sehr kurzzeitiger Vorgänge. Von M. Knoll, H. Knoblauch und B. v. Borries. 966

Die elektr. Gasreinigung und ihre Anwendung in den wichtigsten Industriezweigen. Von R. Heinrich. 971

Welche Leistung wird durch den Luftspalt einer elektrischen Maschine übertragen? Von H. Jehle. 976

Mitt. d. PTR. Nr. 281. 978

Rundschau.

Die Unterbrech. hoher Leistungen u. ein neuer Ölschalt. m. Lichtbogenunterdrück. 979 — Das Stromdiagramm der Synchronmaschine m. ausgeprägt. Polen. 980 — Reduktionen, Magnetis.-Strom u. Streureaktanz beim Transform. 980 — Licht- u. Temperaturschwank. wechselstromdurchfloss. Glühlampen. 981 — Kernlose Induktionsöfen i. d. Stahlgießerei d. Babcock & Wilcox Tube Co. 981 — Fafra-Berührungschutzfassung. 981 — Elektrisier. d. Zahnradbahn Visp-Zermatt. 982 — Neue Bahnelektris. i. d. V. S. Amerika. 983 — Gleislose el. Bahnen. 983 — Neue Fernkabel in Deutschland. 983 — Rundfunk im Schrifttum. 984 — Siemens im italien. Fernsprechwesen. 984 — Über d. induktive Beeinfluss. v. Schwachstromleit. durch Starkstr. 984 — Oberwellen doppelter u. bruchzahl. Frequenz in Drehstromnetzen mit ΔΔ-Transf. u. geerdetem Nullpunkt. 984 — Fortpflanz. v. Rechtecksignalen in Kabeln. 984 — Einfluß d. Ausbild. d. Kesselanlage auf d. Baukosten v. Elektrizitätswerken. 985 — Entwickl. der Isolieröle. 985 — Graph. Symbole f. Starkstromanlagen. 985 — Neue Normblätter d. DNA. 985 — Textilnormen. 985 — Bezugsquellenkartei f. Getriebe beim AWF. 985 — Energiewirtschaft. 986

Vereinsnachrichten. 987 **Bekanntmachung des VDE.** 987

Persönliches: Aeckerlein, G. Brion, K. Küpfmüller, K. Heinke, P. Janet, G. Rosener. 989

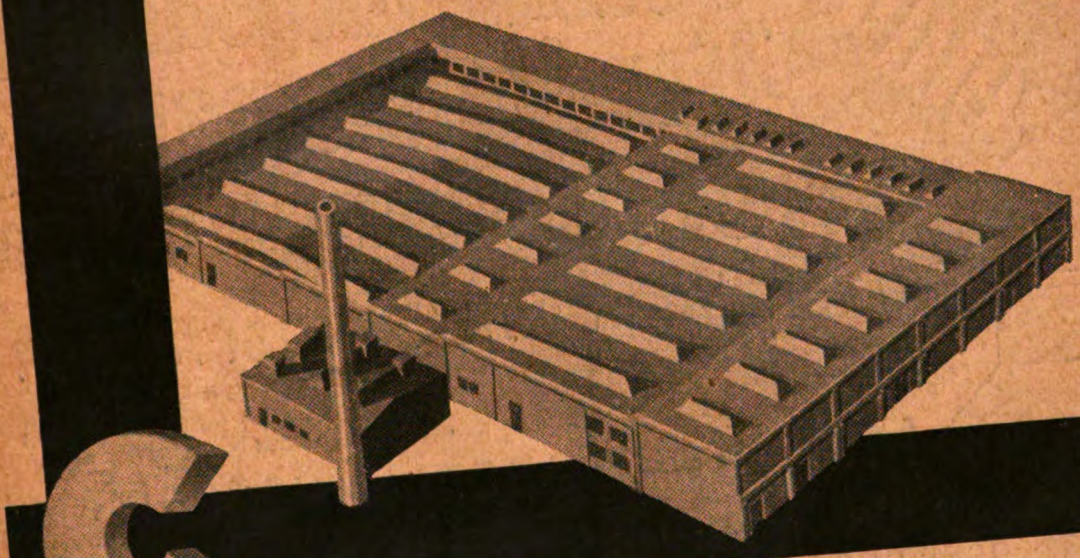
Briefe a. d. Schriftl.: P. Ludewig, A. Kastalski. 990

Literatur: E. v. Rziha u. J. Seidener, L. Quantz, R. Blum. 990 — Eingegang. Doktordissertat. 991 — Neue Zeitschriften. 991

Geschäftl. Mitteilungen. 992

Bezugsquellenverzeichnis. 992

UNSER NEUES BLEIKABELWERK



DR. CASSIRER & CO. AG

BERLIN-CHARLOTTENBURG

27. HEFT · 51. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W

3. Juli 193

(953-992)

Digitized by Google

Weston

Weston Mod. 333

Prüfung von
Spannungswandlern

auf SPANNUNGSFEHLER und
FEHLWINKEL mit dem

Differenz-Voltmeter
Mod. 333

Resultat ohne umständliche
Rechnung sofort abzulesen

Man verlange Druckschrift S 16

db

GENERALVERTRIEB:
Dipl.-Ing. D. Bercovitz & Sohn
BERLIN-SCHÖNEBERG

Feuer

Verzinkungsanlagen
Verzinnungsanlagen
Verbleiungsanlagen

nach dem Schleuderverfahren
Patent **Miele**

50% Materialersparnis gegenüber dem früheren Tauchverfahren.

Besonders geeignet für kleinere Gegenstände wie: Klein-Eisenwaren, Schrauben, Muttern, Nägel, Stanzteile, Jnstallationsmaterial, Drahtwaren, Schiffsartikel, Fittings u.s.w.

Mielewerke A.G.
Gütersloh/Westfalen

Digitized by Google

Engin. Lib
Harr.

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

51. Jahrgang **Berlin, 3. Juli 1930** **Heft 27**

Neuerungen für den Betrieb von Drehstrom-Niederspannungs-Maschennetzen.

Von **Hans Besold** und **Otto Müller**, Berlin.

Übersicht. Als Normalform großstädtischer Drehstrom-Niederspannungsnetze hat sich in den V. S. Amerika eine Netzform herausgebildet, bei der ein eng vermaschtes, ohne besondere Kabelschutzsicherungen ausgeführtes Netz von den Netztransformatoren über besondere Selbstschalter, die Maschennetzschalter, gespeist wird. Der Kurzschlußschutz ist in die Kabel selbst verlegt, da Fehlerlichtbogen am Kabel, wie zahlreiche amerikanische Untersuchungen ergeben haben, bei Spannungen bis 220 V selbsttätig verlöschen. Die großen betrieblichen und wirtschaftlichen Vorteile dieses Systems haben die Siemens-Schuckertwerke veranlaßt, Untersuchungen über die Anwendbarkeit bei 380 V anzustellen, die ergaben, daß ein Verlöschen des Fehlerlichtbogens auch bei 380 V eintritt, wenn der Kurzschlußstrom des Netzes auf einen bestimmten, durch die Bauart des Kabels in gewissen Grenzen bedingten Wert begrenzt wird. Gleichzeitig wurde eine neue gekapselte Hochleistungsicherung entwickelt, die die großen Kurzschlußströme ohne äußeres Feuer selektiv abschaltet, so daß als zweite Ausführungsform in Deutschland auch das ohne Begrenzungsdrosseln ausgeführte Maschennetz mit Hochleistungsicherungen verwendet werden kann. Der Aufsatz berichtet über die Kabelausbrennversuche und über die Schaltleistungsversuche an der neuen Hochleistungsicherung und beschreibt als Beispiel eines Maschennetzschalters den der SSW.

A. Entwicklung der Drehstrom-Maschennetze in den V. S. Amerika.

B. Kabelausbrennversuche der Siemens-Schuckertwerke AG.

I. Versuchsanordnung.

II. Größe und Verhalten des Bogens an einzelnen Einleiterkabeln (Erdschlußfall).

III. Größe und Verhalten des Bogens an drei Einleiterkabeln und an Dreiphasenkabeln (Kurzschlußfall).

IV. Beeinflussung gesunder Leitungen durch den Ausbrennlichtbogen.

V. Ergebnisse der Versuche.

C. Wirkungsweise und Aufbau der Maschennetzschalter.

D. Hochleistungsicherungen für Niederspannungs-Maschennetze.

A. Entwicklung der Drehstrom-Maschennetze in den V. S. Amerika.

Die Entwicklung der großstädtischen Niederspannungsnetze für Licht- und Kraftverteilung hat von den zu Anfang überall errichteten Gleichstromanlagen zur Verwendung von Wechselstrom und dann von Drehstrom geführt, da die räumliche Größe der Versorgungsgebiete die Übertragung der elektrischen Energie bei hohen Spannungen erforderte und nur bei Wechselstromanlagen eine einfache Umformung der Energie auf die niedrige Verbrauchspannung möglich war. Im Gegensatz zu den Gleichstromnetzen wurden diese Netze in den letzten Jahren niederspannungseitig meist nicht vermascht ausgeführt, da die Unterteilung des Versorgungsgebietes durch die einzelnen Netztransformatoren bei normalen Verhältnissen eine Versorgung aller Abnehmer ohne erheblichen Spannungsverlust ermöglichte und weiterhin die unvermaschte Anordnung den kleinen Schaltleistungen der früher verwendeten Schaltgeräte entsprechend kleine Kurzschlußströme ergab. Die betriebstechnischen Nachteile dieser Verteilungsart, die bei sehr hoher Belastung einzelner Bezirke einen Belastungsausgleich und damit eine Entlastung des Netztransformators verhindert und weiter bei Fehlern im Kabelnetz den ganzen Versorgungsbezirk stromlos werden läßt, machten sich jedoch unangenehm bemerkbar, als bei steigender, häufig stark spannungsempfindlicher Belastung und bei ständig wachsender Bedeutung der Elektrizität in sämtlichen Betrieben die Forderung einer ohne Spannungschwankungen und ohne Betriebsunterbrechung durchzuführenden Elektrizitätsversorgung immer mächtiger wurde.

Der Übergang zu vermaschten Drehstrom-Niederspannungsnetzen, die einen guten Lastausgleich gewährleisten, scheiterte meist an der Tatsache, daß bei den großen Belastungsdichten städtischer Verteilungsnetze die Kurzschlußströme durch die Vermaschung zu so hohen Werten anstiegen, daß sie von den üblichen Kabelsicherungen betriebsicher nicht beherrscht werden konnten, und daß weiter infolge der langen Löschzeit und der verhältnismäßig niedrigen Nennstromstärke der Sicherungen eine selektive Abtrennung der Fehlerstelle nicht erreicht werden konnte. Bei Kurzschlüssen brannten vielmehr wahllos stets eine größere Zahl von Sicherungen unnötig durch und verursachten so ein Aussetzen der Strombelieferung für an sich völlig gesunde Leitungsteile.

Einen wesentlichen Fortschritt stellen daher die in Amerika in den letzten Jahren entwickelten Drehstrom-Verteilungsnetze dar, die in ihrem Aufbau grundsätzlich von der bisher üblichen Form abweichen, insofern als die an die Hochspannungs-Speiseleitungen angeschlossenen Transformatoren durch besondere Selbstschalter, die Maschennetzschalter, niederspannungseitig an ein starr vermaschtes und ohne Schmelzsicherung ausgeführtes Netz angeschlossen sind, dessen Leitungen meist aus drei Einleiterkabeln und einem blanken Erdseil bestehen, die gemeinsam in einem mit Fiber ausgekleideten Betonrohr verlegt sind.

Die Abschaltung der Kabelfehler im Niederspannungs-Maschennetz soll selbsttätig erfolgen, u. zw. in der einfachsten Weise dadurch, daß der den Fehler verursachende Fremdkörper vom Kurzschlußstrom verbrannt wird, der Kurzschlußlichtbogen verlöscht und nach dem Löschen des Bogens die durch den Luftabstand der Leiter gegebene Isolation genügen soll, um der kleinen Verbrauchsspannung (115/199 V) standzuhalten. Die Spannung wird also nach dem „Ausbrennen" des Fehlers, das längstens 5 ... 10 s währt, wiederkehren, ohne daß eine nennenswerte Störung in der Zulieferung der elektrischen Energie eintritt.

Die Maschennetzschalter sind so ausgeführt, daß sie nur bei Rücklieferung von Energie vom Niederspannungsnetz über den Transformator auf die Hochspannungseite ansprechen, so daß bei Fehlern auf der Hochspannungseite oder bei Fehlern im Transformator keine Energie von der Niederspannungseite her geliefert werden kann. Beim Wiederkehren der Hochspannung schaltet sich der Transformator über den Maschennetzschalter dem Niederspannungsnetz selbsttätig wieder zu.

Da die Ausschaltung schon bei der Rücklieferung der mit dem Magnetisierungstrom der Transformatoren verbundenen Verlustleistung erfolgt, gewährt die Anordnung gleichzeitig die Möglichkeit, die gesamten zu einer Speiseleitung gehörenden Netzstationen durch einfaches Ein- und Ausschalten des Hochspannungs-Ölschalters fernzusteuern und durch zentrale Regelung der Zahl der in Betrieb befindlichen Transformatoren die Leerlaufverluste, die sich bei einer installierten Leistung von z. B. 100 000 kVA immerhin auf etwa 6 Mill kWh im Jahr belaufen, erheblich zu vermindern.

Diese Betriebsart eines großstädtischen Niederspannungsnetzes, die durch die selbsttätige Löschung des

Digitized by Google

Kurzschlußlichtbogens eine außerordentlich große Sicherheit der Licht- und Kraftversorgung gewährt und weiter einen guten Lastausgleich, eine einwandfreie Spannungs-

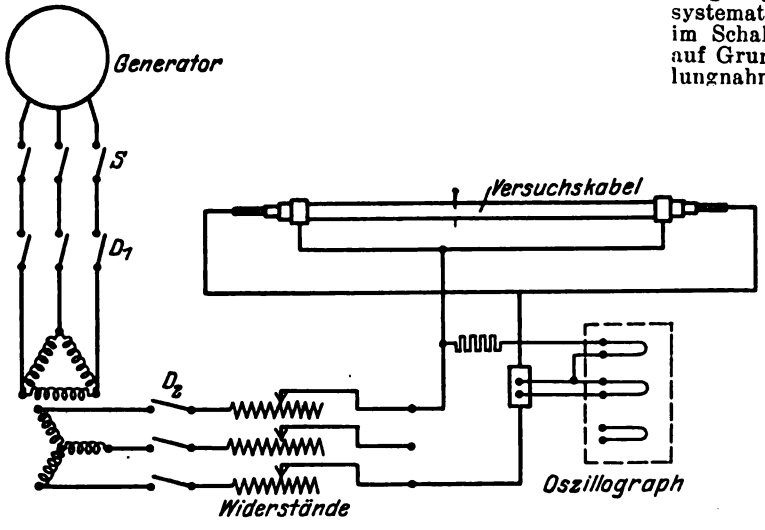


Abb. 1. Schaltbild der Versuchsanordnung.

haltung und durch die Fernbedienung der Netzstationen eine erhebliche Ersparnis an Kilowattstunden ermöglicht,

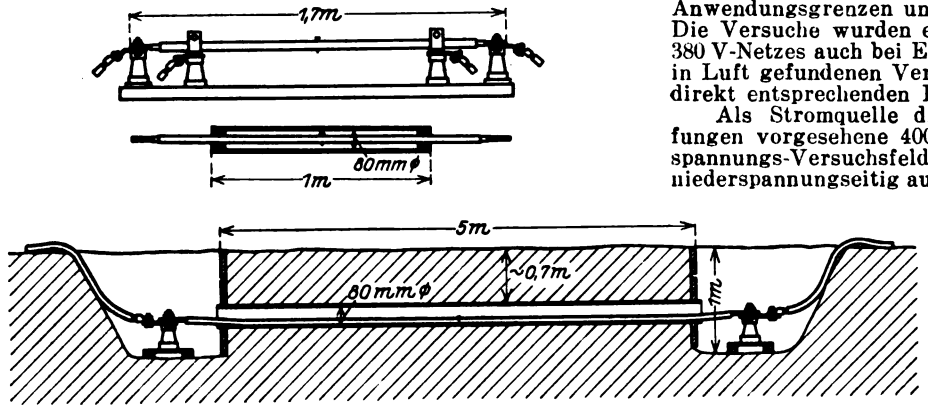


Abb. 2. Verschiedene Anordnung der Versuchskabel.

ist seit 1922 in Amerika in vielen Großstädten angewandt worden und hat sich dort sehr gut bewährt, so daß neuerdings auch große deutsche Elektrizitäts-Lieferungsgesellschaften dazu übergehen wollen, ihre Netze in der gleichen Weise auszubilden. So haben uns u. a. die Absichten der BEWAG, von denen wir freundlicherweise unterrichtet wurden, zu eingehenden Studien angeregt.

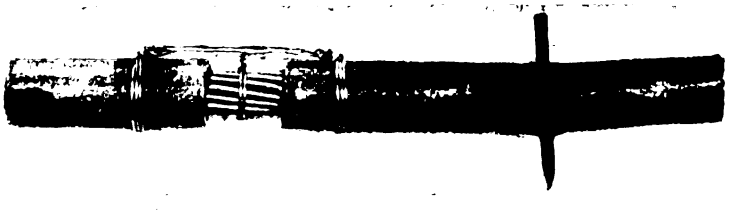
Ein grundsätzlicher Unterschied zwischen der amerikanischen und deutschen Praxis erschien uns durch die Verschiedenheit der Netzspannung bedingt. Während in Amerika die verkettete Spannung der Niederspannungseite 220 V nicht überschreitet (Minneapolis, Louisville und Pittsburgh z. B. fahren mit 115/199 V, Oklahoma mit 120/208 V), ist in Deutschland durchweg eine Verteilungsspannung von 380 V üblich. Die zahlreichen Untersuchungen der amerikanischen Elektrizitätsgesellschaften über die Löschbedingungen des Fehlerlichtbogens an Kabeln, die bei 220 V verketteter Spannung ausgeführt sind, können also zur Beurteilung der Zuverlässigkeit bei 380 V nicht herangezogen werden[1]. Im Gegenteil mußten Angaben von Kehoe[1], der für 420 V mehrere Versuchspunkte angibt, bei denen ein Verlöschen des Lichtbogens schon bei verhältnismäßig kleinen Strömen nicht eintritt, Zweifel über die Zulässigkeit der Anwendung der selbsttätigen Fehlerausbrennung entstehen lassen. Um eine endgültige Klärung zu schaffen, haben die SSW daher systematische Versuche angestellt, die im Oktober 1929 im Schaltwerk in Angriff genommen wurden und jetzt auf Grund von etwa 150 Meßwerten eine eindeutige Stellungnahme ermöglichen.

B. Kabelausbrennversuche der Siemens-Schuckertwerke AG.

I. Versuchsanordnung.

Die Versuche wurden an normalen in Erde zu verlegenden Drehstromkabeln und an in Rohren zu verlegenden Einleiterbleikabeln mit je 95 mm², die bei den verschiedenen Versuchen entweder als einzelne Leiter verwandt wurden oder zu drei Leitern mit einem blanken Erdseil vereinigt waren, ausgeführt, um sowohl die bisher in Deutschland übliche als auch die von der amerikanischen Praxis allgemein angewandte Verlegungsart zu berücksichtigen. Die Versuche wurden zuerst in Luft ausgeführt, da so eine direkte Beobachtung der durch die Änderung einzelner Versuchsbedingungen bewirkten Änderungen des Verlaufes des Kurzschlusses am besten möglich war, und weiter auch bei verschiedenen Spannungen vorgenommen ($U = 420$ V, 545 V, 725 V). Es wurde damit erreicht, daß nicht nur das Verhalten des Kabels unter den speziellen Bedingungen eines bestimmten Netzes ermittelt, sondern ein allgemeiner Überblick gewonnen wurde, der wertvolle Hinweise bezüglich der Anwendungsgrenzen und der Sicherheit des Systems gibt. Die Versuche wurden endlich für den speziellen Fall des 380 V-Netzes auch bei Erdverlegung ausgeführt und so die in Luft gefundenen Versuchszahlen durch den der Praxis direkt entsprechenden Fall nachgeprüft.

Als Stromquelle diente der für Schaltleistungsprüfungen vorgesehene 4000 kVA-Transformator des Niederspannungs-Versuchsfeldes des Schaltwerkes der SSW, der niederspannungseitig auf 315, 420, 545 und 725 V geschaltet werden kann und der oberspannungseitig mit 6 kV von einem 40 000 kVA-Generator gespeist wurde. Die Schaltung ist in Abb. 1 wiedergegeben. Vom Generator gelangte der Strom über den Sicherheitschalter S und den Ölschalter D_1 zum Transformator und von dessen Niederspannungseite über einen weiteren Ölschalter, den Druafschalter D_2, zu den Belastungswiderständen und endlich zu dem untersuchten Kabelstück. Der Anschluß wurde in allen Fällen so durchgeführt, daß die Speisung des Fehlers von zwei Seiten her erfolgte, daß also in dem gezeichneten Fall des einphasigen Kabels die Seele an beiden Enden mit dem einen Pol verbunden



a Zündung durch Kupferdraht b Zündung durch Eisennagel

Abb. 3. Zündungsarten.

wurde und zweitens der Mantel des Kabels ebenfalls an beiden Enden am anderen Pol lag.

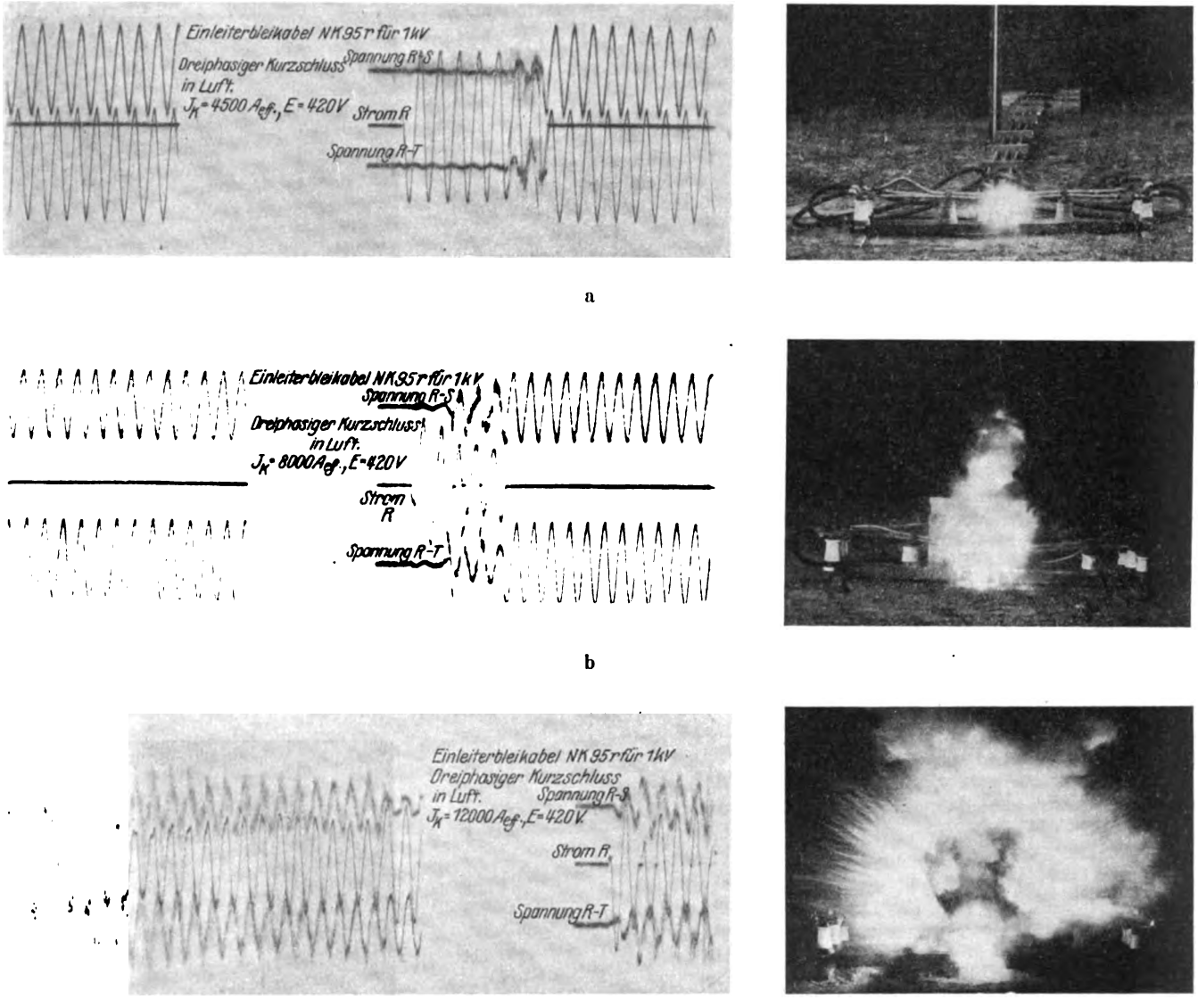
Die einzelnen Versuchsaufbauten sind aus Abb. 2 ersichtlich. Das oberste Bild zeigt die bei der Prüfung in Luft verwendete Anordnung. Eine aus zwei Profileisen zusammengesetzte Schiene von 1,8 m Länge war an den Enden mit Querschienen versehen, auf denen je drei Porzellanstützer befestigt waren. Das Versuchskabel war etwa 1,7 m lang, wurde an den Enden ab-

[1] Aus der umfangreichen Literatur seien genannt: Kehoe, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 43, S. 545 (1924). Bullard, ebenda, S. 1058. Richter, ebenda Bd. 46, S. 1436 (1927). Stanley u. Sinclair, ebenda Bd. 49, S. 116 (1930).

Digitized by Google

isoliert und mit den an den Stützern befestigten Klemmen der Zuleitungskabel verbunden. Bei den Versuchen mit Einphasenkabeln wurde der Bleimantel des Kabels über kräftige Kupferschellen an Spannung gelegt. Das mittlere Bild zeigt schematisch eine zur Nachahmung der Verhältnisse in langen Kabelkanälen bestimmte Anordnung mit Papprohr. Das Papprohr ist an den Enden mit Holzklötzen verschlossen worden, durch die die bei längeren Kabeln infolge der Luftverdämmung auftretende Drucksteigerung auch bei den kurzen Versuchskabeln hervorgerufen werden sollte. Die untere Skizze in Abb. 2 zeigt endlich die Versuchsanordnung für die Vermasse des Kabels völlig fernhält und somit Schwierigkeiten, die durch Berührung des Bogens mit den isolierenden Harzen und Fetten des Kabels entstehen, gar nicht beobachtbar sind, wurden die Versuche sehr bald in der Weise ausgeführt, daß der Kurzschluß durch Nägel eingeleitet wurde, die durch Bleimantel und Seele bzw. durch die Seelen der Kabel hindurchgeschlagen wurden (Abb. 3 b).

Eine gewisse Schwierigkeit bei der Auswertung der Versuche stellt die Messung der Stromstärke bzw. besser die Zuordnung eines Stromwertes zu einem bestimmten Kabelverhalten dar, wie der Vergleich der Einzelbilder von Abb. 4 erkennen läßt. Bei dem Oszillogramm Abb. 4 b



a U = 420 V, I_k = 4500 A, Bogen verlöscht b U = 420 V, I_k = 8000 A, Bogen verlöscht
c U = 420 V, I_k = 12 000 A, Bogen verlöscht nicht mehr

Abb. 4. Ermittlung der Grenzschaltleistung von drei Einleiterkabeln in Luft.

suche an den in Erde verlegten Kabeln. Die Kabel sind etwa 7 m lang und 70 cm unter der Erde verlegt. Die Kabelenden ragen rechts und links in etwa 1 m tiefe Gruben, in denen der Anschluß an die Zuleitungskabel geschieht.

Die Einleitung des Kurzschlusses geschah anfangs nach dem Vorbild von Kchoe in der in Abb. 3 a gekennzeichneten Weise derart, daß der Kabelmantel auf 2 cm Länge von den Leitern entfernt wurde und die Leiter untereinander oder mit dem Bleimantel durch dünne Kupferdrähte verbunden wurden. Es zeigte sich jedoch, daß besonders bei kleinen Drahtzahlen die Drähte einfach sicherungsartig verpufften, ohne einen Lichtbogen zwischen Seele und Mantel einzuleiten, so daß der Strom schon in der ersten Halbwelle unterbrochen wurde. Da die Zündungsart weiter auch den Lichtbogen von der Füllbenötigte der Kurzschlußstrom mehrere Halbwellen, um den Fremdkörper zum Schmelzen zu bringen, so daß während dieser Zeit ein rein metallischer Kurzschlußstromkreis bestand, dessen Widerstand kleiner war als der Kreiswiderstand nach der Entstehung des Bogens, so daß der Kurzschlußstrom von 8000 A_{eff} im metallischen Kurzschluß auf 5000 A_{eff} beim Brennen des Bogens absank. Abb. 4 c zeigt dagegen ein Oszillogramm, bei dem der Kurzschlußstrom den Fremdkörper in praktisch unendlich kurzer Zeit durchschmolz und in dem daher die erste Stromspitze gleich dem Kurzschlußkreis mit brennendem Bogen entspricht. Da die Größe des Stromes im rein metallischen Kurzschluß von dem Widerstand des Fremdkörpers abhängig ist und so eine eindeutige Bezifferung nicht zuläßt, weiter auch die Änderung des Kurzschlußstromes vom metallischen Kurzschluß zu dem einen

Digitized by Google

kurzen Lichtbogen einschließenden Kurzschluß für verschiedene Netze verschieden sein kann, wurde als die dem Kabelfehler entsprechende Stromstärke vor allem bei der endgültigen Auswertung der Mittelwert der ersten Halbwellen des Lichtbogenstromes bezeichnet.

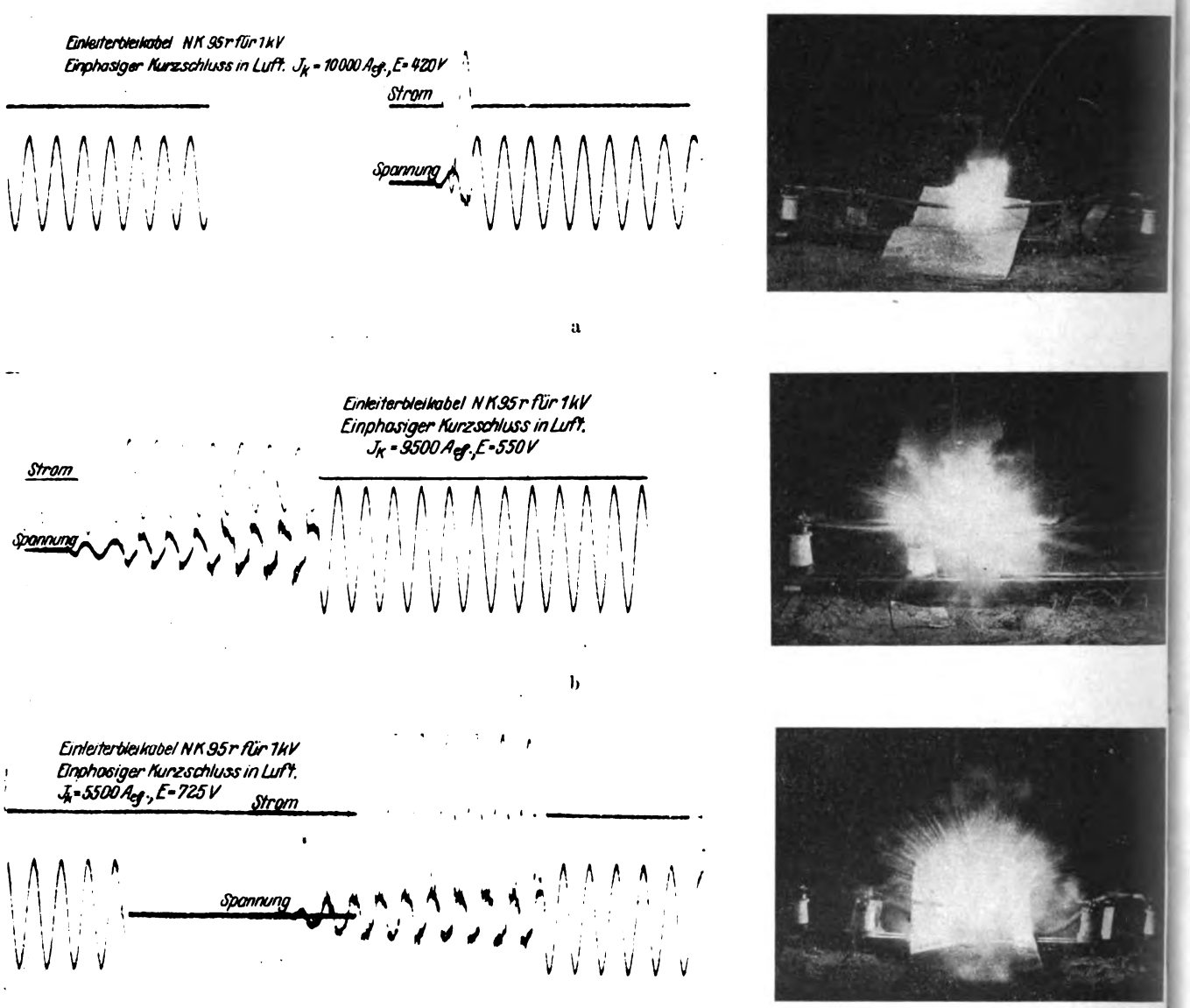
II. Größe und Verhalten des Bogens an einzelnen Einleiterkabeln (Erdschlußfall).

Die an Einleiterkabeln bei 420, 545 und 725 V zunächst in Luft ausgeführten Versuche, bei denen an einem Kabel mit 95 mm² Querschnitt zwischen der Kupferseele und durch seine Länge, so daß die Lichtbogenspannung in die sinusförmige Netzspannung übergeht. Die Bogenbrenndauer betrug:

bei 420 V 10 000 A_{eff} = 4200 kVA etwa 20 ms
„ 545 V 9 500 A_{eff} = 5500 kVA „ 150 „
„ 725 V 5 500 A_{eff} = 4000 kVA „ 190 „.

Die Kabelstücke nach der Löschung sind auf Abb. 6 zusammengestellt. Die Länge des abgeschmolzenen Bleimantels betrug bei 420 V 65 mm, bei 515 V 180 mm, bei 725 V 500 mm.

Die Versuche wurden durch Aufnahmen ergänzt, bei denen das Verlöschen des Bogens untersucht wurde, wenn



a $U = 420$ V, $I_k = 10\,000$ A
b $U = 545$ V, $I_k = 9\,500$ A
c $U = 725$ V, $I_k = 5\,500$ A
} Bogen verlöscht immer

Abb. 5. Ermittlung der Schaltleistung an einem Einleiterkabel in Luft.

dem Bleimantel ein Kurzschluß hergestellt war, werden durch die in Abb. 5 wiedergegebenen Bilder und Oszillogramme beschrieben. Die Lichtbilder zeigen ein fast lineares Ansteigen der Lichtbogengröße mit der zunehmenden Spannung, obgleich die Kurzschlußströme so begrenzt wurden, daß die Schaltleistung in allen Fällen ungefähr die gleiche blieb. Die Oszillogramme, deren oberste Zeile den Verlauf des Stromes und deren untere Zeile den Verlauf der Spannung angibt, lassen erkennen, daß der Fehler, der im Versuch *a* durch einen Eisennagel und in den Versuchen *b* und *c* durch eine Kupferdrahtzündung hergestellt wurde, nach 1 ... 2 Halbwellen zum Durchschmelzen gekommen ist. Der entstandene Lichtbogen verzehrt allmählich den Bleimantel des Kabels und vergrößert das Kabel von einem festen Papprohr umgeben war, und endlich, wenn es in Betonröhren mit Pappauskleidung unter der Erde verlegt war. Da für die praktische Anwendung die höheren Spannungen kaum in Frage kommen, wurden diese Meßreihen nur bei 420 V ausgeführt. Es ergab sich, daß für beide Fälle die Kurzschlußstromstärke von etwa 1000 auf 13 000 Aeff gesteigert werden konnte, ohne daß Unterschiede der Löschung gegenüber der Löschung in Luft eintraten. Lediglich der Abbrand des Bleimantels wurde der Kapselung des Bogens entsprechend um etwa 50 % vergrößert.

Zur Erklärung des Verhaltens des Einleiterkabels, das praktisch eine unbegrenzte Schaltleistung aufweist, soll Abb. 7 links dienen, die den Vorgang schematisch darstellt.

Digitized by Google

Nach dem Durchschmelzen des Nagels bildet sich ein Lichtbogen von der Kabelseele nach dem Bleimantel aus, unter dessen Einfluß der Bleimantel sehr schnell wegschmilzt, so daß der Bogen nach und nach die untereinander gezeichneten Lagen einnimmt. Er wird dabei stetig verlängert, und die zu seiner Aufrechterhaltung notwendige

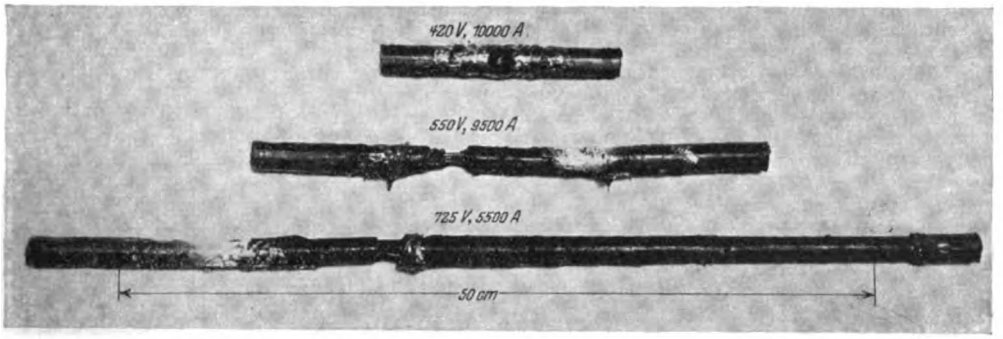


Abb. 6. Einleiterkabel nach den auf Abb. 5 dargestellten Schaltungen.

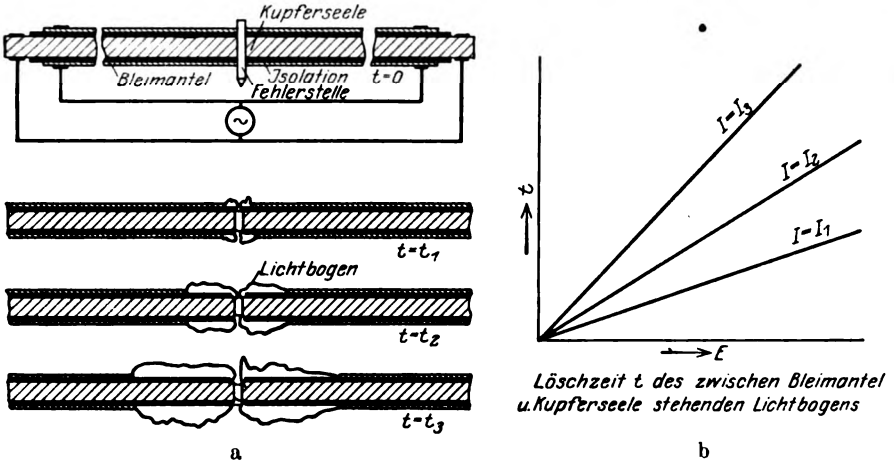


Abb. 7. Kurzschlußlichtbogen an einem Einleiterkabel.
Schematische Darstellung a) des Verlaufes des Ausbrennvorganges, b) der stetigen Abhängigkeit der Lichtbogendauer von Netzspannung und Kurzschlußstrom.

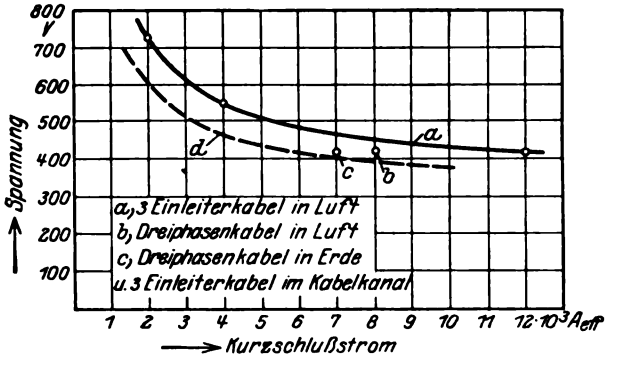
EMK wird stetig vergrößert so daß ähnlich wie bei dem Verlauf des Lichtbogens in einem Schaltgerät der Bogen von einer bestimmten Stelle ab unstabil wird und verlischt. Die Löschung wird prinzipiell bei allen Stromstärken und Spannungen erfolgen, und nur die Länge der Abschmelzung, die eintritt, ehe der Bogen unstabil wird, wird von der zu bewältigenden Schaltleistung abhängig sein. Voraussetzung ist dabei, daß das Blei verhältnismäßig schnell wegschmilzt und das Isolierpapier infolge der kurzen Zeitdauer des Vorganges so gut wie nicht angegriffen wird.

Es kann somit für verschiedene Kurzschlußströme bei ständig größer werdender Netzspannung der in Abb. 7 b dargestellte Verlauf der Länge des verbrannten Bleimantels und damit der Lichtbogen-Brenndauer in Abhängigkeit von der Schaltspannung angenommen werden. Die Brenndauer steigt mit dem abzuschaltenden Strom und der Netzspannung langsam an und behält dabei stets endliche, verhältnismäßig kleine Werte. Die Löschung des Bogens erfolgt in jedem Falle unbedingt sicher, so daß der Versuchsreihe die Folgerung entnommen werden kann, daß Erdschlußfehler, bei denen ein Fremdkörper eine leitende Verbindung zwischen einer Kupferseele und dem an Spannung bzw. am Nulleiter liegenden Bleimantel herstellt, unbedingt sicher und in sehr kurzer Zeit (maximal etwa 0,05 ... 0,1 s) ausgebrannt werden.

III. Größe und Verhalten des Bogens an drei Einleiterkabeln und Dreiphasenkabeln (Kurzschlußfall).

Die Versuche an drei in Betonrohr mit Papierauskleidung zu verlegenden Einleiterkabeln Type NK 95 r für 1 kV und an den direkt in die Erde zu verlegenden eisenbandarmierten Dreiphasenkabeln NKBA 3 × 95/50 r wurden zusammengefaßt, da in beiden Fällen die Löschung eines zwischen zwei oder drei Kupferelektroden gezogenen Bogens zu untersuchen war. Sie wurden zur Gewinnung einer genauen Einsicht in der gleichen Weise wie die Versuche an Einleiterkabeln zuerst in Luft und dann bei Erdverlegung ausgeführt. Der Kurzschluß wurde durch zwei Nägel eingeleitet, die Speisung der Fehlerstelle erfolgte zweiseitig.

An drei zusammen verlegten Einleiterkabeln wurden ähnlich wie bei dem einzeln untersuchten Einleiterkabel Versuchsreihen aufgenommen, bei denen bei konstanter Spannung und allmählich gesteigerter Kurzschlußstromstärke die Größe und Brenndauer des Bogens bestimmt wurden. Die Bilder und Oszillogramme einer bei 420 V in Luft aufgenommenen Versuchsreihe sind in Abb. 4 wiedergegeben. Die ersten Bilder (4 a u. b) zeigen verhältnismäßig kleine Lichtbogen und eine Löschzeit von wenigen Halbwellen. Bei der dritten Schaltung nimmt das Feuer



a an drei Einleiterkabeln 95 mm² in Luft
b an einem Dreiphasenkabel 3×95/50 mm² in Luft
c an einem Dreiphasenkabel 3×95/50 mm² in Erde und an drei Einleiterkabeln 95 mm² im Kabelkanal
d zulässige Schaltleistung für drei Einleiterkabel in Luft (nach Abzug von 10 % Spannung und 25 % Strom nach R.E.S. aus Schaulinie *a* erhalten)

Abb. 8. Grenzschaltleistung bei dreiphasigen Kurzschlüssen.

$U = 420$ V, $I = 8000$ A

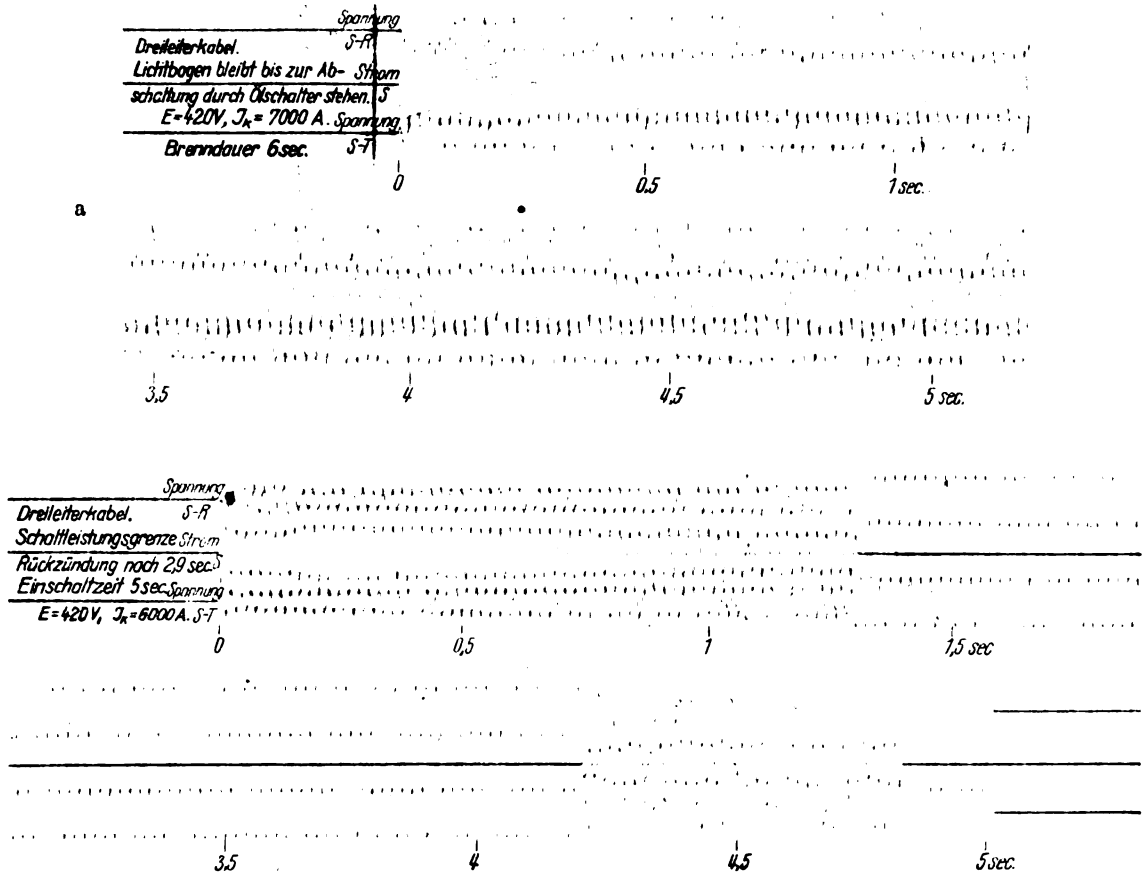
Abb. 9. Stehfeuer an einem Dreiphasenkabel 3 · 95/50 mm².

Digitized by Google

außerordentlich große Abmessungen an, während gleichzeitig das Oszillogramm zeigt, daß der Schaltstrom nicht erlischt, sondern als Lichtbogenstrom über mehr als 25 Per. unverändert weiterfließt. Im Gegensatz zu dem Verhalten des Bogens bei dem Kurzschluß zwischen einer Kupferseele und dem Bleimantel tritt hier eine Löschung oberhalb einer gewissen Stromstärke nicht mehr ein, d. h. es besteht eine Grenze der mit dem Kabel zu unterbrechenden Leistung, die direkt als Grenzschaltleistung des Kabels bezeichnet werden kann. Diese Erscheinung wurde bei 420 V, 545 V und 725 V beobachtet, so daß ähnlich wie bei Schaltgeräten eine Schaltleistungslinie aufgenommen werden konnte (Abb. 8), in der für verschiedene Spannungen die Stromstärken angegeben sind, bei denen eine Löschung selbst in Luft nicht mehr eintritt.

kabeln etwa 7000 Aeff bei 420 V beträgt. In Abb. 10 zeigt das zweite Oszillogramm einen Kurzschluß an einem in Erde verlegten Dreiphasenkabel, bei dem der Bogen nach 1,3 s verlischt, dann nach 2,9 s wieder neu zündet, um nach weiteren 0,6 s endgültig auszubrennen, d. h. das Oszillogramm stellt einen Fall dar, der dicht an der Grenze der Schaltleistung liegt. Das Oszillogramm 10 a zeigt dagegen eine Schaltung, bei der der Kurzschlußstrom nur um 1000 A auf 7000 Aeff gesteigert wurde, und bei der der Kurzschlußlichtbogen bis zur Abschaltung durch den Ölschalter, die 6 s nach der Einleitung des Kurzschlusses geschah, stehenblieb.

Der stehenbleibende Kurzschlußlichtbogen und die mit ihm verbundene Gas- und Dampfentwicklung ergeben bei der Verlegung in Erde recht beträchtliche Feuererschei-



a Lichtbogen erlischt während 6 s nicht b Lichtbogen erlischt, zündet wieder; die Schaltung liegt nahe an der Schaltleistungsgrenze

Abb. 10. Kurzschlußversuche an Dreiphasenkabeln in Erde.

Auch bei Dreiphasenkabeln wurde eine ausgeprägte Grenzschaltleistung beobachtet. Sie wurde bei 420 V in Luft zu 8000 Aeff festgestellt. Der Schaltlichtbogen wird infolge der Verdampfung des Isoliermittels größer als bei drei Einleiterkabeln, wie aus dem Vergleich der Abb. 4 c, die einen stehenbleibenden Kurzschlußlichtbogen am Einleiterkabel bei 420 V und 12 000 Aeff zeigt, mit Abb. 9 (420 V, 8000 Aeff an einem Dreiphasenkabel) zu ersehen ist, hervorgeht. Die Kupferseelen des Dreiphasenkabels sind dabei bei einer Lichtbogendauer von 0,5 s auf etwa 50 cm Länge abgebrannt, die Isolationsmasse und der Bleimantel sind verdampft, der Eisenbandmantel ist zwar ebenfalls durchgebrannt, hat aber am besten widerstanden, so daß das Kabel innen richtig ausgehöhlt ist.

Nach Vornahme der Versuche in Luft wurden die Versuche bei 420 V verketteter Spannung auch bei in Erde verlegten Kabeln wiederholt. Die Versuche wurden dabei gegenüber den Versuchen in Luft so abgeändert, daß der Kurzschlußlichtbogen nicht sofort abgeschaltet, sondern längere Zeit (5 ... 8 s) stehengelassen wurde, um nachzuprüfen, ob durch irgendwelche bisher nicht beachtete Umstände die Löschung des Bogens bei längerer Brenndauer doch noch eintritt. Es zeigte sich, daß die Schaltleistungsgrenze bei dem in Erde verlegten Dreiphasenkabel und auch bei den im Kabelkanal zusammen verlegten Einleiterungen. Abb. 11 stellt z. B. einen Kurzschlußlichtbogen an einem in Erde verlegten eisenbandarmierten Dreiphasenkabel dar, der bei einem Kurzschlußstrom von 7000 A während einer Brenndauer von 5,3 s eine 75 cm dicke Erddecke durchfraß und als 4 m hohe Stichflamme emporflackerte. Die Brandstelle am Kabel entspricht durchaus den Brandstellen der Kabel bei den Versuchen in Luft, nur ist sie entsprechend der größeren Brenndauer des Bogens weiter ausgehöhlt worden.

Zum Verständnis der Erscheinung der Grenzschaltleistung bei dem zwischen zwei Kupferseelen brennenden Bogen soll die Skizze Abb. 12 a dienen. Die Zündung des Bogens wird durch den beim Durchschmelzen des Störungsleiters freiwerdenden leitenden Metalldampf bewirkt, der den Bogen auch anfänglich mit unterhält. Ist der Bogen nicht imstande, die zu seiner Aufrechterhaltung nötige Wärme- und Ionenmenge zu erzeugen, so wird in dem Maß der fortschreitenden Entionisierung des die Zündung bewirkenden Metalldampfes der Bogen schwächer werden und endlich verlöschen. Bei größeren Strömen ist der Bogen jedoch in der Lage, selber eine erhebliche Gas- und Ionenmenge freizumachen, so daß die Entionisierung des die Zündung einleitenden Metalldampfes ohne Einfluß auf das Fortbestehen des Bogens ist und die Kupferleiter gleichmäßig abbrennen. Da bei dem Abbrennen eine Ver-

Digitized by Google

längerung des Bogens nicht stattfindet, wird die Brenndauer theoretisch unendlich groß, d. h. praktisch kann eine Löschung des Bogens meist erst nach mehreren Sekunden durch zufällige äußere Einflüsse oder durch Ansprechen der vorliegenden Schalter bewirkt werden. Schematisch werden die Verhältnisse durch die Skizze Abb. 12 b dargestellt, in der die Löscharbeit des Bogens in Abhängigkeit vom Bogenstrom für verschiedene konstante Spannungen gezeigt ist. Mit steigendem Strom wächst die Brenn-

Abb. 11. Stehfeuer an einem 70 cm unter der Erde verlegten Dreiphasenkabel 3 × 95/50 mm² bei 420 V, 7000 A.

dauer erst langsam und dann immer schneller an, bis bei einer bestimmten Stromstärke die Brenndauer unendlich groß wird, d. h. eine Löschung nicht mehr eintritt. Dieser Grenzschaltstrom ist dabei im wesentlichen abhängig von der Entfernung der einzelnen Leiter voneinander und von dem Verhalten der Füllmasse des Kabels, so daß eine gewisse Erhöhung der Grenzschaltleistung durch die Verwendung von Spezialkabeln möglich ist.

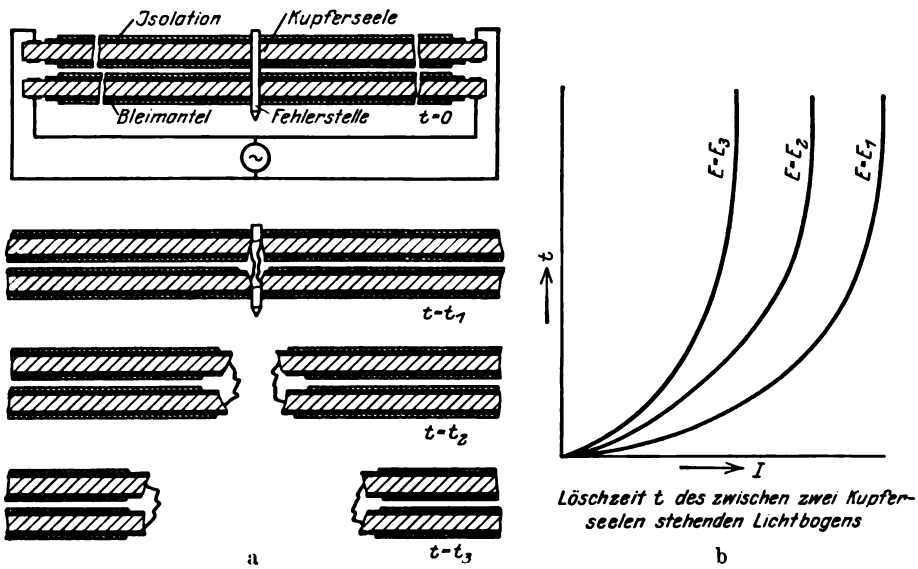


Abb. 12. Kurzschlußlichtbogen an drei Einleiterkabeln. Schematische Darstellung a) des Verlaufes des Abbrennvorganges, b) der Abhängigkeit der Lichtbogendauer von Netzspannung und Kurzschlußstrom.

Allgemein folgt aus den mit Dreiphasenkabeln und drei Einleiterkabeln ausgeführten Versuchen, daß auch Kurzschlüsse zwischen zwei und drei Phasen einwandfrei löschen, wenn die Stromstärke im Lichtbogen einen bestimmten Wert nicht überschreitet, der allerdings gerade bei 380 V sehr stark mit der Spannung veränderlich ist.

IV. Beeinflussung gesunder Leitungen durch den Ausbrennlichtbogen.

Es blieb endlich noch die Frage zu klären, inwiefern bei Anordnung von drei Einleiterkabeln Fehler zwischen Seele und Mantel eines Kabels sich zu Kurzschlüssen zwischen den Phasen entwickeln können. Die Versuche wurden in der in Abb. 13 gekennzeichneten Anordnung vorgenommen, bei der in einem Papprohr in Luft die Phasen *R* und *T* an die Seelen der zwei Kabel, die Phase *S* dagegen an den Bleimantel gelegt und durch einen Nagel ein Kurzschluß zwischen dem Mantel und der Seele eines Kabels eingeleitet wurde. Es ergab sich dabei, daß bei 315 und 420 V verketteter Spannung der Bleimantel des benachbarten Kabels zwar angegriffen wurde, daß aber die Löschung bei Strömen bis zu 12 000 A bei 420 V stets einwandfrei erfolgte. Erst bei 545 V und etwa 7000 A wurden der Bleimantel und die Papierisolation des benachbarten Kabels durchschmolzen und ein allgemeiner Phasenkurzschluß eingeleitet. Um den praktisch meist vorliegenden Verhältnissen vollständig zu entsprechen, bei denen zwischen Phase und Erde nur 220 V liegen, wurde noch eine größere Anzahl von Versuchen ausgeführt, bei denen neben den Bleikabeln noch ein blankes Erdseil verlegt war und die Seelen der Kabel an die Phasen *R* und *S*, der Bleimantel und das Erdseil an die Phase *T* angeschlossen waren. Die verkettete Spannung zwischen *R*, *S*, *T* wurde zu 250 V gewählt und ein Kurzschluß zwischen der Seele eines Kabels und dem blanken Erdleiter hergestellt. Die Abschaltung des Kurzschlusses erfolgte bis zu Stromstärken von 25 000 Aeff einwandfrei innerhalb von drei Halbwellen, ohne daß die beiden anderen Seelen angegriffen wurden.

Als drittes wichtiges Ergebnis folgt damit, daß keine oder nur geringe Gefahr besteht, daß Kurzschlüsse zwischen dem Erdseil und einer Phase sich zu direkten Phasenkurzschlüssen auswachsen, da die Löschung des Bogens bei der kleinen Phasenspannung sich in wenigen Halbwellen vollzieht.

V. Ergebnis der Versuche.

Aus der Gesamtheit der vorgenommenen Versuche ergibt sich somit, daß mit dem in Amerika bewährten System des sicherungslosen Niederspannungs-Maschennetzes auch bei 380 V und Verwendung von Dreiphasenkabeln eine sichere Kurzschlußabschaltung erreicht werden kann, wenn der Kurzschlußstrom des Netzes auf einen unterhalb des Grenzschaltstromes des Kabels liegenden Wert begrenzt wird.

Je nach der Sicherheit, die man für den immerhin seltenen Fall eines Kurzschlusses zwischen zwei Phasen fordern will, und vor allem je nach den Spannungschwankungen, die im Netz auftreten können, ändert sich dieser einem Kabel bestimmter Bauart zukommende Stromwert, so daß die nötigen Abzüge von Grenzstrom wohl am besten von Fall zu Fall zu bestimmen sind. Einen Anhalt gibt die in Abb. 8 gestrichelt eingezeichnete Kurve einer in Luft zulässigen Schaltleistung, die aus der Grenzschaltleistung des Kabels durch

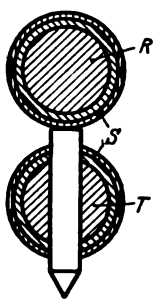


Abb. 13. Zündungsart zur Untersuchung der Beeinflussung benachbarter Leitungen durch den Ausbrennlichtbogen.

Abzug der in den R.E.S. des VDE für die Prüfung von Schaltgeräten angegebenen Werte erhalten wird. Ähnlich ergibt sich für das in Erde verlegte Kabel für 380 V Nennspannung ein größter zulässiger Lichtbogenstrom von etwa 6000 Aeff, auf den der Netzkurzschlußstrom zu begrenzen ist. Die Begrenzung erfolgt durch Drosselspulen, die vor die einzelnen Netztransformatoren zu legen sind.

C. Wirkungsweise und Aufbau der Maschennetzschalter.

Die Verbindung zwischen dem Transformator und dem starren Maschennetz wird, wie einleitend schon ge-

Digitized by Google

sagt wurde, von dem Maschennetzschalter übernommen, der die Aufgabe hat, bei Rücklieferung von Energie vom Niederspannungsnetz zum Hochspannungsnetz den Transformator vom Niederspannungsnetz abzutrennen und ihn

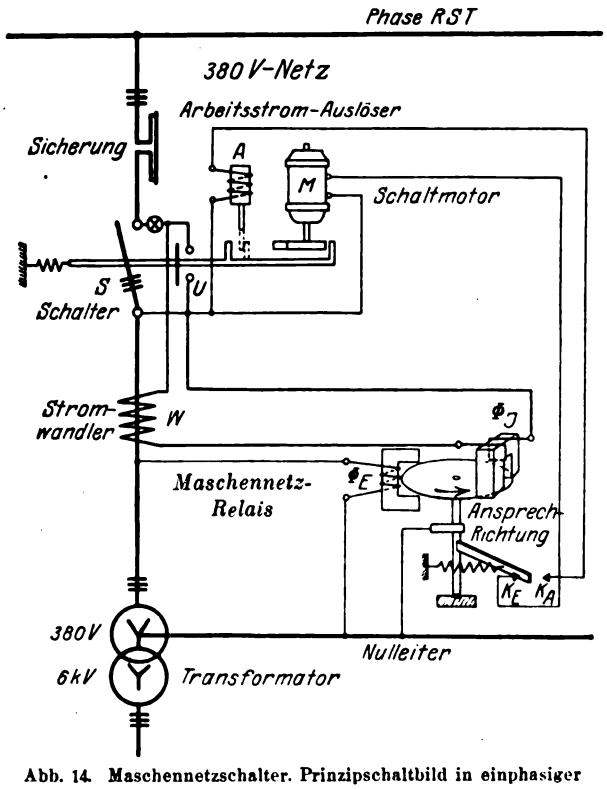


Abb. 14. Maschennetzschalter. Prinzipschaltbild in einphasiger Darstellung.

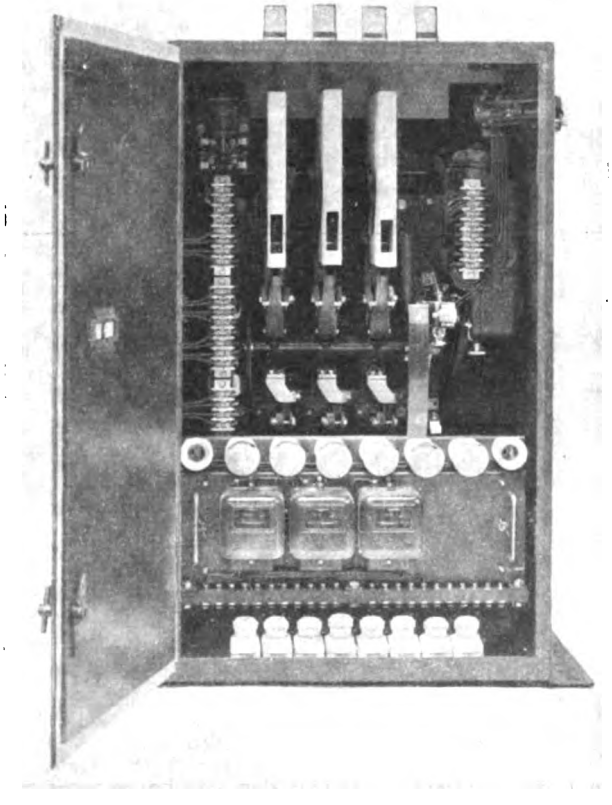


Abb. 15. Maschennetzschalter in Blechkapselung.

nach Wiederherstellung der normalen Betriebsverhältnisse auch selbsttätig wieder zuzuschalten. Auf Grund dieser Arbeitsweise ermöglicht der Maschennetzschalter dabei gleichzeitig auch die für eine wirtschaftliche Betriebsführung wertvolle Fernbetätigung der Netzstation durch einfaches Ein- und Ausschalten des Hochspannungs-Ölschalters.

Die Wirkungsweise des Maschennetzschalters der SSW ist aus Abb. 14 zu ersehen, die die wichtigsten Teile des

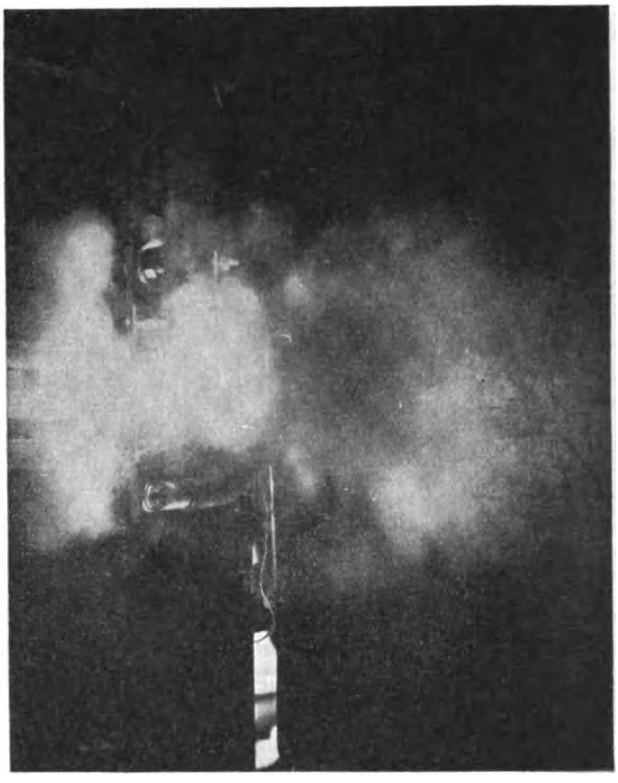


Abb. 16. Schaltfeuer beim Abschalten von 12 000 A bei 420 V durch eine Zinkstreifensicherung.

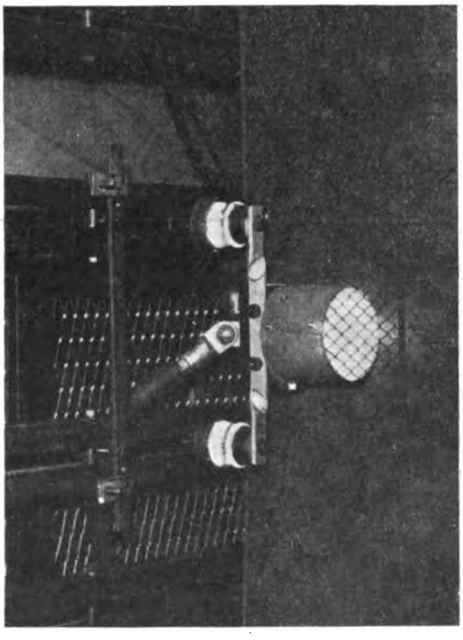


Abb. 17. Geringes Schaltfeuer beim Abschalten eines Kurzschlusses von 10 000 A bei 420 V nach 7,2 s durch eine Spezialsicherung.

Schalters, den eigentlichen Schalter, den aus Schaltmotor und Arbeitstromauslöser bestehenden Betätigungsmechanismus und das Maschennetzrelais in stark vereinfachter Schaltung schematisch zeigt. Wesentlich ist, daß der Schalter stets von selbst den Transformator durch Schließen der Kommandoleitung des Schaltmotors dem Niederspannungsnetz zuzuschalten strebt und nur durch das Ansprechen der Maschennetzrelais an der Einschaltung verhindert bzw. zur Ausschaltung veranlaßt wird.

Bei geschlossenem Schalter, bei dem die Erregerspulen der Maschennetzrelais die Spannung und den Strom

Digitized by Google

je einer Phase des Transformators messen, wirkt das Maschennetzrelais als Leistungsmesser. Bei offenem Schalter liegt die Spannungspule wieder an der Phasenspannung des Transformators, die Stromspule ist dagegen über den mit der Schalterwelle gekuppelten Umschalter U an die Differenzspannung zwischen der Transformatorspannung und der Netzspannung gelegt worden, so daß das Relais als Differenzspannungsmesser arbeitet und die Einschaltung nur dann bewirkt, wenn im Kupplungsfalle Energie vom Transformator in das Netz fließen würde. Die Schaltung des dreiphasigen Schalters ist so getroffen, daß zur Abschaltung bereits das Ansprechen eines Relais genügt, während zur Einschaltung alle drei Relais auf Null stehen müssen.

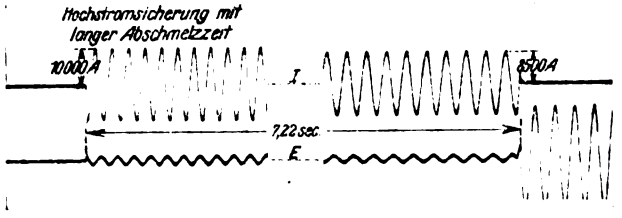


Abb. 18. Oszillogramm des Schaltvorganges der durch die lange Abschmelzzeit bei hohen Kurzschlußströmen gekennzeichneten Spezialsicherung.

Der konstruktive Aufbau des Schalters ist aus Abb. 15 zu sehen. In einem kräftigen Blechgehäuse ist ein neuzeitlicher Selbstschalter mit senkrechter Isolation und sorgfältig durchgebildeter magnetischer Lichtbogenlöschung befestigt, dessen hartpapierumpreßte Anschlußschienen durch die obere Wand des Kastens hindurchgeführt sind. Am Gußrahmen des Schalters ist der Schaltmotor befestigt. Die Maschennetzrelais sind an einer besonderen Relaistafel befestigt, die an ein zum Schutz gegen Erschütterungen federnd aufgehängtes Gerüst mit zwei leicht löslichen Schrauben angeschraubt wird. Die Verbindung der Relais mit den fest im Kasten verlegten Leitungen erfolgt durch federnde Silberkontaktstücke, die am Gerüst angeschraubt sind und beim Einschieben der Relaistafel sich an die festen Gegenstücke der Tafel selbst anlegen. Auf diese Weise wird eine einfache Auswechselung der Relais zur Nachprüfung usw. ermöglicht. Die Abmessungen der einzelnen Relais sind so gewählt, daß der Schalter auch bei den starken Spannungsabsenkungen, die im Kurzschlußfall auftreten, einwandfrei arbeitet. Durch einen Drehschalter kann endlich der gesamte Schaltmechanismus für die Fernschaltung außer Betrieb gesetzt und der Schalter als handbetätigter Leistungsschalter verwendet werden.

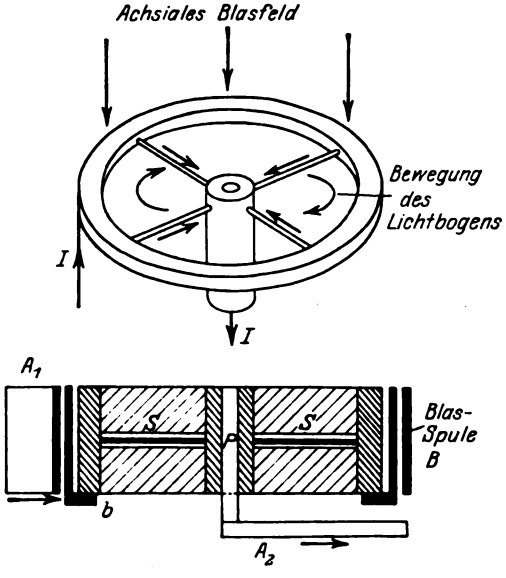


Abb. 19. Gekapselte Hochleistungsicherung für Niederspannungs-Maschennetze und Eigenbedarfsanlagen (schematische Darstellung des Aufbaues).

Die Lichtbogen-Löschvorrichtung des Schalters ist so durchgebildet, daß die größte an der Einbaustelle auftretende Schaltleistung bei kleinem Schaltfeuer auch bei der Kapselung des Schalters unbedingt sicher abgeschaltet wird.

Erwähnenswert ist endlich noch eine Sicherung, die im Maschennetzschalter vorgesehen werden kann (s. Abb. 14 oben) und die ansprechen soll, wenn aus irgendwelchen Gründen die Abschaltung eines Fehlers innerhalb einer durch die Erwärmung des Transformators gegebenen Zeit nicht erfolgt. Diese Sicherungen, die also bei Kurzschlußströmen von 8000 ... 10 000 A nach etwa 5 ... 10 s durchgehen sollen, werden in den V. S. Amerika fast durchweg als Schmelzsicherungen mit dicken Kupfer- oder Zinkstreifen ausgeführt und haben sich bei Spannungen bis 200 V gut bewährt. Bei 380 V entwickeln diese Sicherungen jedoch im Kurzschlußfall infolge der großen verdampften Metallmengen einen erheblichen Lichtbogen und starke Niederschläge aus Metalloxydstaub, so daß eine Kapselung gemeinsam mit dem Maschennetzschalter wegen des großen Feuers und wegen der Verschmutzungsgefahr nicht geraten erscheint.

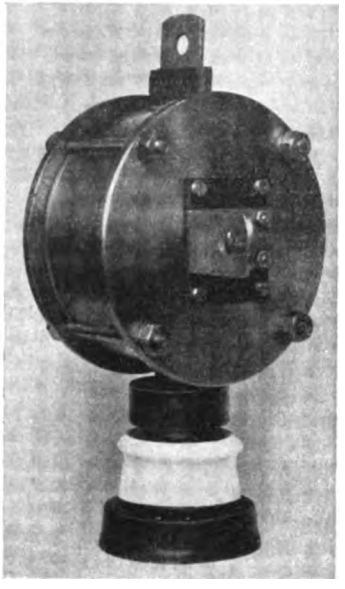


Abb. 20. Gekapselte Hochleistungssicherung für Niederspannungs-Maschennetze (Ansicht).

Die SSW haben daher zum Zusammenbau mit dem für 380 V bestimmten Maschennetzschalter eine neue Spezialsicherung entwickelt, bei der trotz der langen Verzögerungszeit kaum Metall verdampft wird und bei der der entstehende Lichtbogen unter dem Einfluß seines eigenen besonders verstärkten Feldes bei kleinem Schaltfeuer schnell gelöscht wird. Abb. 16, die eine Abschaltung von 420 V, 12 000 Aeff mit einer Zinksicherung bei 1,5 s Verzögerung zeigt, und Abb. 17, auf der die Abschaltung von 420 V, 10 000 Aeff bei 7,2 s Verzögerungszeit (Abb. 18) dargestellt ist, lassen die Überlegenheit der neuen Sicherung deutlich erkennen. Die Sicherungen lassen sich leicht mit dem Maschennetzschalter gemeinsam kapseln und gewähren dem Netztransformator einen zuverlässigen Schutz gegen unzulässige Erwärmung im Kurzschlußfall.

D. Hochleistungsicherung der SSW als Kurzschlußschutz in Drehstrom-Maschennetzen.

Aus der Erkenntnis heraus, daß die Anwendung des in Amerika weit verbreiteten und in seiner einfachen Form für alle Kurzschlußströme betriebsicher arbeitenden Drehstrom-Maschennetzes bei den in Deutschland üblichen höheren Verbrauchspannungen besondere Vorkehrungen zur Begrenzung des Kurzschlußstromes notwendig macht, haben die SSW sich mit der Durchbildung von Hochleistungsicherungen befaßt, die die hohen Kurzschlußströme vermaschter Netze auch bei 380 V sicher beherrschen, so daß eine Begrenzung des Netzkurzschlußstromes durch vorgeschaltete Drosseln nicht notwendig ist. Es ist gelungen, gekapselte Sicherungen mit genügender Selektivität zu bauen, die Ströme bis 35 000 Aeff bei 420 V ohne sichtbares Feuer abschalten.

Abb. 19 zeigt schematisch den Aufbau und die Wirkungsweise der Sicherung. Der Schmelzeinsatz besteht aus einem kupfernen Bolzen und einem koaxial mit ihm angeordneten Kupferring, zwischen denen in einer Ebene senkrecht zur Achse die radial verlaufenden Schmelzdrähte ausgespannt sind. Zu beiden Seiten der Schmelzdrähte sind Wände S aus isolierendem Material zwischen Bolzen und Ring eingesetzt, durch die der Schmelzraum nach oben und unten abgeschlossen wird. Die Sicherungspatrone wird in ein Eisengehäuse eingesetzt, in dem eine Blasspule B angeordnet ist, die ein magnetisches Feld in Richtung der Achse der Patrone erzeugt. Der Strom durchfließt vom Anschluß A_1 aus die Blasspulen, tritt dann bei b in die Patrone ein, durchfließt die Schmelzdrähte und gelangt aus dem Anschluß A_2 in die

Digitized by Google

abgehende Leitung. Beim Durchschmelzen der Sicherungsdrähte wird auf die an Stelle der Drähte entstehenden Lichtbogen ein starker Antrieb ausgeübt, der die Fußpunkte der Bogen auf den Mantelflächen der Zylinder in endlosen Bahnen mit sehr großer Geschwindigkeit herumtreibt und den gasförmigen Teil des Bogens durch die enge Berührung mit dem Isolierstoff stark abkühlt, so daß nach dem Nulldurchgang des Stromes ein Wiederzünden nicht eintritt.

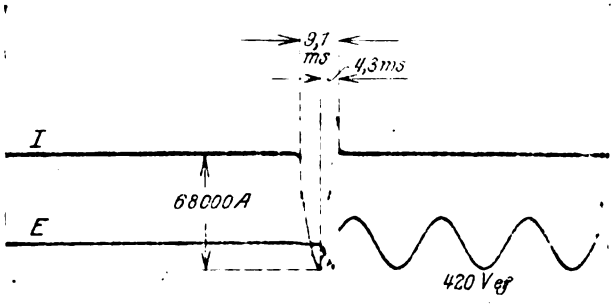


Abb. 21. Oszillogramm einer Abschaltung von 420 V, 68 000 A Scheitelwert mit der gekapselten Hochleistungsicherung.

Abb. 20 zeigt eine Ausführung der Hochleistungssicherung, Abb. 21 das Oszillogramm einer Abschaltung, bei der ein Strom von 68 000 A Scheitelwert bei einer Löschzeit von 4,3 ms einwandfrei abgeschaltet wurde. In Abb. 22 endlich ist eine geöffnete Sicherungspatrone nach der Abschaltung dargestellt. Man sieht, daß die Schmelzdrähte nicht vollkommen verdampft sind, sondern daß nach dem Durchschmelzen einer Querschnittstelle die Drähte durch das Magnetfeld spiralig um den Mittelbolzen herumgelegt wurden, so daß nur sehr wenig Material verdampfte. Die Kupferringe und Isolierplatten sind unversehrt geblieben.

Aus den Erfordernissen des Maschennetzschutzes heraus ist damit eine Sicherung geschaffen worden, die vermöge ihrer Kapselung und vermöge ihrer außerordentlich hohen Schaltleistung auch über das ihr anfänglich zugedachte Anwendungsgebiet hinaus, z. B. als Sicherung für Abzweige in Eigenbedarfsanlagen mit sehr hohen Kurzschlußströmen, erhebliche Bedeutung erlangen kann.

Zusammenfassung.

Die Versuche im Schaltwerk der SSW zeigen, daß die Anwendung von Maschennetzen mit Maschennetzschaltern für die Verteilung von Licht- und Kraftstrom in großstädtischen Niederspannungsanlagen auch in Deutschland möglich ist. Auch bei 380 V Netzspannung kann zur selektiven Abtrennung von Kabelfehlern entweder bei

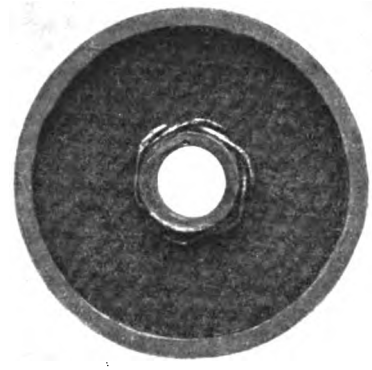


Abb. 22. Geöffnete Sicherungspatrone nach der Abschaltung des Kurzschlusses Abb. 21. Die Schmelzdrähte sind durch das starke Blasfeld um den Mittelbolzen herumgelegt worden.

entsprechender Begrenzung des Netzkurzschlußstromes die Methode des „Ausbrennens der Fehler" angewandt werden, oder es ist durch Einbau der neuen Hochleistungsicherungen der SSW, die den vollen Netzkurzschlußstrom ohne sichtbares Feuer abschalten und so den Einbau von Begrenzungsdrosseln nicht erfordern, ein einwandfreier selektiv wirkender Kurzschlußschutz zu erreichen.

Die großen Vorteile, die das Drehstrom-Niederspannungs-Maschennetz sowohl in betrieblicher als auch in wirtschaftlicher Hinsicht bietet, haben es in den V. S. Amerika bereits zur Normalform eines großstädtischen Verteilungsnetzes werden lassen, nach der mehr als 50 Städte ihre Netze erstellt bzw. umgebaut haben, und es stehen, nachdem die durch die höhere deutsche Verbrauchspannung bedingten Schwierigkeiten erkannt und durch betriebsichere Lösungen behoben sind, der Einführung des Systems der Drehstrom-Niederspannungs-Maschennetze auch für deutsche Großstädte keine technischen Hindernisse mehr entgegen.

Anlauferwärmung von Kurzschlußankermotoren.

Von Dr.-Ing. **Michael Liwschitz**, Berlin.

Übersicht. Es wird die Anlauferwärmung der Läufer- wie der Ständerwicklung der verschiedenen Kurzschlußankermotoren, nämlich des gewöhnlichen Kurzschlußankermotors, des Stromverdrängungsanker-Motors mit hohen schmalen Stäben und des Doppelkäfigankermotors untersucht. Es zeigt sich, daß beim Doppelkäfigankermotor die Erwärmung der Läuferwicklung im Anlauf am größten ist.

Beim Doppelkäfigankermotor führt im Anlauf im wesentlichen nur der obere Käfig Strom. Da das Materialgewicht der beiden Käfige des Doppelkäfigankers dasselbe ist wie das des gewöhnlichen Kurzschlußankers mit einem Käfig, so hat der Doppelkäfigankermotor im Anlauf eine kleinere Wärmekapazität als der gewöhnliche Kurzschlußankermotor. Es sind infolgedessen Bedenken entstanden, ob nicht der Doppelkäfigankermotor für explosions- und feuergefährliche Betriebe, also auch unter Tage, weniger zuverlässig ist als der Einfachkäfigankermotor und ob nicht für ihn bei Verwendung in derartigen Betrieben besondere Vorschriften zu erlassen seien. Der Zweck dieser Zeilen ist, einige Angaben über die Erwärmung der verschiedenen Kurzschlußankermotoren im Anlauf zu machen.

I. Anlaufwärme und Anlauferwärmung der Läuferwicklung.

Die in der Läuferwicklung während eines einmaligen Hochlaufens entwickelte Anlaufwärme läßt sich berechnen nach folgender Beziehung[1]:

$$\mathfrak{A}_2 = G\,D^2\,n_s^2\left(\frac{\pi}{60}\right)^2 \int_{\sigma_e}^{\sigma_a} \frac{\mathrm{d}\,\sigma}{\frac{1}{\sigma}\left(1-\frac{M_g/M_n}{M_\sigma/M_n}\right)} \text{ Wattsek.} \quad (1)$$

Hierin bedeuten

$G\,D^2$ das Schwungmoment der zu beschleunigenden Massen,
n_s die synchrone Drehzahl des Motors,
σ den jeweiligen Schlupf des Motors,
M_σ das vom Motor beim Schlupf σ entwickelte Drehmoment,
M_g das Gegenmoment des Antriebes und
M_n das Nenndrehmoment des Motors.

Wie M_σ ist auch M_g allgemein eine Funktion des Schlupfes.

Bei Leeranlauf ist $M_g = 0$, $\sigma_a = 1$ und $\sigma_e = 0$, so daß die beim Leeranlauf im Läufer entwickelte Anlaufwärme beträgt:

$$\mathfrak{A}_{20} = G\,D^2\,n_s^2\left(\frac{\pi}{60}\right)^2 \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{730}\,G\,D^2\,n_s^2. \quad (2)$$

Die Anlaufwärme des Läufers beim Leeranlauf ist also von der elektrischen Ausführung der Maschine, d. h. vom Verlauf ihrer Drehmomentenkurve unabhängig. Für die Größe der Anlaufwärme des Läufers beim Leeranlauf ist es gleichgültig, ob der Anker als gewöhnlicher Kurzschlußanker oder als Stromverdrängungsanker ausgeführt ist; für sie sind einzig und allein das Schwungmoment der zu beschleunigenden Massen und die synchrone Drehzahl des Motors maßgebend.

[1] Näheres s. Rüdenberg, Der Anlaufvorgang bei Asynchronmotoren mit Kurzschlußanker. El. u. Maschinenb. Bd. 37, S. 497, 512 (1919). — M. Liwschitz, Der Anlauf- und Bremsvorgang bei Asynchronmotoren mit Wirbelstromläufer. Wiss. Veröff. Siem.-Konz. Bd. 4, H. 1, S. 167.

Digitized by Google

Für das Verhältnis der Anlaufwärme des Läufers bei Lastanlauf zu der bei Leeranlauf gilt die Beziehung

$$\varkappa = \frac{\mathfrak{A}_2}{\mathfrak{A}_{20}} = 2\int_{\sigma_e}^{\sigma_a} \frac{d\sigma}{\frac{1}{\sigma}\left(1 - \frac{M_g/M_n}{M_\sigma/M_n}\right)} \quad \ldots\ldots \quad (3)$$

Im Gegensatz zu der Anlaufwärme bei Leeranlauf $\mathfrak{A}_{20}$ hängt das Verhältnis $\varkappa = \frac{\mathfrak{A}_2}{\mathfrak{A}_{20}}$ nicht von der Größe des Motors, sondern, wenn ein bestimmter Verlauf des Gegenmomentes M_g/M_n in Abhängigkeit vom Schlupf vorausgesetzt ist, nur von dem Verlauf seiner Drehmomentenkurve $M_\sigma/M_n = f(\sigma)$ ab. Bei einer bestimmten Abhängigkeit des Gegenmomentes vom Schlupf ist das Verhältnis $\varkappa = \frac{\mathfrak{A}_2}{\mathfrak{A}_{20}}$ für alle Motoren mit gleicher Drehmomentenkurve unabhängig von der Größe der Leistung und der Drehzahl das gleiche.

Der Verlauf der Drehmomentenkurve

$$M_\sigma/M_n = f(\sigma)$$

ist bei ein und demselben Ständer abhängig von der Ausführung des Läufers und ist verschieden, je nachdem ob der Läufer als gewöhnlicher Kurzschlußanker oder als Stromverdrängungsanker mit hohen schmalen Stäben oder als Doppelkäfiganker ausgeführt ist. Bei ein und derselben Läuferausführung hängt der Verlauf der Drehmomentenkurve von der Drehzahl und der Leistung des Motors ab.

Wir wollen für die 3 verschiedenen Ausführungsarten des Kurzschlußankers das Verhältnis $\varkappa = \frac{\mathfrak{A}_2}{\mathfrak{A}_{20}}$ unter Zugrundelegung gewisser Annahmen bestimmen.

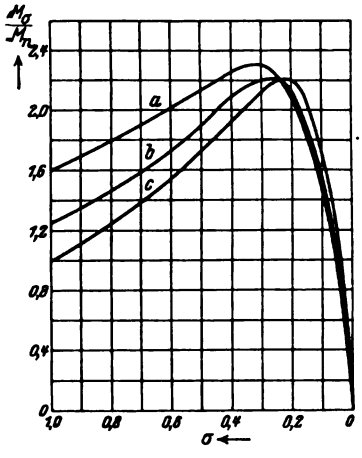


Abb. 1. Drehmomentenkurven der gewöhnlichen Kurzschlußankermotoren nach DIN VDE 2650.

rd. ⅓ der Werte bei Dreieckschaltung. Für das Gegenmoment des Antriebes sei hier wie im weiteren vorausgesetzt, daß es konstant, d. h. vom Schlupf unabhängig ist. Nimmt man für das Gegenmoment M_g/M_n einen bestimmten Wert an, so läßt sich mit Hilfe der Drehmomentenkurven Abb. 1 durch graphische Integration nach Gl. (3) das Verhältnis $\varkappa = \frac{\mathfrak{A}'}{\mathfrak{A}_0}$ leicht bestimmen, u. zw. entspricht jeder der 3 Drehmomentenkurven der Abb. 1 ein anderer Wert von $\varkappa$. Führt man diese Integration für verschiedene Werte von M_g/M_n durch, so erhält man über M_g/M_n als Abszisse zu jeder Drehmomentenkurve der Abb. 1 eine entsprechende Kurve für $\varkappa = \frac{\mathfrak{A}_2}{\mathfrak{A}_{20}}$ (Abb. 2). Wie aus Gl. (3) hervorgeht, bleibt das Verhältnis $\varkappa = \frac{\mathfrak{A}_2}{\mathfrak{A}_{20}}$ das gleiche, wenn

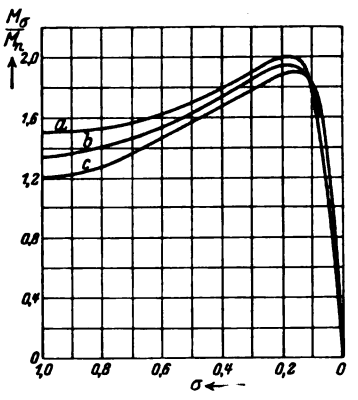


Abb. 3. Drehmomentenkurven der Stromverdrängungsanker-Motoren mit hohen schmalen Stäben.

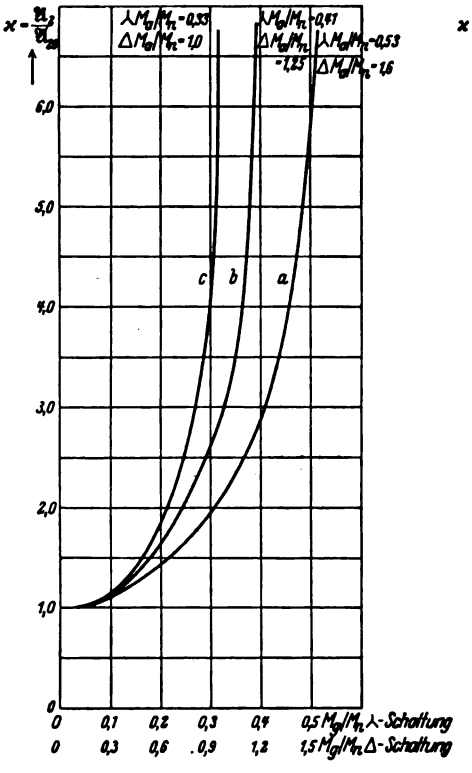


Abb. 2. Gewöhnlicher Kurzschlußanker. Verhältnis der Anlaufwärme des Läufers bei Lastanlauf zu der bei Leeranlauf in Abhängigkeit vom Gegenmoment.

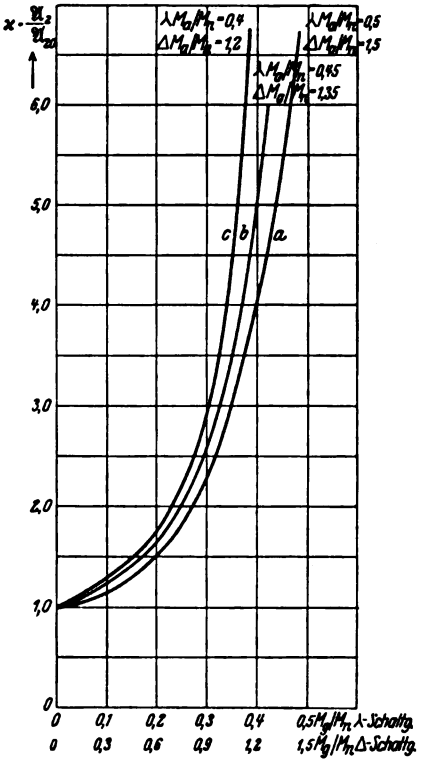


Abb. 4. Stromverdrängungsanker mit hohen schmalen Stäben. Verhältnis der Anlaufwärme des Läufers bei Lastanlauf zu der bei Leeranlauf in Abhängigkeit vom Gegenmoment.

1. Gewöhnlicher Kurzschlußanker. Abb. 1 zeigt den normalen Verlauf der Drehmomentenkurven von gewöhnlichen Kurzschlußankermotoren. Die Kurve *a* gilt für Leistungen von 1,5 ... 4 kW bei den Drehzahlen 500 bis 3000, die Kurve *b* für Leistungen von 5,5 ... 15 kW bei den Drehzahlen 500 ... 3000 und die Kurve *c* für Leistungen ab 22 kW ebenfalls bei den Drehzahlen 500 ... 3000. Der Drehmomentenkurve *a* entspricht bei Nennspannung ein Anzugsmoment $M_a/M_n = 1,6$, der Drehmomentenkurve *b* ein Anzugsmoment $M_a/M_n = 1,25$ und der Kurve *c* ein Anzugsmoment $M_a/M_n = 1,0$ (s. DIN VDE 2650). Bei Motoren, die für Stern-Dreieck-Umschaltung vorgesehen sind, treten diese Anzugsmomente bei Nennspannung in der Dreieckschaltung auf. In der Sternschaltung betragen sie das Gegenmoment M_g/M_n in demselben Maße verändert wird wie das Motormoment M_σ/M_n, d. h. wird der Motor in Sternschaltung angelassen, so behält $\varkappa$ seinen Wert, wenn M_g/M_n auf ⅓ des Wertes, den es in der Dreieckschaltung hatte, heruntergesetzt wird. Ein Motor mit der Drehmomentenkurve *a* hat beispielsweise beim Anlassen in der Sternschaltung mit dem Gegenmoment $M_g/M_n = 0,3$ das gleiche Verhältnis $\varkappa$ wie beim Anlassen in der Dreieckschaltung mit dem Gegenmoment $M_g/M_n = 0,9$. An der Abszissenachse der Abb. 2 sind aus diesem Grunde die Gegenmomente M_g/M_n für das Anlassen des Motors in der Sternschaltung und in der Dreieckschaltung getrennt angegeben, sie verhalten sich wie 1 : 3. Aus Abb. 2 geht hervor, daß bei ein und demselben Gegenmoment das Verhältnis

Digitized by Google

$\varkappa = \frac{\mathfrak{A}_2}{\mathfrak{A}_{20}}$ um so kleiner ist, je höher die Drehmomentenkurve des Motors liegt. Beim Anlassen in der Sternschaltung mit dem Gegenmoment $M_g/M_n = 0{,}3$ bzw. in der Dreieckschaltung mit dem Gegenmoment $M_g/M_n = 0{,}9$ verhalten sich z. B. die Werte von $\varkappa$ für die Drehmomentenkurven *a*, *b* und *c* wie 1,95 : 2,62 : 4,12. Für einen bestimmten Motor, d. h. für einen Motor bestimmter Leistung und Drehzahl, ist $\mathfrak{A}_{20}$ gegeben. Die Anlaufwärme bei Last ist dann um so kleiner, je größere Drehmomente er im Anlauf zu entwickeln vermag.

2. Stromverdrängungsanker mit hohen schmalen Stäben. Abb. 3 zeigt den normalen Verlauf der Drehmomentenkurven von Stromverdrängungsmotoren mit hohen schmalen Stäben. Die Kurve *a* gilt für Leistungen bis etwa 22 kW bei den Drehzahlen 1000 bis 3000, die Kurve *b* für Leistungen von 30 bis etwa 100 kW bei den Drehzahlen 500 ... 3000, die Kurve *c* für die Leistungen ab 125 kW bei den Drehzahlen 500 ... 3000. Der Drehmomentenkurve *a* entspricht bei Nennspannung ein Anzugsmoment $M_a/M_n = 1{,}5$, der Drehmomentenkurve *b* ein Anzugsmoment $M_a/M_n = 1{,}35$ und der Drehmomentenkurve *c* ein Anzugsmoment $M_a/M_n = 1{,}2$. Die Anzugsmomente der Stromverdrängungsmotoren mit hohen schmalen Stäben liegen höher als die der gewöhnlichen Kurzschlußankermotoren gleicher Leistung und Drehzahl (vgl. Abb. 1), die Kippmomente sind dagegen infolge der größeren Streuung der Läuferwicklung etwas kleiner als bei jenen.

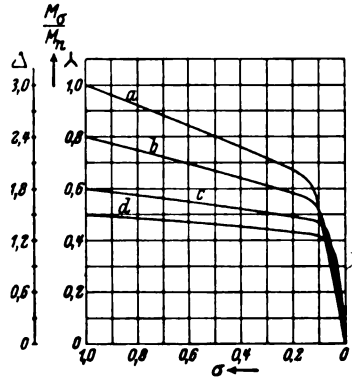


Abb. 5. Drehmomentenkurven der Doppelkäfigankermotoren.

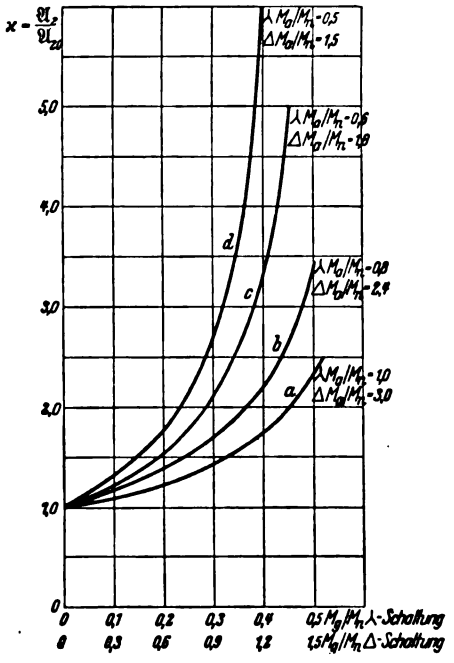


Abb. 6. Doppelkäfiganker. Verhältnis der Anlaufwärme des Läufers bei Lastanlauf zu der bei Leeranlauf in Abhängigkeit vom Gegenmoment.

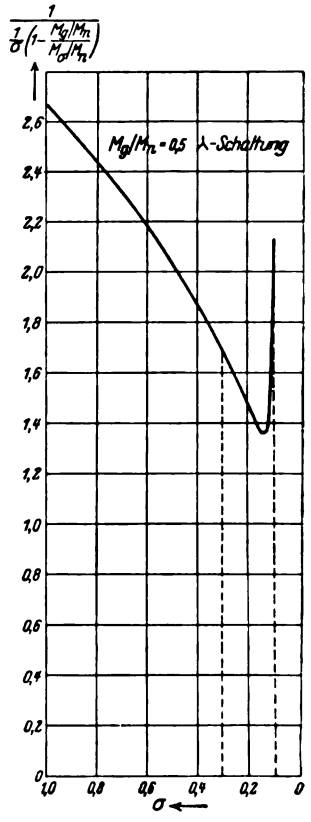


Abb. 7.

Für das Verhältnis $\varkappa = \frac{\mathfrak{A}_2}{\mathfrak{A}_{20}}$ erhält man mit Hilfe der Drehmomentenkurven Abb. 3 nach der gleichen Rechnungsmethode wie unter 1. die Kurven Abb. 4. Entsprechend den höheren Anlaufmomenten M_a/M_n der Stromverdrängungsmotoren mit hohen schmalen Stäben ist die Anlaufwärme bei Lastanlauf kleiner als die der gewöhnlichen Kurzschlußankermotoren. Bei einem Motor von 30 kW bei 1500 U/min gilt für die Ausführung mit gewöhnlichem Kurzschlußanker die Kurve *c* der Abb. 2 und für die Ausführung mit Stromverdrängungsanker mit hohen schmalen Stäben die Kurve *b* der Abb. 4. Während in der Ausführung mit gewöhnlichem Kurzschlußanker bei $M_g/M_n = 0{,}3$ in der Sternschaltung (bzw. $M_g/M_n = 0{,}9$ in der Dreieckschaltung) $\varkappa = 4{,}12$ ist, ist beim Stromverdrängungsmotor mit hohen schmalen Stäben $\varkappa$ gleich nur 2,6, d. h. der 30 kW-Motor für $n = 1500$ U/min in Ausführung mit gewöhnlichem Kurzschlußanker entwickelt bei Anlauf mit demselben Gegenmoment $M_g/M_n = 0{,}3$ bzw. 0,9 $\frac{4{,}12}{2{,}6} = 1{,}6$mal soviel Anlaufwärme im Läufer wie der Stromverdrängungsanker-Motor mit hohen schmalen Stäben.

3. Doppelkäfiganker (Stromverdrängungsanker mit 2 Käfigen). Abb. 5 zeigt den normalen Verlauf der Drehmomentenkurven von Doppelkäfigankern. Die Kurven *a* und *b* gelten für Leistungen bis etwa 22 kW bei den Drehzahlen 750 ... 1500, die Kurven *b* und *c* für Leistungen von 30 bis etwa 80 kW bei den Drehzahlen 500 ... 3000 und die Kurven *c* und *d* für Leistungen ab 80 kW bei den Drehzahlen 500 ... 3000. Der Kurve *a* entspricht in der Sternschaltung ein Anzugsmoment $M_a/M_n = 1$, den Kurven *b*, *c* und *d* ein solches von 0,8, 0,6 und 0,5. Die Motoren mit Doppelkäfiganker werden normalerweise für indirektes Anlassen gebaut. Als Anlaßapparat kann ein Sterndreieckumschalter, ein Anlaßtransformator oder ein Ständeranlasser dienen. Das maximale Moment tritt dabei im Stillstand ($\sigma = 1$) auf. Einen Kippunkt wie beim gewöhnlichen Kurzschlußankermotor oder beim Stromverdrängungsanker-Motor mit hohen schmalen Stäben gibt es nicht. Die Anzugsmomente M_a/M_n liegen höher als bei den anderen Kurzschlußankermotoren.

Für das Verhältnis $\varkappa = \frac{\mathfrak{A}_2}{\mathfrak{A}_{20}}$ erhält man mit Hilfe der Drehmomentenkurven Abb. 5 die Kurven Abb. 6. Wie in Abb. 2 und 4 ist bei gegebenem Gegenmoment das Verhältnis $\varkappa$ der Anlaufwärme bei Lastanlauf zu der Anlaufwärme bei Leerlauf um so kleiner, je höher die Drehmomentenkurve des Motors liegt. Entsprechend den höheren Anlaufmomenten hat der Doppelkäfiganker bei gleichem Gegenmoment eine kleinere Anlaufwärme bei Lastanlauf als der gewöhnliche Kurzschlußankermotor und der Stromverdrängungsmotor mit hohen schmalen Stäben. Bei einem 30 kW-Motor für $n = 1500$ U/min verhalten sich beispielsweise die Anlaufwärmen der 3 Ankerarten (in der Reihenfolge: gewöhnlicher Kurzschlußanker, Stromverdrängungsanker mit hohen schmalen Stäben, Doppelkäfiganker) beim Anlauf mit dem Gegenmoment $M_g/M_n = 0{,}3$ in der Sternschaltung oder mit dem Gegenmoment $M_g/M_n = 0{,}9$ in der Dreieckschaltung wie 4,1 : 2,6 : 2,1, falls die Drehmomentenkurve des Doppelkäfigankers nach der Kurve *c*, Abb. 5, verläuft, bzw. wie 4,1 : 2,6 : 1,7, falls die Drehmomentenkurve des Doppelkäfigankers nach Kurve *b* verläuft.

Die Abb. 2, 4 und 6, die das Verhältnis der Anlaufwärme bei Lastanlauf zu der Anlaufwärme bei Leeranlauf angeben, enthalten in der Abszissenachse wie in der Ordinatenachse nur Verhältniswerte. Diese Kurven haben infolgedessen allgemeine Gültigkeit unabhängig von der

Digitized by Google

Größe und der Drehzahl des Motors. Voraussetzung hierbei ist, daß die Drehmomentenkurve des Motors mit einer der Drehmomentenkurven der Abb. 1 oder 3 oder 5 übereinstimmt. Ist dies nicht der Fall, so kann man mit genügender Annäherung den gewünschten Wert von $\varkappa = \frac{\mathfrak{A}_2}{\mathfrak{A}_{20}}$ durch Inter- oder Extrapolation finden.

Für die Beurteilung der Erwärmung der Läuferwicklung der verschiedenen Kurzschlußankermotoren ist von Wichtigkeit die Frage, wie die Anlaufwärme $\mathfrak{A}_2$ während des Hochlaufens des Motors sich auf die verschiedenen Zeitpunkte verteilt, d. h. wie die Größe $\frac{1}{\frac{1}{\sigma}\left(1-\frac{M_g/M_n}{M_\sigma/M_n}\right)}$ in Abhängigkeit vom Schlupf σ verläuft. Beim Leeranlauf sieht man ohne weiteres, daß diese Größe in Abhängigkeit von σ geradlinigen Verlauf hat mit dem Wert 1 bei $\sigma = 1$

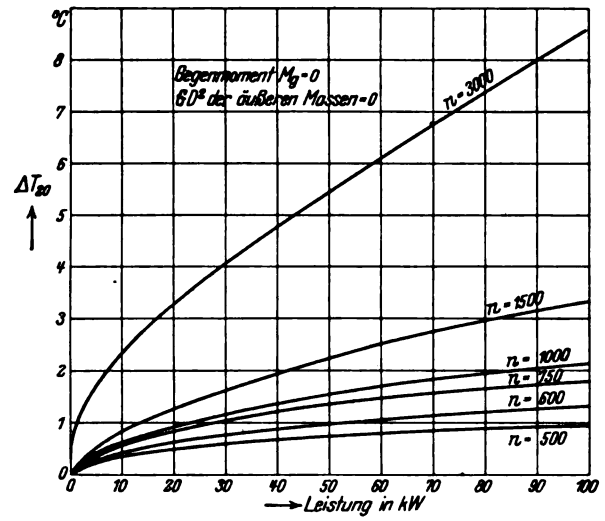


Abb. 8. Gewöhnlicher Kurzschlußanker. Erwärmung der Läuferwicklung bei Leeranlauf in Abhängigkeit von Drehzahl und Leistung.

und dem Wert 0 bei $\sigma = 0$, d. h. daß der Hauptteil der Anlaufwärme bei den kleineren Drehzahlen erzeugt wird. Die in der Nähe der synchronen Drehzahl hinzukommende Wärme ist nur noch gering. Dasselbe gilt auch für Lastanlauf. Abb. 7 zeigt den Verlauf der Größe $\frac{1}{\frac{1}{\sigma}\left(1-\frac{M_g/M_n}{M_\sigma/M_n}\right)}$ für den Doppelkäfigankermotor mit der Drehmomentenkurve *b*, Abb. 5, unter der Annahme eines Gegenmomentes $M_g/M_n = 0{,}5$ in der Sternschaltung. Der Teil der Anlaufwärme, der zwischen $\sigma = 0{,}3$ und $\sigma = 0{,}1$ (dem kleinsten bei diesem Gegenmoment erreichbaren Schlupf) erzeugt wird, macht nur etwa 15 % der gesamten Anlaufwärme aus.

4. Erwärmung der Läuferwicklung im Anlauf. Macht man die Annahme, daß während des Hochlaufens die in der Läuferwicklung erzeugte Wärme weder an das Eisen noch an die umgebende Luft abgegeben wird, so gilt für die Erwärmung der Läuferwicklung

$$\Delta T_2 = \frac{\mathfrak{A}_2}{s\,\gamma\,V} = \frac{\mathfrak{A}_2}{s\,G_2} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

Hierin bedeuten:

- s die spezifische Wärme des Materials der Läuferwicklung (in Ws/kg ° C),
- γ das spezifische Gewicht des Materials der Läuferwicklung (in kg/dm³),
- V das Volumen der Läuferwicklung (in dm³) und
- G_2 das Gewicht der Läuferwicklung (in kg).

Die Werte von s und γ sind:

	s	γ	Leitfähigkeit λ	$\frac{\lambda}{s\gamma}\cdot 10^2$
Kupfer	390	8,9	56	1,61
Aluminium (gegossen) .	870	2,56	28	1,25
Messing	380	8,45	15	0,47
Bronze (Phosphor-) . .	385	8,4	9	0,28

Für die verschiedenen Materialien verhalten sich die Erwärmungen, wenn gleicher Läuferwiderstand und gleicher Wert von $\mathfrak{A}_2$ vorausgesetzt werden, wie die zugehörigen Werte $\frac{\lambda}{s\gamma}\left(\equiv\frac{1}{s\gamma V}\right)$, d. h. setzt man die Erwärmung bei Kupfer gleich 100 %, so beträgt sie bei Aluminium 78 %, bei Messing 29 % und bei Bronze 17,5 %.

Für Leeranlauf gilt:

$$\Delta T_{20} = \frac{1}{730}\,G\,D^2\,n_s^2 \cdot \frac{1}{s\,G_2} \quad \ldots\ldots \quad (5)$$

Abb. 8 zeigt die nach dieser Formel gerechneten Werte der Erwärmung der Läuferwicklung von gewöhnlichen Kurzschlußankermotoren nach einmaligem Hochlaufen unter der Annahme, daß die Wicklung aus Kupfer hergestellt ist und daß das zu beschleunigende Schwungmoment gleich ist dem Schwungmoment des Motorankers. Ist das zu beschleunigende Schwungmoment größer als das Schwungmoment des Motorankers, so muß die Erwärmung nach Abb. 8 mit dem Verhältnis der Schwungmomente multipliziert werden. Abb. 8 bezieht sich auf eine Motorenreihe mit verhältnismäßig kleinen Durchmessern, also mit kleinen Schwungmomenten. Bei einer Motorenreihe, die auf kleineren Längen und größeren Durchmessern aufgebaut ist, liegen die Erwärmungen höher als nach Abb. 8. Setzt man für den Lastanlauf

$$\Delta T_2 = \Delta T_{20}\frac{\mathfrak{A}_2}{\mathfrak{A}_{20}} = \Delta T_{20}\,\varkappa, \quad \ldots\ldots \quad (6)$$

so kann man mit Hilfe der Abb. 8 und der Abb. 2, 4 und 6 für die 3 verschiedenen Läuferausführungen die Läufererwärmung ΔT_2 nach einmaligem Hochlaufen als Funktion der Leistung und der Drehzahl der Motoren berechnen.

Dabei ist folgendes zu beachten: Beim Stromverdrängungsanker mit hohen schmalen Stäben, für den fast immer Kupfer als Material verwendet wird, ist in der Gl. (4) für das Gewicht G_2 das totale Gewicht des Materials des Käfigs einzusetzen. Wenn auch bei größeren Schlüpfen nur der am Zahnkopf liegende Teil des Stabes Strom führt, so steht für die Aufspeicherung der Wärme doch der ganze Stabquerschnitt zur Verfügung. Abb. 9 zeigt die Staberwärmung eines Stromverdrängungsankers mit hohen schmalen Stäben für 22 kW und $n = 1500$ U/min. Die Messungen wurden vorgenommen mittels Thermoelementen bei stillstehender Maschine, d. h. bei größter Stromverdrängung. Der Ständerstrom war gleich dem 1,6fachen Nennstrom und wurde während der Versuche konstant gehalten. Um den Einfluß der Wärmeleitung innerhalb des Stabes (von dem außen an der Ankeroberfläche liegenden Stabteil nach dem innen am Nutengrund liegenden Stabteil) zu studieren, wurden die Stäbe gegen das Blechpaket isoliert, so daß ein Temperaturausgleich durch das Läufereisen nicht stattfinden konnte. Die Thermoelemente waren am blanken Kupfer im Luftschlitz angebracht. Die Versuche zeigen, daß die Temperaturdifferenz zwischen den außen liegenden und den innen liegenden Teilen des Stabes gering ist. Da der außen (an der Ankeroberfläche) liegende Stabteil sich besser abkühlen kann als der innen liegende Stabteil, so ist seine Temperatur, trotzdem er allein Strom führt, geringer als die des innenliegenden Stabteiles.

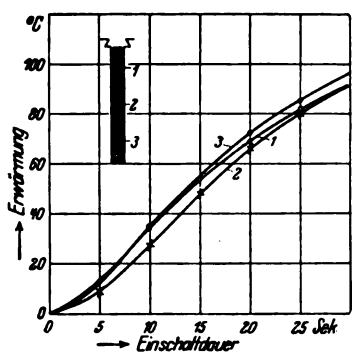


Abb. 9. Örtliche Erwärmung des Stabes eines Stromverdrängungsankers mit hohen schmalen Stäben.

(Schluß folgt.)

Digitized by Google

Fortschritte am Kathodenstrahloszillographen durch Dauerbetrieb mit Metallentladungsröhren und durch Außenphotographie sehr kurzzeitiger Vorgänge.

(Mitteilung aus dem Hochspannungslaboratorium der T. H. Berlin.)

Von M. Knoll, H. Knoblauch und B. v. Borries, Berlin.

Übersicht. Die beim Kathodenstrahloszillographen mit kalter Kathode bisher fast ausschließlich benutzten Glasentladungsröhren arbeiten unbefriedigend, besonders wenn, wie bei Registrieraufnahmen in Netzen oder Zentralen fast immer, Dauerbetrieb über viele Stunden verlangt wird. Es wird ein Metallentladungsrohr beschrieben, das für Dauerbetrieb bei 40 ... 90 kV und 1 ... 5 mA konstruiert ist und den Anforderungen der Praxis genügt. Infolge der voll ausgenutzten Intensität des Kathodenstrahles ist auch bei hohen Schreibgeschwindigkeiten eine magnetische Vorkonzentrierung nicht nötig, wodurch sich u. a. als Vorteil für den Kathodenstrahloszillographen eine kürzere Baulänge ergibt. Mit diesem Metallentladungsrohr sind bei Außenaufnahme von Kathodenstrahloszillogrammen durch Elektronenfenster (Lenard-Fenster) Schreibgeschwindigkeiten von fast 5000 km/s erreicht worden. Mit Innenaufnahme und dem beschriebenen Entladungsrohr dürften entsprechend höhere Schreibgeschwindigkeiten zu erreichen sein. Die Auflösung der Milliardstel-Sekunde ist nunmehr durch die der Innenaufnahme an Einfachheit überlegene Außenaufnahme möglich geworden.

1. Gegenwärtiger Stand der Entwicklung von Entladungsröhren beim Kathodenstrahloszillographen.

Zur Aufzeichnung schneller Vorgänge hat man beim Kathodenstrahloszillographen bisher häufig die kalte Kathode bevorzugt [1–10], obwohl man hierbei zur Erzielung gleicher photographischer Schwärzung eine höhere Erregerspannung benötigt als für die Glühkathode. Der Grund war die leichtere Erzielung eines feinen Schreibstriches, der Wegfall der unbequemen, meist auf hohes Potential zu bringenden Heizstromquelle und die Vermeidung einer Vorschwärzung der photographischen Schicht durch das Licht der Kathode. Die große Strichfeinheit beim Arbeiten mit kalter Kathode wird hervorgerufen durch die Selbstkonzentration des Elektronenstrahles, welche bei einem ganz bestimmten, von Röhrenform und angelegter Spannung abhängigen Druck eintritt.

Als Entladungsrohr ist bisher beim Kathodenstrahloszillographen mit geringen Abweichungen allgemein [1–5, 8–10] das Entladungsrohr der Braunschen Röhre beibehalten worden, welches aus einem einfachen Glasrohr von 1 ... 3 cm lichter Weite besteht, in das in etwa 20 cm Abstand voneinander die Kathode und eine gleichzeitig als Blende dienende Anode eingesetzt werden. Die meisten der in der Literatur wiedergegebenen Kathodenstrahloszillogramme sind mit derartigen Röhren aufgenommen. Wir nennen sie im folgenden kurz Glasentladungsröhren.

Seitdem zum ersten Male mit dem Kathodenstrahloszillographen in elektrischen Anlagen Untersuchungen gemacht wurden, sind die Anforderungen an dieses Meßgerät bedeutend gestiegen. Den heutigen Ansprüchen sind die Glasentladungsrohre nicht mehr gewachsen. Bei Vornahme von Untersuchungen in Kraftwerken und Überlandnetzen sowie auf Gewitterbeobachtungstationen handelt es sich in ihrer Auswirkung stets um unwillkürliche Vorgänge, die hintereinander, womöglich mit selbsttätigem Vorschub registriert werden sollen.

Diesen Bedingungen können die im Laboratorium zur Aufnahme schneller Vorgänge brauchbaren Glasentladungsröhren wegen ihrer geringen zulässigen Einschaltdauer (Brennzeit) nicht genügen. Es ist vielmehr ein Entladungsrohr für wirklichen Dauerbetrieb bei hoher Leistung (70 ... 80 kV bei 1 ... 2 mA) notwendig, das mindestens einen Tag lang ununterbrochen brennen kann und dabei seinen einmal eingestellten Arbeitspunkt in der Stromspannungscharakteristik nur wenig verändert. Außerdem soll es zum Zwecke gründlicher Reinigung nach sehr langer Betriebszeit leicht in seine Teile zerlegt werden können. Es ist das Verdienst von Berger[7], als erster auf die prinzipielle Unzulänglichkeit der Glasentladungsröhre in dieser Hinsicht hingewiesen und eine brauchbare Konstruktion für Dauerbetrieb bis 60 kV angegeben zu haben.

Zu gleicher Zeit und unabhängig davon sind durch einen von uns bei der Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen und später im Hochspannungslaboratorium der Technischen Hochschule Berlin Entladungsrohre für Dauerbetrieb bis 90 kV Erregerspannung gebaut worden, über die an dieser Stelle zum ersten Male kurz berichtet werden soll. Maßgebend für die von uns eingeschlagene Richtung der Weiterentwicklung war die Erkenntnis, daß hier die gleichen Druck-, Strom- und Spannungsverhältnisse vorliegen wie bei Ionen-Röntgenröhren. Wir haben daher mehrere der dort bereits erprobten Konstruktionselemente übernommen und den Erfordernissen des Kathodenstrahloszillographen angepaßt. So hat sich z. B. bei an der Pumpe betriebenen Ionen-Röntgenröhren die Herstellung sämtlicher nicht unmittelbar zur Isolation erforderlichen Konstruktionsteile aus Metall statt aus Glas gut bewährt. Wir haben beim Bau unserer neuen Oszillographenrohre daher ebenfalls weitgehend Metall verwendet und auf diese Weise die Erfüllung aller beim Dauerbetrieb mit hohen Spannungen geforderten Ansprüche erreicht.

2. Nachteile der Glasentladungsrohre.

Das Glasentladungsrohr, welches u. W. mit nur einer Ausnahme[7] durchweg 2–5, 8–10 verwendet wurde, neigt außerordentlich leicht zu unruhigem Brennen und kann daher im allgemeinen im wirklichen Dauerbetrieb zur Aufnahme schneller Vorgänge nicht benutzt werden[7]. Verschiedentlich wurde angenommen, daß dieses unruhige Brennen lediglich auf die Silit- oder Wasserwiderstände im Erregerspannungskreis zurückzuführen sei[4, 11] und nur durch Vorschaltung von drahtgewickelten Hochohmwiderständen oder noch besser von Ventilröhren vermieden werden könne. Wir haben entgegen dieser Ansicht[12] die Erfahrung gemacht, daß — bei kurzen Zuleitungen — auch unter Beibehaltung von Silitwiderständen, welche von uns im Erregerspannungskreis durchweg verwendet werden (s. Abb. 4), ein ruhiges Brennen der Entladungsröhre möglich ist, und daß die Störungen von verschiedenen unerwünschten Eigenschaften der bisher benutzten Rohre selbst herrühren. Die Hauptursachen, welche beim Glasentladungsrohr den Dauerbetrieb mit hohen Spannungen begrenzen, sind Kathodenzerstäubung und Gasausbrüche.

Kathodenzerstäubung: Die in Kathodenhöhe liegende Glaswand wird schnell bestäubt und gibt zu Gleitfunken an dieser Stelle Anlaß; das Rohr brennt unruhig und schlägt schließlich nach außen durch[5, 7]. Die Erscheinung läßt sich vermeiden, wenn das Rohr so ausgebildet wird, daß die Glimmentladung in ihrer ganzen Ausdehnung, besonders in Nähe der Kathode, nur von Metallwänden umgeben ist[13].

Gasausbrüche: Wenn plötzlich durch Elektronenaufprall und dabei auftretende unzulässig hohe Erwärmung in der Kathodenstrahlröhre Gasmengen frei werden, verschlechtert sich schlagartig dort das Vakuum. Der vorher scharf konzentrierte Schreibstrahl verschwindet dann für kürzere oder längere Zeit. Im letzteren Fall wird durch den Aufprall der Elektronen an vorher kalten Stellen der Röhre neues Gas frei und ihre Stromaufnahme steigt langsam weiter bis zum vollständigen Kurzschluß[7]. Die Folge ist dauerndes Nachregeln am Vakuumregelventil[14], was bei

[1] M. Brenzinger, Phys. Z. Bd. 22, S. 491 (1921).
[2] A. Dufour, Oscillographe Cathodique, S. 16. Paris 1923.
[3] H. Norinder, Tekn. Tidskr. Bd. 55, II, S. 152 (1925).
[4] W. Rogowski, Arch. El. Bd. 18, S. 513 (1927).
[5] B. Gabor, 1. Forschungsheft der Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen, S. 11, Berlin 1927.
[6] K. Berger, Bull. SEV Bd. 19, S. 295 (1928).
[7] K. Berger, Bull. SEV Bd. 19, S. 688 (1928).
[8] E. S. Lee, Gen. El. Rev. Bd. 21, S. 404 (1928).
[9] O. Ackermann, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 49, S. 285 (1930).
[10] E. Beck, Instr. World Bd. 1, S. 325 (1929).
[11] W. Rogowski u. E. Flegler, DRP. angem. R 71 986, 21e 11.
[12] ebenso wie Berger (Fußnote 6).
[13] Bei der Braunschen Röhre ist dieses Prinzip bereits von H. Busch, Arch. El. Bd. 18, S. 592 (1927) angewandt worden, allerdings nur bei Spannungen bis etwa 20 kV.
[14] Die nächstliegende, z. B. beim Kathodenstrahloszillographen nach Rogowski angewandte Methode der Vakuumreglung besteht darin, wie bei den bekannten Demonstrationsversuchen mit Geißlerschen Röhren das Entladungsrohr an eine eigene Hochvakuumpumpe anzuschließen und den erforderlichen Druck durch variable Verringerung der Saugleistung mittels Lufteinlaßventils am Pumpstutzen herzustellen. Aber abgesehen davon, daß der Aufwand einer zweiten Hochvakuumpumpe mit allem Zubehör nicht immer gern in Kauf genommen wird, ist, wie leicht einzusehen, bei dieser Methode die Empfindlichkeit der Röhre gegen plötzlich freiwerdende Gasmengen sehr groß, besonders wenn das Zuleitungsrohr lang und eng genommen wird. In diesem Fall findet eine Gasströmung im Entladungsrohr selbst überhaupt nicht statt. Viel günstiger liegen bei derselben Anordnung die Verhältnisse, wenn das Lufteinlaßventil nicht am Pumpstutzen, sondern unmittelbar am Entladungsrohr angebracht und die Pumpensaugleitung nach Möglichkeit verkürzt wird; denn der Einfluß der plötzlichen Gasausbrüche ist offenbar um so geringer, je größer die in der Zeiteinheit

Digitized by Google

der Aufnahme von Oszillogrammen außerordentlich stört. Man hat schon mit mehr oder weniger Erfolg versucht, durch selbsttätig wirkende Regelvorrichtungen diesem Übelstand abzuhelfen[14a]. Doch sind mit solchen Vorrichtungen infolge ihrer Trägheit natürlich nur die langsam verlaufenden Vakuumschwankungen kompensierbar, nicht aber die oft in Bruchteilen einer Sekunde abgeklungenen kurzzeitigen Störungen. Bei uns haben sich alle Druckschwankungen in der Röhre einerseits durch gute Luftspülung, anderseits dadurch verhindern lassen, daß wir die Elektronen in jedem Falle nur auf kühl gehaltene Metalloberflächen auftreffen ließen.

Zentrierbarkeit des Kathodenstrahles: Soll die größtmögliche Intensität im Schreibfleck erreicht werden, so muß die Mitte des Kathodenstrahles genau auf die Mitte der oft sehr kleinen Blende eingestellt werden können. Wir haben aus verschiedenen Gründen der rein mechanischen Strahleinstellung durch Schliffe bzw. Federkörper und Membranen oder durch Zentrierung mittels genauer Paßflächen gegenüber der magnetischen Einstellung[4, 5] den Vorzug gegeben. Bereits 1928 wurde von uns zu diesem Zweck betriebsmäßig der auch von

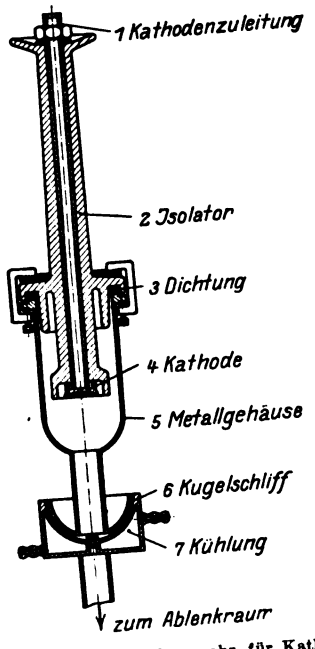


Abb. 1. Metallentladungsrohr für Kathodenstrahloszillographen mit Kugelschliff.

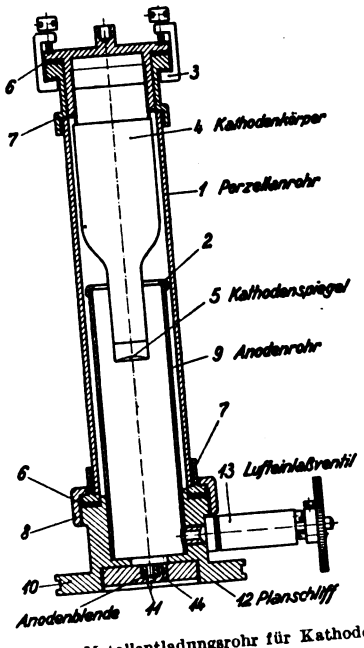


Abb. 2. Metallentladungsrohr für Kathodenstrahloszillographen mit Planschliff.

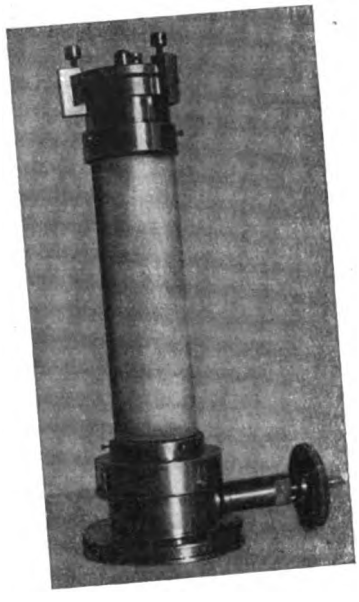


Abb. 3. Außenansicht des Entladungsrohres nach Abb. 2.

oszillographen gegenüber der Braunschen Röhre bezeichnete[17].

Wie die Oszillogramme Abb. 9 ... 12 zeigen, kann man mit der Metallentladungsröhre auch ohne eine solche zweite Konzentrierungspule dieselben hohen Schreibgeschwindigkeiten erzielen, wie sie bisher nur mit Vorkonzentrierspule erhalten worden sind. Dufour[2] hat bereits 1923 ohne Vorkonzentrierung, wenn auch nur bei kurzzeitigem Einschalten der Erregerspannung, reproduzierbare Schreibgeschwindigkeiten bis zu 1000 km/s erreicht. Tatsächlich tritt zwar infolge des relativ hohen Druckes im Entladungsrohr (10^{-2} mm Hg) und zunehmend mit dessen Länge eine Zerstreuung der Elektronen ein, die durch Anbringen einer Konzentrierspule wieder kompensiert werden kann. Bei unseren Versuchen stellte sich jedoch heraus, daß die Selbstkonzentration des Elektronenstrahles zur Erzielung hoher Schreibgeschwindigkeiten mit den üblichen Erregerspannungen vollkommen ausreicht, wenn man dafür sorgt, daß die Elektronen auf dem kürzesten Wege aus der eigentlichen Entladungsröhre in das Hochvakuum gelangen. Daß bei den obengenannten Arbeiten auf diesem Gebiet der Eindruck der Unentbehrlichkeit der Vorkonzentrierungspule zur Aufnahme schneller Vorgänge beim Kathodenstrahloszillographen mit kalter Kathode entstanden ist, ist wahrscheinlich auf die Nichtberücksichtigung dieser Bedingung zurückzuführen. Gegenüber der bisherigen Anordnung[4] gewährt zudem der Wegfall einer Vorkonzentrierungspule unterhalb des eigentlichen Entladungsrohres eine ganz bedeutende Ersparnis an Gesamtbaulänge[18].

Berger[6] beschriebene Kugelschliff angewandt. Es stellte sich jedoch später heraus, daß die notwendigen Verschiebungen praktisch auch durch den einfacheren Planschliff oder elastische Metallkörper erreicht werden können.

3. Konzentration des Schreibstrahls.

Von anderer Seite[4] ist die Meinung vertreten worden, daß die Aufnahme schneller Vorgänge nur mit Hilfe einer Vorkonzentrierspule möglich sei, welche den Strahl zwischen Kathode und erster Blende auf diese konzentriert. Dieser Maßnahme wurde so große Bedeutung beigemessen, daß man in der Vorkonzentrierung einen wesentlich bedeutungsvolleren Kunstgriff als in dem Hereinbringen der Platte ins Vakuum sah[15], ja ihre Wiedereinführung[16] als den eigentlichen Fortschritt bei der Aufnahme schneller Vorgänge durch den Kathodenstrahl-

4. Beschreibung einer neuen Metallentladungsröhre.

Das erste, schon 1928 vorliegende Ergebnis unserer Arbeiten war ein Entladungsrohr, dessen Äußeres sich teilweise an die Form der Röntgenröhre nach Seemann[19] bzw. Siegbahn-Hadding[20] anschloß. Diese Konstruktion (Abb. 1) hat erstmalig die Eignung von Metallentladungsrohren für Kathodenstrahloszillographen gezeigt und sich dabei gut bewährt.

Kurz darauf sind von uns für die speziellen Erfordernisse des Kathodenstrahloszillographen Metallentladungsrohre besonderer Bauart entwickelt worden. Abb. 2 und 3 zeigen eine dieser Ausführungen, die sich in jeder Hinsicht für Dauerbetrieb eignen. Sie besteht im wesentlichen aus einem Isolierrohr *1* von etwa 5 cm Durchmesser, dessen Querschnitt einerseits durch ein Metallanodenrohr *9*, anderseits durch einen zum Zweck der Beseitigung unerwünsch-

durch das Rohr strömende Luftmenge ist. — Man kann mit einer einzigen Hochvakuumpumpe auskommen, wenn die Einlaßluft nach der zuerst von W. Wien für Entladungsrohre und von Gabor beim Kathodenstrahloszillographen eingeführten Methode nach Durchlaufen einer Gasdrossel über den unter Hochvakuum befindlichen Ablenkraum wieder abgesaugt wird. — Da das bisher mehrfach übliche Einlassen der Luft aus dem Vorvakuum (Gabor und nach ihm Berger) niemals von gleichem Druckniveau her erfolgt, lange Verzögerungszeit besitzt und häufiges Nachregeln erforderlich macht, haben wir uns entschlossen, die Luft grundsätzlich wieder von der Atmosphäre her einzulassen, und haben entsprechende Lufteinlaßventile konstruiert. Unterstützt durch peinliche Sauberkeit des Rohrinnern, brachte die auf diese Weise erreichte intensive Luftspülung die durch Gasausbrüche entstandenen Druckschwankungen vollständiger zum Verschwinden als die ebenfalls versuchte Parallelschaltung eines größeren Puffervolumens zur Entladungsröhre.

[14a] W. Rogowski, K. Beyerle u. O. Wolff, Arch. El. Bd. 22, S. 570 (1929).

[15] W. Rogowski u. E. Flegler, Arch. El. Bd. 20, S. 635 (1928).

[16] Die Verwendung einer zweiten Konzentrierspule zwischen Kathode und erster Blende geht zurück auf L. M. Hull, Proc. Inst. Radio Engs. Bd. 9, S. 141 (1921).

[17] W. Rogowski, Vortrag auf der 34. Jahresversammlung des VDE in Aachen 1929.

[18] Das Zusammenwirken beider Maßnahmen, der Vorkonzentrierung und der Verkürzung der Gasstrecke, ließe eine weitere, bisher nicht benötigte Intensitätssteigerung des Schreibstrahles erwarten.

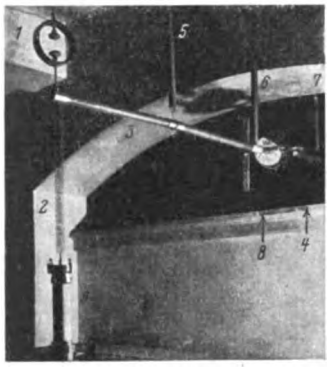
[19] S. Seemann, Ann. Phys. Bd. 53, S. 484 (1917).

[20] A. Hadding, Z. Phys. Bd. 2, S. 369 (1920).

Digitized by Google

ter Raumladungen besonders ausgebildeten Kathodenkörper *4* ausgefüllt wird.

Das Isolierrohr (Hartporzellan oder Hartglas) ist an beiden Enden mit Pizein bzw. Porzellankitt in den Dichtungsflansch *7* eingekittet oder durch Metall-Glaseinschmelzungen mit diesem verbunden. Als Hartporzellanrohr kann es auch mit den Dichtungsflanschen *7* an beiden Seiten aus einem Stück hergestellt werden. Leichte Zerlegbarkeit wird erreicht durch Hochvakuumdichtungen[21] mit Dichtungsringen *6* aus Blei oder Gummi, welche auf der Anodenseite mittels Überwurfmutter *8*, auf der Kathodenseite mittels dreier Schraubzwingen *3* auf ihre Unterlagen gepreßt werden. Der Aluminiumkörper *4* trägt den Kathodenspiegel *5*. Neuerdings haben wir an Stelle von Aluminium vielfach Kathodenspiegel aus Elektrographit verwendet und damit sehr gute Erfahrungen hinsichtlich Betriebsdauer und Fleckschärfe gemacht.



1 Meßfunkenstrecke
2 Zuführungsspirale mit Stecker
3, 4 Silitstäbe
5, 6, 7 hängende Pertinaxrohre
8 Hochspannungs-Milliamperemeter

Abb. 4. Zuführung der Erregerspannung zum Metallentladungsrohr.

Das Anodenrohr *9* besitzt an dem der Kathode zugekehrten Ende eine Abrundung *2*; mit dem unteren Ende ist es in den Röhrenkörper *10* eingepaßt. In diesen ist die auswechselbare Anodenblende *11* eingeschraubt, deren Verschiebung mit der ganzen Röhre gegen den Ablenkraum durch den Planschliff *12* ermöglicht wird. Die Zentrierung des Anodenrohres gegen die Kathode bzw. Anodenblende ist hier durch genaues Einpassen aller Röhrenteile ineinander gesichert. Bei anderen Ausführungsformen wird sie durch Anbringung weiterer beweglicher Zwischenglieder (Planschliffe, Federkörper) erreicht. Die durch das Einlaßventil *13* einströmende Luft wird durch das Loch *14* neben der Anodenblende wieder abgesaugt[22]. Die Anodenverlustwärme wird durch eine am Gegenschliff zu *12* angebrachte Wasserkühlung abgeführt.

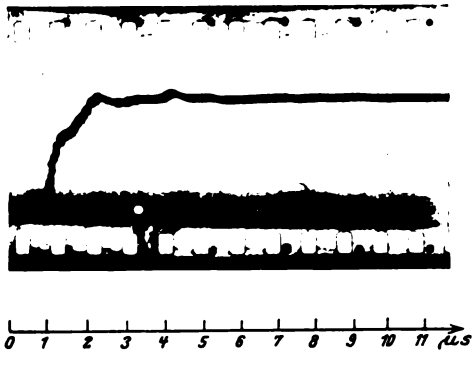


Abb. 5. Innenaufnahme. Auftreffen einer Wanderwelle auf eine Schaltstation bei Verwendung eines Überspannungsableiters. — Mit Graphitkathode nach 3 Wochen (insgesamt 100 Brennstunden) Registrierbetrieb aufgenommen. Abzisse in Millionstel-Sekunden.

Da die Glimmentladung lediglich innerhalb des Anodenrohres *9* besteht, kann der Niederschlag von Kathodenzerstäubungsprodukten keine schädlichen Wirkungen mehr ausüben. Aus demselben Grunde ist die Schirmung des Kathodenstrahls gegen elektrische oder nicht allzu starke magnetische Fremdfelder, die bei der Glasentladungsröhre nie vollständig zu erreichen war, eine vollkommene, ebenso der Schutz des Beobachters gegen Röntgenstrahlen. Die Strecke, welche die Elektronen in dem relativ dichten Gas (etwa 10^{-2} mm Hg) der Entladungsröhre zurücklegen müssen, ist kurz; sie kann im vorliegenden Fall bis auf 7 cm herabgesetzt werden.

Die Betriebsdaten der Röhre sind folgende: Spannung bei der normalen Ausführung beliebig einstellbar zwischen 40 und 80 kV, bei entsprechend verlängertem Isolierrohr bis 90 kV; Stromstärke dabei beliebig wählbar zwischen 0,3 und 2 mA, bei entsprechend bemessener Kühlung bis zu 5 mA. Zur bequemen Einstellung und Überwachung des Röhrenstromes empfiehlt sich wie bei Röntgenröhren der Einbau eines Hochspannungs-Milliamperemeters mit einer aus größerer Entfernung ablesbaren Skala (Abb. 4).

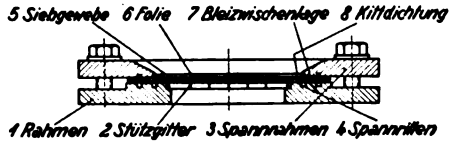


Abb. 6. Schnitt durch ein Elektronenfenster für Kathodenstrahloszillographen.

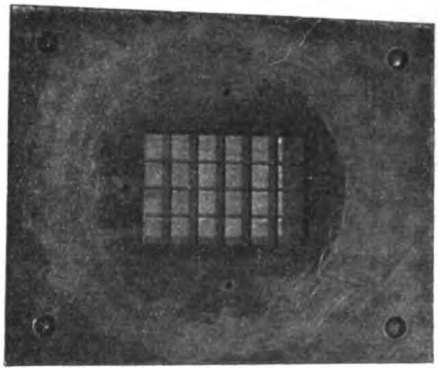


Abb. 7. Elektronenfenster für Kathodenstrahloszillographen, von der Vakuumseite her gesehen.

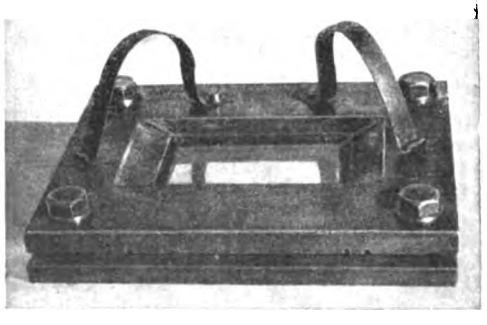


Abb. 8. Elektronenfenster für Kathodenstrahloszillographen, von der Außenseite her gesehen, mit Federn zum Anpressen der Platte.

5. Betriebserfahrungen mit der Metallentladungsröhre.

Die Metallentladungsröhre brennt bei den angegebenen Strömen und Spannungen sowohl bei kurzzeitigem Einschalten wie im Dauerbetrieb über viele Stunden vollkommen ruhig, gestattet also die bequeme Beherrschung sämtlicher beim Kathodenstrahloszillographen vorkommenden Betriebsverhältnisse. Infolge der wirksamen Luftspülung folgt der Röhrenstrom momentan jeder am Regulierventil vorgenommenen Einstellung und bleibt in dieser sehr lange stehen, so daß eine Nachregelung während des Betriebes meist nur in Abständen von mehreren Stunden und auch bei Registrieraufnahmen nur dann erforderlich ist, wenn die Geschwindigkeit des durch das Hochvakuum laufenden Filmstreifens plötzlich stark verändert wird. Daß bei stetig laufendem Filmtransport und ständig brennender Röhre das Regulierventil 4 ... 5 h lang nicht berührt zu werden braucht, ist selbst bei 80 kV Erregerspannung keine Seltenheit. Dabei halten sich stets die Ab-

[21] Nähere Beschreibung bei M. Knoll, Z. techn. Phys. Bd. 10, S. 294 (1929). Die für das Metallentladungsrohr neu eingeführten Gummidichtungen decken sich in ihren Abmessungen mit den dort beschriebenen Bleidichtungen. Sie bestehen aus weichem Paragummi (Querschnitt 1,5 × 10 mm²), sind auch bei vollständig glatten Dichtungsflächen noch gut hochvakuumdicht und werden bei uns zur Verbindung einzelner Teile des Laufrohrs, zum Anschluß der Diffusionspumpe usw. angewandt.

[22] Bis auf die Ventilnadel besteht dieses Lufteinlaßventil ganz aus Messing, falls nicht das Anodenrohr *9* bereits die magnetische Abschirmung übernimmt.

Digitized by Google

weichungen des Röhrenstromes vom Sollwert innerhalb ± 10 %. Hat man nur geringen Film- bzw. Plattenvorrat im Hochvakuum liegen, so sind die Regelverhältnisse noch günstiger.

Dieses gute Arbeiten der Metallentladungsröhre beschränkt auch die Notwendigkeit der Verwendung komplizierter Vorrichtungen zur selbsttätigen Konstanthaltung des Vakuums[23] auf diejenigen Fälle, wo der Kathodenstrahloszillograph ununterbrochen über mehrere Tage vollselbstätig ohne Aufsicht registrieren soll.

Ein Auswechseln des Kathodenspiegels ist im allgemeinen erst dann nötig, wenn infolge der Kathodenzerstäubung der Ausgangspunkt der Elektronen auf der Kathode zu einer kraterartigen Vertiefung geworden ist und dadurch die Strichstärke der Oszillogramme unzulässig groß wird. Daß die Strichstärke selbst nach einer Brenndauer von etwa 100 h auch bei kleinem Oszillogrammformat (Normalkinofilm) noch ausreicht, zeigt Abb. 5. Das Auswechseln der Kathode erfordert dank der leichten Zerlegbarkeit eine Betriebsunterbrechung von nur etwa 15 min. Die Lebensdauer der übrigen Röhrenteile ist praktisch unbegrenzt[24].

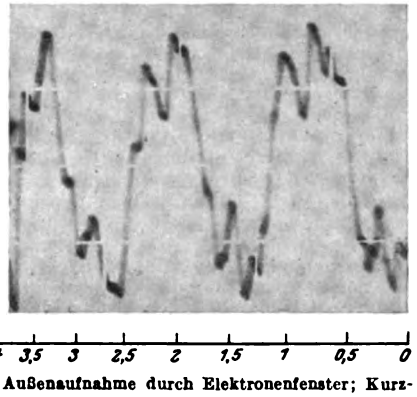


Abb. 9. Außenaufnahme durch Elektronenfenster; Kurzschluß-Wanderwelle auf 98 m Freileitung; maximale Schreibgeschwindigkeit 220 km/s; Abszisse in Millionstel-Sekunden. Agfa-Röntgenplatte.

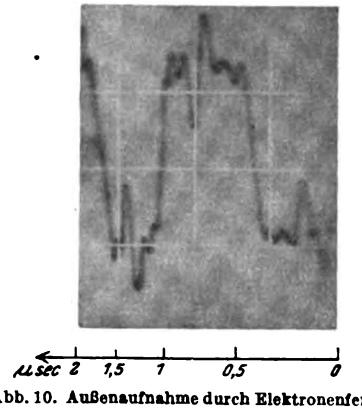


Abb. 10. Außenaufnahme durch Elektronenfenster; Kurzschluß-Wanderwelle auf '98 m Freileitung; maximale Schreibgeschwindigkeit 220 km/s; Abszisse in Millionstel-Sekunden. Originalaufnahme auf Registrierpapier für Schleifenoszillographen.

Daß das Metallentladungsrohr überall dort, wo mit dem Kathodenstrahloszillographen registriert werden soll, hervorragend gute Dienste leistet, ergibt sich aus seinen Eigenschaften. Wie schon oben angedeutet, bringt seine Verwendung wegen des Wegfalls der Vorkonzentrierungsspule noch einen weiteren wichtigen Vorteil mit sich: die Verkürzung der Gesamtlänge des Kathodenstrahloszillographen. So besaß z. B. der Reiseoszillograph, mit welchem die Oszillogramme Abb. 9 ... 12 geschrieben wurden, von der Spitze des Entladungsrohres bis zu der (außenliegenden) photographischen Schicht eine Gesamtlänge von 113 cm bei normaler Ablenkempfindlichkeit (0,1 mm/V bei 75 kV Erregerspannung).

Über die ohne Benutzung einer Vorkonzentrierspule erzielbaren hohen Schreibgeschwindigkeiten wird im nächsten Abschnitt berichtet.

6. Fortschritte der Innen- und Außenphotographie.

Das Photographieren im Hochvakuum, welches früher große experimentelle Schwierigkeiten bot, ist in den letzten Jahren gerade durch den Kathodenstrahloszillographen zu einer vollkommen sicheren Technik entwickelt worden. Als Beispiel der inzwischen erreichten Betriebssicherheit mag angeführt werden, daß ein mit Metallentladungsrohr ausgerüsteter Kathodenstrahloszillograph in einer Gewitterbeobachtungstation der Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen auf dem Monte Generoso bei Lugano den ganzen Sommer 1929 ohne jede Vakuumstörung gearbeitet und dabei während eines sehr langen Gewitters auf einem einzigen etwa 100 m langen Filmstreifen mehr als 1000 Feldänderungen selbsttätig registriert hat. Bei diesem Kathodenstrahloszillographen befand sich ein Filmvorrat von 150 m Kinofilm im Hochvakuum und der Filmstreifen[25] wurde durch ein Quecksilberrohr in die Außenluft befördert[26]. Neuerdings ist nach dem Barometerprinzip ein transportabler Oszillograph gebaut worden, bei welchem kontinuierlich Filmstreifen beliebiger Länge von außen in das Hochvakuum herein und nach Belichtung wieder herausgezogen werden können und dieses also zwecks Neueinführung von photographischem Material überhaupt nicht mehr unterbrochen zu werden braucht. Ein Kathodenstrahloszillograph dieser Konstruktion hat sich bereits seit Anfang 1930 beim Registrierbetrieb in Überlandnetzen aufs beste bewährt. Er läßt sich zu jeder gewünschten Zeit auf eine praktisch beliebige Zahl von Stunden in Betrieb nehmen; die lichtdichten Filmkassetten[27] können mit wenigen Handgriffen eingesetzt bzw. zum Entwickeln abgenommen werden, alles ebenso wie das Oszillographieren selbst bei hellem Tageslicht.

Nach dem heutigen Stand der Technik läßt demnach auch die vor einiger Zeit zur Umgehung der Schwierigkeiten der Hochvakuumphotographie ausgeführte[28] bzw. vorgeschlagene[29] Photographie vom Vorvakuum aus den dafür nötigen Aufwand nicht mehr gerechtfertigt erscheinen. Nimmt man schon die Unbequemlichkeit auf sich, den Film oder die Platte überhaupt ins Vakuum zu bringen, so kann man sie heute mit demselben Aufwand von Mitteln auch gleich ins Hochvakuum bringen, erreicht damit die photographischen Vorteile der Innenaufnahme und spart das umständliche Fenster zwischen Vor- und Hauptvakuum.

Anders verhält es sich mit der Außenphotographie. Von dieser ist nicht nur eine bedeutende Herabsetzung von Umfang, Gewicht und Herstellungskosten des Kathodenstrahloszillographen zu erwarten, sondern auch eine noch weitergehende Vereinfachung der Aufnahmetechnik.

1928 konnte von uns gezeigt werden[30], daß die Außenaufnahme beim Kathodenstrahloszillographen durch ein dünnes elektronendurchlässiges Fenster (Lenard-Fenster) hindurch möglich ist. Die mit verbesserten Mitteln fortgesetzten Versuche hatten später[31] ergeben, daß die auf diese Weise erreichbare Schreibgeschwindigkeit für fast alle praktisch an den Kathodenstrahloszillographen gestellten Aufgaben, insbesondere Wanderwellenuntersuchungen in Leitungsnetzen, genügt. Im folgenden soll über weitere Erfolge auf diesem Wege berichtet werden, welche den Beweis erbracht haben, daß die Niederschrift auch der schnellsten Vorgänge bei Außenaufnahme durch Elektronenfenster möglich ist.

7. Konstruktion des Elektronenfensters für Außenaufnahmen.

Das von uns benutzte Elektronenfenster zeigt Abb. 6 im Schnitt, Abb. 7 und 8 in der Ansicht von der Vakuum- bzw. von der Außenseite her. In einem Eisenrahmen *1* ist das Stützgitter *2* gelagert, dessen Stäbe aus federhartem hochkant gestellten Bandstahl von 0,3 · 4 mm² Querschnitt bestehen. Quer- und Längsträger sind an den Kreuzungsstellen eingesägt und dann ineinander geschoben. Am Rande sind sie mit einem Messingband verlötet, so daß ein in sich festes Traggerüst entsteht, das aus dem Rahmen herausgenommen werden kann. Die nutzbare Fläche des Fensters beträgt 4 × 6 cm², der Abstand der einzelnen Träger voneinander 1 cm. Über das Gitter ist mit Hilfe des Spannrahmens *3* und der Rillen *4* ein Netz[32] gespannt (Siebgewebe Nr. 100 nach DIN 1171), das bei einer Drahtstärke von 0,04 mm eine lichte Maschenweite von 0,06 mm besitzt. Als elektronendurchlässige Folie wurde hier Zellon von 0,016 mm Dicke benutzt, das bei den auch für Innenaufnahmen schneller Vorgänge mit kalter Kathode üblichen Erregerspannungen (65 ... 75 kV) bereits 50 ... 60 % aller auftreffenden Elektronen mit nahezu unverminderter Geschwindigkeit durchtreten läßt.

---

[23] Wie Fußnote 14 a.

[24] Sämtliche angeführten Eigenschaften lassen das beschriebene Metallentladungsrohr auch als Röntgenröhre gut geeignet erscheinen; Untersuchungen hierüber sind im Gange.

[25] Bei Vergleich verschiedener Filmsorten stellten wir fest, daß normaler Agfa-Kinopositivfilm wegen seiner Schleierfreiheit, seines feinen Kornes und seiner günstigen mechanischen Eigenschaften für diese Aufnahmemethode besonders geeignet ist.

[26] Die Verwendung eines Barometerrohres für diesen Zweck ist erstmalig von P. Hochhäusler u. H. Schwenkhagen angegeben worden. Vgl. ETZ 1929, S. 860.

[27] Handelsübliche Ausführung für Kinofilm.

[28] W. Rogowski, E. Sommerfeld u. E. Wolman, Arch. El. Bd. 20, S. 619 (1928), DRP. angem. R 73 570, 21 e 11.

[29] Von A. Matthias; s. M. Knoll, Z. techn. Phys. Bd. 10, S. 29 (1929).

[30] M. Knoll, wie Fußnote 29.

[31] M. Knoll u. B. v. Borries, Z. techn. Phys. Bd. 11, S. 111 (1930).

[32] Die Firma Tonindustrie-Laboratorium, Seeger & Kramer, Berlin, stellte Siebgewebe zu den Versuchen dankenswerterweise zur Verfügung.

Digitized by Google

Die Dichtung gegen das Netz und gleichzeitig gegen den Rahmen *1* geschieht durch Wachs-Kolophonium-Kitt.

Dieses Elektronenfenster hat sich als außerordentlich betriebsicher erwiesen. Durch eine Folie haben wir in derselben Kittung bis zum Abschluß der Versuche über 200 Aufnahmen gemacht, ohne daß dabei ein Loch in der Folie oder ein Undichtwerden der Kittung aufgetreten wäre. Beim Photographieren wurde die lichtempfindliche Schicht von außen ohne besondere Vorsicht gegen die Folie gedrückt. Die Herstellung größerer Fenster bietet keine besonderen Schwierigkeiten. Zur Zeit ist ein Oszillograph für Außenaufnahmen mit einem $9 \times 12\,cm^2$ großen Elektronenfenster im Bau.

Bei der Aufnahme der wiedergegebenen Oszillogramme war das Fenster an der Unterseite eines Reiseoszillographen der Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen befestigt. Dicht über dem Traggerüst befand sich im Ablenkraum zur bequemen Beobachtung der Oszillogramme vor der Aufnahme ein Leuchtschirm.

8. Außenphotographie bei sehr hohen Schreibgeschwindigkeiten; Oszillogramme.

Abb. 9 und 10 geben eine Kurzschluß-Wanderwelle auf der 84 m (mit Zuleitungen 98 m) langen Wanderwellenleitung des Hochspannungslaboratoriums wieder; die Aufnahme wurde ebenso wie die folgenden bei einer Erregerspannung von 75 kV und mit einer Entladerohr-Stromstärke von 1,4 mA geschrieben. Der Schatten des Stützgitters ist als feines, quadratisches Netz zu erkennen, dessen Seitenlänge absichtlich zu 1 cm gewählt wurde, um die Ausmessung der Oszillogramme zu erleichtern.

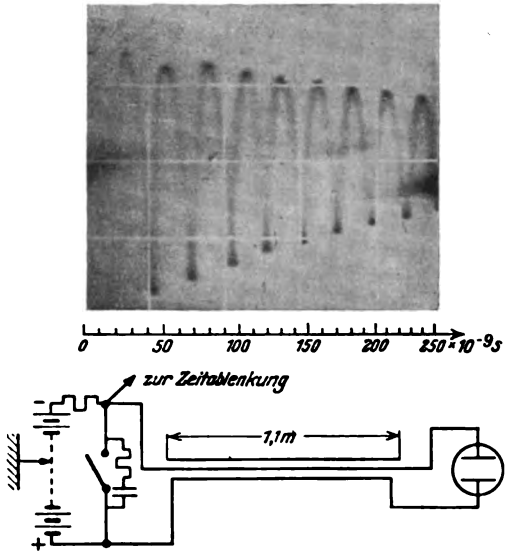


Abb. 11. Außenaufnahme durch Elektronenfenster; Kurzschluß-Wanderwelle auf 1,1 m langem Luftkabel; maximale Schreibgeschwindigkeit 4800 km/s; Abszisse in Milliardstel-Sekunden. Agfa-Röntgenplatte.

Abb. 10 zeigt ein Originaloszillogramm, das durch das Elektronenfenster unmittelbar auf handelsübliches hochempfindliches Oszillographen-Registrierpapier geschrieben wurde. Daß es für viele Zwecke große Vorteile bietet, an Stelle von Platten oder Filmen Registrierpapier zu verwenden, liegt auf der Hand, zumal geeignetes Papier in der Empfindlichkeit den besten Platten nahekommt. Es ist anzunehmen, daß die Einführung des Registrierpapieres für die weitere Entwicklung und Verwendungsmöglichkeit des Kathodenstrahloszillographen von großer Bedeutung werden wird[33].

Die Schreibgeschwindigkeit von 220 km/s in den Oszillogrammen 9 und 10 reicht bereits für die an den Kathodenstrahloszillographen in der Praxis gewöhnlich gestellten Aufgaben aus, obwohl dabei das Metallentladungsrohr noch nicht auf große Intensität eingestellt war. Bei voller Ausnutzung unseres Rohres hofften wir, auch die im allgemeinen nur im Laboratorium benötigten extremen Schreibgeschwindigkeiten noch mit der Außenaufnahme zu erfassen. Wir blieben bei Wanderwellenuntersuchungen, gingen aber zu immer kürzeren Laufwegen über. Auf diese Weise blieb zum Schluß nur noch die direkte Leitung vom Kurzschlußschalter zu den Ablenkplatten übrig, welche aus einem 1,4 m langen Stück Antennenlitze (1 mm² Querschnitt) bestand, das von einem 1,1 m langen Kupferrohr (30 mm Durchmesser, 1 mm Wandstärke) als Rückleitung konzentrisch umgeben war. Das erhaltene Oszillogramm mit der zugehörigen Schaltung zeigt Abb. 11[34].

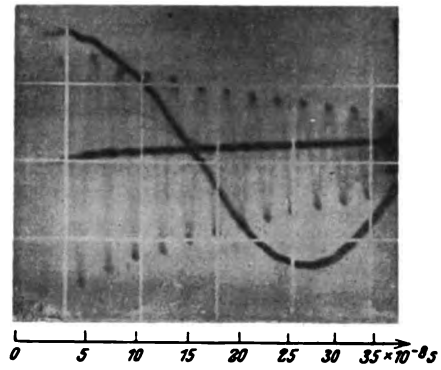


Abb. 12. Außenaufnahme durch Elektronenfenster; Kurzschluß-Wanderwelle auf 1,1 m langem Luftkabel; Wellenlänge der Eichschwingung 150 m; Abszisse in 10^{-9} s. Agfa-Röntgenplatte.

Diesen Leitungslängen würde mit den Zuleitungen zum Rohr etwa eine Wellenlänge der entstehenden Wanderwellenschwingung von 5,5 m entsprechen. Zur Sicherheit eichten wir jedoch mehrmals unseren Zeitmaßstab mit der Schwingung eines Röhrensenders, dessen Wellenlänge bei angeschalteten Vorgangsablenkplatten mit Hilfe eines Wellenmessers genau auf 150 m eingestellt war[35]. Eine dieser Eichaufnahmen zeigt Abb. 12. Stets ergab sich das Verhältnis 1 : 19, woraus sich die Wellenlänge unserer Wanderwellenschwingung zu 7,9 m und die Frequenz zu $3{,}8 \times 10^7$ Hz berechnet[36]. Für die Schreibgeschwindigkeit ergibt die Ausmessung im zweiten und dritten Anstieg den Wert von 4800 km/s. Damit zeigt die Abb. 11 die bei weitem schnellste bisher mit Kathodenstrahloszillographen erreichte Außenaufnahme[37]. Vergleichende Innenaufnahmen mit derselben Strahlintensität waren bei Abfassung dieser Arbeit noch im Gange.

Mit dieser Schreibgeschwindigkeit lassen sich elektrische Vorgänge oszillographieren, die bei einem Anstieg von 45° einen Zeitmaßstab von 3,5 mm für die Milliardstel-Sekunde aufweisen. Durch die Verkürzung der Baulänge und die Beherrschung von Dauerbetrieb und Außenaufnahme ist der Kathodenstrahloszillograph zu einem handlichen, an Einfachheit dem Schleifenoszillographen vergleichbaren Instrument geworden, das, wie wir zeigen konnten, auch in dieser Form die Verfolgung elektrischer Vorgänge von technischen bis zu den extremsten Frequenzen gestattet.

Zum Schlusse danken wir der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft sowie der Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen, deren finanzielle Hilfe uns die Durchführung unserer Arbeiten ermöglicht hat, ferner besonders Herrn Prof. Matthias, dem Vorstand des Hochspannungslaboratoriums, für viele Anregungen und dauernde tatkräftige Unterstützung. Herr Dipl.-Ing. Baatz hat uns bei der Erprobung der Metallentladungsröhre im praktischen Betrieb wertvolle Hilfe geleistet. Ferner haben uns die Herren Dipl.-Ing. Freundlich und Dipl.-Ing. Lubszynski vielfach und mit großer Ausdauer beim Experimentieren geholfen. Ihnen allen sei auch an dieser Stelle bestens gedankt.

[33] In Kürze werden wir an anderer Stelle hierüber eingehender berichten.

[34] Eine weitere Verkürzung des „Luftkabels" auf 0,6 m brachte keine höhere Schreibgeschwindigkeit, da durch die Dämpfung die Amplituden bereits auf wesentlich kleinere Werte abgeklungen waren. Aufgelöst konnte der Vorgang noch gut werden.

[35] Identisch hinsichtlich des Zeitmaßstabes sind 2 übereinander geschriebene Oszillogramme deshalb, weil die Konstanz der Erregerspannung am ruhig brennenden Metallentladungsrohr durch das Hochspannungs-Milliamperemeter dauernd kontrolliert werden konnte und außerdem die elektrischen Größen des Zeitablenkkreises sorgfältig konstant gehalten wurden.

[36] Die Vergrößerung der Wellenlänge ist auf die am Ende der Leitung angeschlossene konzentrierte Kapazität der Ablenkplatten (etwa 10 $\mu\mu$F) zurückzuführen.

[37] Anmerkung bei der Korrektur: Bis vor kurzem erschien unsere Abb. 11 als das schnellste überhaupt geschriebene Oszillogramm. Rogowski und Flegler hatten zwar bereits anläßlich ihrer ersten Wanderwellenaufnahmen (Arch. El. Bd. 14, S. 329 [1925]) von gelegentlich erreichten Schreibgeschwindigkeiten bis zu 10000 km/s berichtet. Aus den damals und später von diesen beiden Autoren in ihren Arbeiten wiederdegebenen Aufnahmen haben wir jedoch nur wesentlich geringere Schreibgeschwindigkeiten entnehmen können. — Während der Drucklegung der vorliegenden Arbeit ist nunmehr ein Aufsatz von W. Krug aus dem Institut für Elektromaschinenbau und elektrische Anlagen der Technischen Hochschule Dresden erschienen (Z. techn. Phys. Bd. 11, S. 153 [1930]). Die darin veröffentlichten Innenaufnahmen weisen Schreibgeschwindigkeiten bis zu 20000 km/s auf.

Digitized by Google

Die elektrische Gasreinigung und ihre Anwendung in den wichtigsten Industriezweigen.

Von Dipl.-Ing. R. Heinrich, Berlin.

Übersicht. Staubverluste und Staubbelästigung in der Industrie. Abhilfe durch Elektrofilter. Geschichtliches. Prinzipieller Aufbau der Elektrofilter und Wirkungsweise. Verschiedenes Verhalten verschiedener Staubarten. Elektrofilter in Metallhütten, in der chemischen Industrie, in Hochofenbetrieben, in der Zementindustrie, in der Braun- und Steinkohlenindustrie, in Kraftwerken für Rauchgasentstaubung, zur Generatorgas-Entteerung und -Entölung, zur Entstaubung der Abgase von Salz-, Mineralien-, Erdentrockner usw., in der Textilindustrie.

Fast in jedem Industriezweig entstehen bei der Materialverarbeitung erhebliche Verluste oder Belästigungen durch Verstaubung. Mit der fortschreitenden Entwicklung der Technik hat man erkannt, welche bedeutenden Werte durch die Staubentwicklung verlorengehen können und welche Verminderung der Arbeitskraft und Schädigung der Gesundheit durch den Aufenthalt in staubiger Luft hervorgerufen werden. Aus diesem Grunde wird immer mehr Wert auf eine gründliche Entstaubung der Betriebe gelegt, und es ist zu hoffen, daß in nicht allzu ferner Zeit die rauchenden Schlote der Industriezentren der Vergangenheit angehören werden.

Unter den verschiedenen bekannten Vorrichtungen zur Reinigung von Nutz- und Abfallgasen aller Art und zur Behebung der Staubplage haben in den letzten Jahren die elektrischen Gasreinigungsanlagen besonderes Interesse gefunden. Die Elektrofilter zeichnen sich durch besondere Einfachheit, höchste Wirksamkeit, kleinen Energieverbrauch, unwesentlichen Verschleiß und äußerst geringe Betriebsunkosten aus.

Mit Hilfe der Elektrofilter können alle in den verschiedensten Industrien vorkommenden Schwebeteile, wie Staub oder Nebel, praktisch vollkommen durch die Wirkung des elektrischen Feldes ausgeschieden werden. Die Staubabscheidung ist bis zu Temperaturen von etwa 400 bis 500 °, also beginnender Rotglut, in vielen Fällen möglich. Der abgeschiedene Staub fällt meistens trocken an und kann dann ohne besondere Trocknung sofort wieder in den Fabrikationsgang gegeben oder ohne unangenehme Schlammbelästigung beseitigt werden. Da die Filterwirkung nur durch ein körperloses elektrisches Feld ausgeübt wird, das den durchströmenden Gasen keinen Widerstand bietet, verursachen die Elektrofilter im Gegensatz zu den Tuch- oder Sackfiltern nur ganz geringe Strömungsverluste, die sich auf etwa 2 ... 8 mm WS je nach der Bauart der Anlage belaufen.

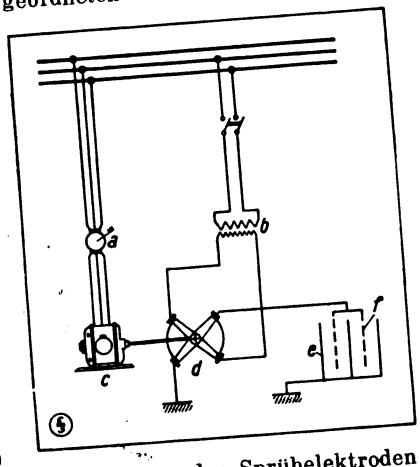
Das Prinzip der elektrischen Ausscheidung von Schwebeteilchen aus Luft oder sonstigen Gasen[1] ist an sich schon seit mehr als 100 Jahren durch die Beobachtungen des Mathematikers Hohlfeld in Leipzig bekannt. Die Beobachtungen Hohlfelds wurden s. Z. aber nicht weiterverfolgt und ausgewertet, da damals noch kaum ein praktisches Interesse für die Anwendung vorlag. Erst die neuzeitliche Entwicklung der Technik mit ihren zahlreichen Staubquellen hat das Bedürfnis nach einer hochwertigen Entstaubung geschaffen, und erst die Erfolge der Hochspannungstechnik in den letzten 15 Jahren haben den Bau der für den praktischen Betrieb der Elektrofilter benötigten Hochspannungseinrichtungen möglich gemacht.

Prinzipiell besteht ein Elektrofilter aus zwei Arten von Elektroden, die mit einer Gleichstrom-Hochspannungsquelle von etwa 50 000 V verbunden sind und vielfach direkt in die Gaskanäle eingebaut werden können. Man unterscheidet die Niederschlagselektroden, die aus glatten oder gewellten Eisenblechen, Betonplatten, Rohren oder engmaschigen Drahtnetzen hergestellt werden, und die Ausströmer- oder Sprühelektroden, die aus schmalen, dünnen Blechstreifen, Ketten, glatten Drähten oder weitmaschigen Draht- oder Streckmetallnetzen, die in Rohrrahmen eingespannt sind, bestehen.

Beide Elektrodenarten sind in wechselnder Reihenfolge in etwa 10 ... 15 cm Abstand voneinander in der Filterkammer parallel zum Gasstrom angeordnet. Die Niederschlagselektroden sind mit dem positiven Pol der Hochspannungsquelle verbunden und ebenso wie dieser geerdet. Die Sprühelektroden dagegen sind isoliert mitten zwischen den Niederschlagselektroden aufgehängt und an den negativen Pol der Hochspannungsquelle angeschlossen.

[1] S. a. ETZ 1927, S. 1771.

Legt man eine Spannung von etwa 40 000 ... 50 000 V an die Sprühelektroden, so fangen diese stark zu sprühen an und strahlen unter Koronaerscheinung Elektrizität aus. Die unter der Wirkung der hohen Spannung aus den Sprühelektroden austretenden Elektronen ionisieren das umgebende Gas, das seine Ladung wieder an die Schwebeteilchen abgibt. Diese wandern nun unter der Einwirkung des starken elektrischen Feldes, das sich zwischen den Sprüh- und Niederschlagselektroden spannt, mit großer Geschwindigkeit zu den geerdeten Niederschlagselektroden. Dort bleiben sie zunächst infolge ihrer Ladung haften und fallen schließlich, wenn die Schichtstärke groß genug geworden ist, von selbst oder durch die Wirkung einer Klopfvorrichtung in den unter den Elektroden angeordneten Sammelbunker.



a Anlaßschalter
b Transformator
c Synchronmotor
d Gleichrichter
e Niederschlagselektroden
f Sprühelektroden

Abb. 1. Schaltung einer Elektrofilteranlage.

Auch an den Sprühelektroden setzt sich oft etwas Staub an, der ebenfalls durch eine meist mechanisch betriebene Schüttelvorrichtung entfernt werden muß, da sich andernfalls die Wirksamkeit der Sprühelektroden durch den Staubansatz bald vermindern würde.

Je nach der Strömungsrichtung der Gase unterscheidet man Horizontal- oder Vertikalfilter.

Bei der Reinigung sehr heißer Gase von etwa 400 bis 500 ° gibt man meist der Vertikalanordnung den Vorzug, da sich hier eine gleichmäßigere Verteilung der heißen Gase auf den Filterquerschnitt ermöglichen läßt.

Die Gasgeschwindigkeit zwischen den Elektroden bewegt sich je nach dem erforderlichen Reinheitsgrad und der Eigenart des betreffenden Staubes in der Größenordnung von etwa 0,5 ... 4 m/s. Der Energieverbrauch für die Reinigung von 1000 m³ Gas schwankt dabei in den Grenzen von etwa 0,5 ... 0,05 kWh und kann im Mittel für die meisten Fälle zu etwa 0,1 ... 0,2 kWh angenommen werden. So benötigt z. B. eine Elektrofilteranlage zur praktisch vollkommenen Reinigung von 40 000 m³/h 80 ° heißer Metallhütten-Abgase nur etwa 8 kW.

Bei Anwendung eines Naßfilters würde sich der entsprechende Leistungsbedarf auf etwa 200 kW belaufen, während eine Sackfilteranlage, die aber wegen der stark sauren Eigenschaften der Metallhüttengase in diesem Falle nicht in Frage kommt, etwa 50 ... 70 kW erfordern würde.

Der für den Betrieb der Elektrofilteranlagen benötigte hochgespannte Gleichstrom wird heute meistens in der Weise erzeugt, daß man den normalen Netzwechselstrom von 220, 380 oder 500 V durch einen Hochspannungstransformator auf etwa 40 000 ... 70 000 V hinauftransformiert und diesen hochgespannten Wechselstrom dann mit einem mechanischen Gleichrichter in Gleichstrom umformt.

Die Wirkungsweise des Gleichrichters[2] ist aus dem Prinzipschaltbild Abb. 1 zu erkennen. Der Gleichrichter selbst besteht aus einem Synchronmotor, auf dessen Achse ein vierarmiges Kreuz oder eine runde Scheibe aus Isoliermaterial angebracht ist. An den Enden der vier Arme oder auf dem Umfang der Scheibe befinden sich Kontaktstücke, von denen je zwei aufeinanderfolgende elektrisch leitend verbunden sind. Die Kontaktstücke bewegen sich in etwa 2 ... 3 mm Entfernung synchron, entsprechend der Frequenz des Netzwechselstromes, schnell an feststehenden

[2] S. a. ETZ 1915, S. 461.

Digitized by Google

Kontaktsegmenten vorbei. Diese werden durch Isolatoren, die am Motorgehäuse befestigt sind, gehalten. Zwei gegenüberliegende feststehende Kontaktsegmente sind mit den Polen des Hochspannungstransformators verbunden, während das dritte an die Erdleitung gelegt wird. Vom vierten Segment führt die Hochspannungsleitung zum Elektrofilter.

Durch die mit der Frequenz des Netzwechselstromes gleichschnell umlaufenden Kontakte wird nun eine Umschaltung der einzelnen Wechselstromwellen in der Weise vorgenommen, daß nur immer gleichpolige Stromstöße der Filterleitung zugeführt werden. Das Filter wird also durch den Gleichrichter mit hochgespanntem pulsierenden Gleichstrom gespeist. Der kleine Luftspalt zwischen den festen und den umlaufenden Kontakten stört den Stromübergang nicht, da die hohe Spannung diesen Zwischenraum ohne weiteres durchschlägt. Man kann hierbei den Stromübergang an den Kontakten in Form zahlreicher kleiner Funken beobachten.

Den Aufbau eines derartigen mechanischen Gleichrichters zeigt Abb 2.

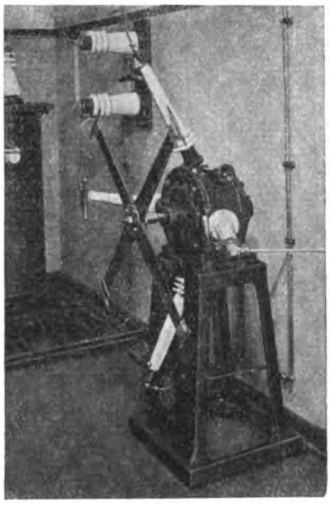


Abb. 2. Mechanischer Gleichrichter.

Die Spannung des Filterstromes wird nach den Bedürfnissen des Betriebes durch einen auf der Niederspannungseite des Transformators eingebauten Stufentransformator oder Regelwiderstand so hoch wie möglich eingestellt. Je höher die Spannung gehalten wird, um so besser ist die Wirkung des Filters. Die Höhe der Spannung ist dadurch begrenzt, daß schließlich Überschläge zwischen den Elektroden eintreten, die dann die Reinigungswirkung beeinträchtigen, da im Augenblick des Überschlages das elektrische Feld zwischen den Elektroden verschwindet.

An sich sind die Überschläge völlig unschädlich, da mit ganz geringen Stromstärken gearbeitet wird, die bei einem Gleichrichtersatz meist nur zwischen etwa 5 und 200 mA schwanken, und die möglichen Kurzschlußströme diese Werte nur wenig überschreiten können.

Die Ausbildung von Lichtbogen wird schon durch den mechanischen Gleichrichter, der in diesem Falle als Unterbrecher wirkt, erschwert. Außerdem wirkt die primäre Spannungsregelvorrichtung selbsttätig löschend auf die Funkenübergänge. Bei steigender Stromstärke wird nämlich durch die in der Regelapparatur eingebauten ohmschen und induktiven Widerstände die Spannung selbsttätig soweit herabgesetzt, daß der Funke erlischt.

Der Aufbau eines Elektrofilters und die elektrische Apparatur sind an sich also recht einfach. Trotzdem bereitete die Entwicklung betriebsfähiger Anlagen zunächst erhebliche Schwierigkeiten. Jede Staubart besitzt nämlich ihre besonderen Eigenschaften, wie z. B. starke oder schwache elektrische Leitfähigkeit, grobe, feinkörnige oder filzartige Struktur, starke Back- oder Klebefähigkeit, Neigung zur Bildung leichter Flocken usw. Außerdem spielt die Zusammensetzung der zu entstaubenden Gase, wie z. B. ihr Gehalt an Feuchtigkeit, schwefliger Säure, Kohlensäure, Wasserstoff usw., eine bedeutende Rolle.

Durch theoretische Überlegungen allein war es wegen Verschiedenheit der jeweiligen Verhältnisse nicht möglich, zum Ziel zu kommen. Für fast jedes Gebiet mußte daher erst die günstigste Anordnung der Elektrofilteranlage in bezug auf Elektrodenform und Material, Elektrodenabstand und Gasgeschwindigkeit, Sicherung der Isolation und Ausbildung der Elektroden-Abreinigungsvorrichtungen durch Versuche festgestellt werden. Diese Entwicklungsarbeiten sind naturgemäß nur unter Aufwendung hoher Versuchskosten möglich gewesen.

In Amerika wurde etwa um 1908 mit diesen Arbeiten begonnen, die dann zum Bau mehrerer Großanlagen führten. In Deutschland haben sich die elektrischen Gasreinigungsanlagen in wesentlichem Umfang erst nach dem Kriege einführen können, da eine Durchführung der Entwicklungsarbeiten während des Krieges sehr erschwert war. Die Einführung ist dann aber auch in ständig zunehmender Steigerung vor sich gegangen. Es gibt heute wohl keine Industrie, in der beim Auftreten von Staub oder Nebel enthaltenden Gasen das Elektrofilter nicht mit

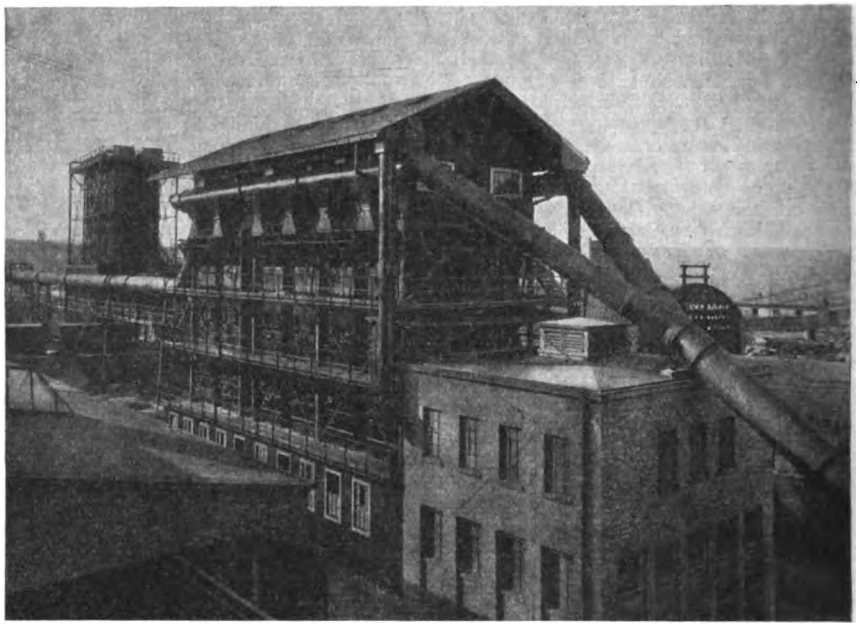


Abb. 3. Elektrofilteranlage zur Reinigung von Konverterabgasen einer Kupferhütte.

Vorteil Verwendung finden könnte. In Deutschland allein befinden sich viele hunderte derartiger Anlagen bis zu den größten Leistungen im einwandfreien Betrieb. So wurden z. B. Elektrofilter bis zu einer Einzelleistung von 250 m³/s oder 900 000 m³/h gebaut.

I. Metallhüttenindustrie.

Besondere Vorteile bietet die elektrische Gasreinigung z. B. in der Metallhüttenindustrie[1]. Die hier auftretenden Staube und Rauche ließen sich früher infolge ihrer außerordentlichen Feinheit nur sehr schwer niederschlagen. Dies ist verständlich, wenn man bedenkt, daß der Teilchendurchmesser des Zinkoxydrauches z. B. nur etwa 0,0005 ... 0,002 mm beträgt und 1 cm³ eines solchen Hüttenrauches etwa 1 ... 10 Mrd derart kleiner Schwebeteilchen enthält.

Eine Vorstellung über die Feinheit dieser Rauche enthält man, wenn man bedenkt, daß die Sichtbarkeitsgrenze unserer besten Mikroskope bei etwa 0,002 mm liegt und daß die Wellenlänge des Tageslichtes zwischen etwa 0,0004 und 0,0008 mm schwankt. Um diese Hüttenrauche zur Abscheidung zu bringen, hat man früher Staubkanäle von oft mehreren Kilometer Länge gebaut. Trotzdem war die Wirkung dieser Entstaubungsvorrichtung unvollkommen.

Mit Hilfe der Elektrofilter ist es jedoch möglich, diese Rauche vollständig abzuscheiden. Je nach dem Wert des abgeschiedenen Staubes bemißt man die Anlagen so groß, daß etwa 95 ... 98 oder 99 % des Staubes niedergeschlagen werden. Wenn es sich lediglich um die Wiedergewinnung des wertvollen Zink-, Blei- oder sonstigen Metallstaubes handelt und auf die absolute Reinheit des Gases kein besonderer Wert gelegt wird, lohnt sich die Erreichung noch höherer Reinheitsgrade nicht, da die zusätzlichen Anlagekosten in keinem Verhältnis zum Wert des wiedergewonnenen Staubes stehen würden.

[1] S. a. ETZ 1929, S. 63: Elektrofilter in Rußland.

Digitized by Google

Eine derartige Elektrofilteranlage zur Entstaubung der Konverterabgase einer Kupferhütte zeigt Abb. 3. Diese Anlage ist zur Entstaubung von rd 40 000 m³/h Konverterabgasen vorgesehen, wobei im Betriebe starke Schwankungen in der Gasmenge auftreten. In den Konvertern wird Kupferstein durch Verblasen mit Luft raffiniert. Die entweichenden Abgase enthalten 6 ... 10 g/m³ wertvollen Staub, der hauptsächlich aus Zink- und Bleiverbindungen besteht. Außerdem sind in dem Staub noch geringere Mengen Silber, Arsen und Selen enthalten.

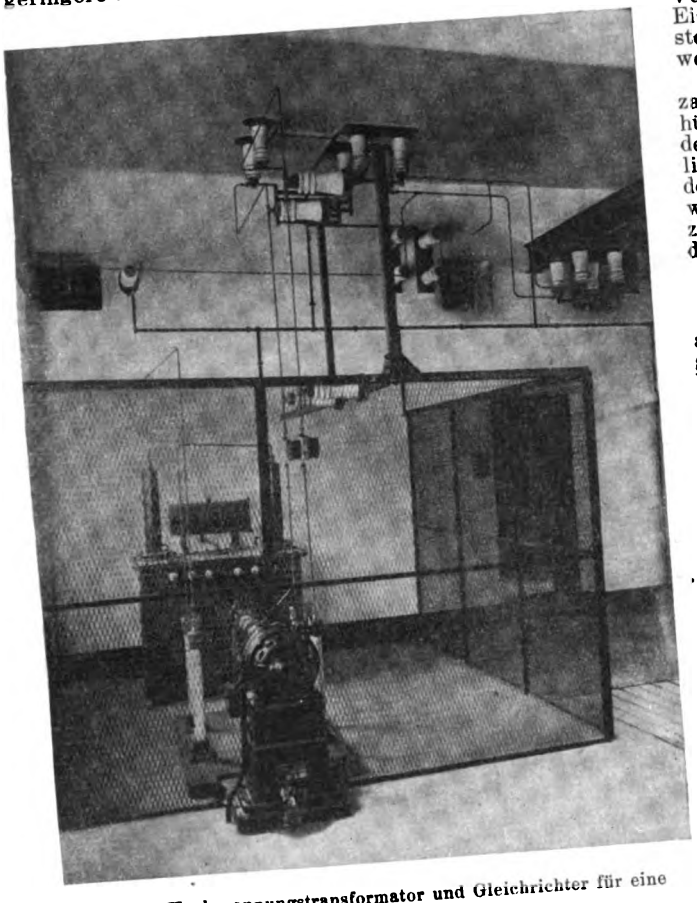


Abb. 4. Hochspannungstransformator und Gleichrichter für eine Elektrofilteranlage.

Diese Schwebeteile werden durch das Elektrofilter bis auf einen geringen Reststaubgehalt von etwa 0,015 bis 0,03 g/m³ im Reingas, also mit einem Wirkungsgrad von über 99 %, ausgeschieden. Der Energiebedarf der Anlage beträgt hierbei etwa 8 ... 10 kWh, d. h. also etwa 0,2 bis 0,25 kWh auf 1000 m³. Bei einer Naßreinigung müßte man, wenn sie in diesem Falle überhaupt angewendet werden könnte, etwa mit 5 kWh auf 1000 m³ rechnen und bei einer Sackfilteranlage mit etwa 1,25 ... 1,7 kWh. Der hohe Reinheitsgrad ist bei dieser Anlage erforderlich, da die Abgase hinter dem Elektrofilter in eine Schwefelsäurefabrik geleitet werden, in der der Gehalt der Gase von 4 ... 10 % schwefliger Säure auf Schwefelsäure verarbeitet wird. Bei ungenügender Reinigung der Gase würden die Einrichtungen der Schwefelsäurefabrik bald verschmutzen und betriebsunfähig werden. Die elektrische Hochspannungserzeugungsanlage für dieses Elektrofilter zeigt Abb. 4, auf der man im Vordergrund links den mechanischen Gleichrichter, im Hintergrund den Hochspannungstransformator und oben an der Decke die verschiedenen Leitungen und Schalter zur Verteilung des hochgespannten Gleichstroms sieht.

Infolge des hohen Wertes der metallhaltigen Hüttenstaube machen sich die Elektrofilteranlagen in kurzer Zeit bezahlt, da sich die Staub- und Rauchverluste in der Metallhüttenindustrie in der Größenordnung von etwa 4 ... 12 % der Produktion bewegen. Außerdem werden die Flurschäden, die sonst durch die Hüttenrauche hervorgerufen werden, vermieden und die gesundheitlichen Schädigungen, die oft in der Umgebung der Hüttenwerke beobachtet werden können, unterbunden.

Bei zink- und bleihaltigen Stauben sind die Gesamtanlagekosten in etwa 1 ... 2 Jahren amortisiert, wenn man im Durchschnitt mit einem Rohgasstaubgehalt von etwa 2,5 ... 10 g/m³ rechnet, wie er meist in diesen Betrieben vorkommt.

Die laufenden Betriebsunkosten sind so gering, daß sie kaum ins Gewicht fallen. Die Bedienung kleiner und mittlerer Anlagen kann in den meisten Fällen von angelernten Leuten übernommen werden, die mit anderen Arbeiten im Betrieb nicht voll beschäftigt sind. Die Wartung der Anlagen besteht hauptsächlich im Abziehen des Staubes aus den Bunkern und in der täglichen Kontrolle der Motoren für die Hochspannungs-Gleichrichter und für die mechanische Schüttelvorrichtung der Elektroden. Mit Verschleiß ist kaum zu rechnen, da die Anlagen ganz aus Eisen und möglichst korrosionsbeständigem Material bestehen und sich im Filter selbst in der Staubluft keine beweglichen Teile befinden, die verschleißen könnten.

In der Metallhüttenindustrie befinden sich bereits zahlreiche Eletrofilter in einwandfreiem Betrieb. Manche hüttenmännischen Verfahren werden überhaupt erst durch den Einbau derartiger Anlagen möglich und wirtschaftlich. Es ist zu erwarten, daß sich die Elektrofilter in der Hüttenindustrie weiter schnell einführen werden, wenn man bedenkt, daß in der ganzen Welt z. Z. schätzungsweise jährlich über 100 Mill RM Metallverluste durch ungereinigte Hüttenabgase entstehen.

II. Chemische Industrie.

Umfangreiche Anwendung finden die Elektrofilter auch in der chemischen Industrie zur Reinigung der Röstgase für die Schwefelsäureherstellung und Sulfitlaugebereitung in Papierfabriken. Die in diesen Industrien benötigten, im Mittel 7 ... 8 % SO_2 enthaltenden Röstgase werden durch Abröstung von Eisenkiesen oder Zinkblenden erhalten. Die aus den meist mechanisch betriebenen Röstöfen entweichenden 400 ... 500 ° heißen Röstgase reißen größere Mengen feinsten Staubes mit sich, dessen Niederschlagung früher erhebliche Schwierigkeiten bereitete. Das Elektrofilter löst diese Aufgabe selbst bei hohen Temperaturen von 400 ... 500 ° einwandfrei. Abb. 5 zeigt die prinzipielle Anordnung einer derartigen Anlage.

Mit den elektrisch gereinigten Röstgasen läßt sich ohne weiteres eine vollständig klare Schwefelsäure herstellen, die einen wesentlich höheren Handelswert gegenüber trüber Säure besitzt. Durch den geringen Temperaturabfall der Röstgase im Elektrofilter wird eine bessere Konzentrationswirkung des Glovers erzielt. Außerdem fällt die sonst so oft nötige lästige Reinigung der Glovertürme fort, da die im Elektrofilter gereinigten Gase praktisch staubfrei sind. Der Fortfall der Gloverreinigung bedingt eine erhebliche Ersparnis an Salpetersäure, so daß sich aus all diesen Gründen die Elektrofilter in der Schwefelsäure-Industrie in kurzer Zeit bezahlt machen.

Gleich günstig liegen die Verhältnisse in der Papierindustrie, die nach dem Sulfitverfahren arbeitet. Hier wird durch die elektrische Entstaubung der Röstgase bei hohen Temperaturen eine sonst durch die Kontaktwirkung des Staubes veranlaßte schädliche SO_3-Bildung vermieden, so daß eine Ersparnis an Schwefelkies von 10 % und mehr erzielt werden kann. Mit den elektrisch gereinigten Röstgasen läßt sich eine sehr wirksame, gipsfreie Sulfitlauge herstellen, mit der hochwertiger Zellstoff erzeugt wird.

Enthalten die Röstgase Arsen und ist dessen Entfernung z. B. bei der Schwefelsäurefabrikation nach dem Kontaktverfahren nötig, so ist eine elektrische Abscheidung des Arsens nach Herabkühlung der Gase in dem Maße möglich, daß selbst mit den empfindlichsten chemischen Analysen keine Spur von Arsen mehr im Reingas festgestellt werden kann.

Gleichfalls können die bei der Konzentration der Schwefelsäure auftretenden Säurenebel in den Endgasen, die mechanisch nur außerordentlich schwer niedergeschlagen werden können, leicht im Elektrofilter abgeschieden werden.

III. Eisenindustrie.

Auch in der Eisenhüttenindustrie[4] führen sich in letzter Zeit die Elektrofilter zur Reinigung der Gichtgase ein, da sie gegenüber den bisher verwendeten mechanischen und Sackfiltern eine ganze Reihe von Vorzügen aufweisen. Mit einigen größeren Betriebs-Elektrofilteranlagen sind inzwischen recht günstige Resultate erzielt worden, über die z. B. in St. u. E. 1929, H. 32 u. 35, eingehend von Bosse und von v. Reiche berichtet worden ist. Weitere Großanlagen befinden sich z. Z. im Bau und werden im Laufe des Jahres in Betrieb kommen.

IV. Zementindustrie.

In der Zementindustrie[5] entstehen bei den einzelnen Fabrikationstufen ganz erhebliche Verluste und Belästi-

[4] S. a. ETZ 1925, S. 996.
[5] S. a. ETZ 1914, S. 538 u. S. 1121.

Digitized by Google

gungen durch Verstaubung, die durch den Einbau von elektrischen Gasreinigungsanlagen verhütet werden können. Abb. 6 zeigt die prinzipielle Anordnung einer Zementfabrik mit den verschiedenen Staubquellen und Einbaumöglichkeiten für Elektrofilter.

So entstehen z. B. bei der Trocknung der Kohle für die Staubfeuerung der Drehöfen Verluste von etwa 3 ... 6 % des Trocknerdurchsatzes. Der staubhaltige Trocknerbrüden kann ohne weiteres durch Elektrofilter zu 98 ... 99 % entstaubt werden. Der völlig trocken anfallende Staub wird sofort brennfähig der Staubfeuerung zugeführt. Wird die getrocknete Kohle vermahlen, so entstehen wieder etwa 4 ... 6 % Staubverluste, bezogen auf den Mühlendurchsatz. Auch hier bewährt sich das Elektrofilter. Bei dem Betrieb der Drehöfen, in denen das Rohmaterial der

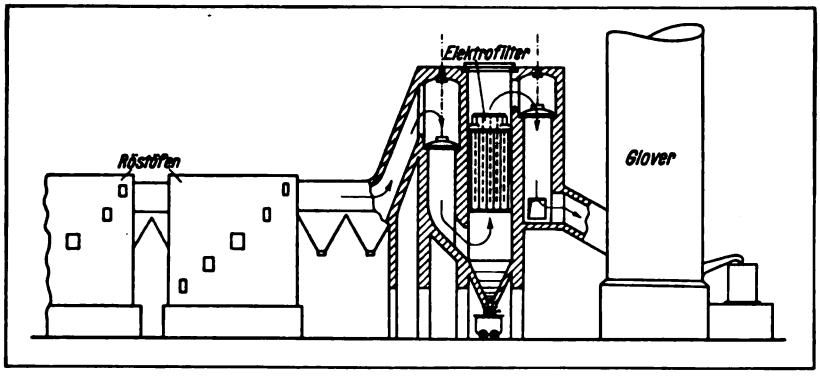


Abb. 5. Prinzipbild für die Anordnung eines Röstgas-Elektrofilters.

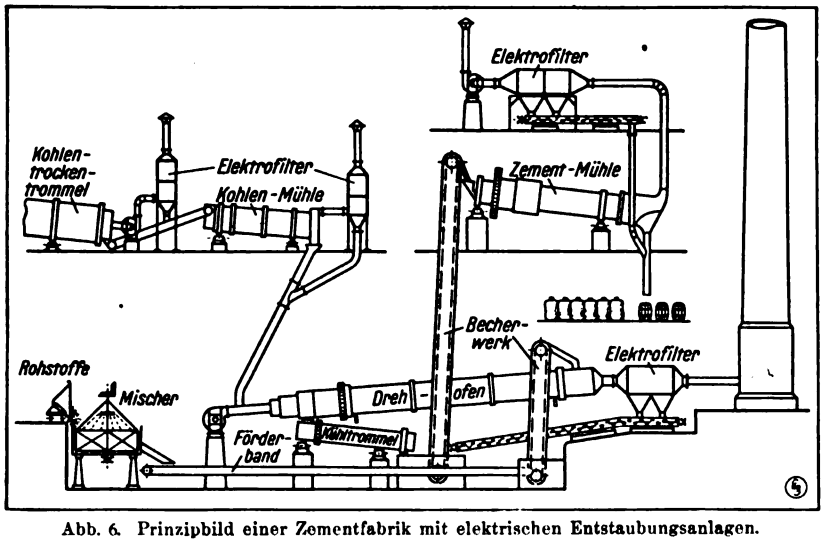


Abb. 6. Prinzipbild einer Zementfabrik mit elektrischen Entstaubungsanlagen.

Die Gesamtanlagekosten der Elektrofilteranlagen in der Zementindustrie stellen sich so, daß bei normalen Verhältnissen mit einer Amortisation des Kapitals in etwa 1 ... 2 Jahren zu rechnen ist. Der Energieverbrauch der einzelnen Filter ist sehr gering und beträgt für 1 Filter nur wenige Kilowatt zur Reinigung der Abgasmenge. Der Strömungswiderstand der Filter beträgt nur etwa 2 ... 5 mm WS, und die Betriebsunkosten sind so klein, daß sie überhaupt kaum zur Geltung kommen.

V. Braunkohlenindustrie.

Große Verbreitung haben die elektrischen Gasreinigungsanlagen ferner in der Kohlenindustrie[6] gefunden. Hier entweichen z. B. mit dem Brüden der Braunkohlentrockner in den Brikettfabriken bei Röhrentrocknern etwa 6 ... 12 % des Trockenkohlendurchsatzes in Form von feinstem Kohlenstaub. Während man früher bei Verwendung einer Naßreinigung einen Leistungsaufwand von etwa 20 kW benötigte, um die Brüdenmenge eines Röhrentrockners von 100 t Tagesdurchsatz zu reinigen, benötigt ein Elektrofilter für die gleichen Verhältnisse nur etwa 0,8 ... 1 kW. Ferner zeigt die Erfahrung, daß sich der Durchsatz der Trockner durch Einbau von Elektrofiltern infolge der günstigeren Zugverhältnisse meist um etwa 5 ... 8 % steigern läßt. Außerdem fällt im Elektrofilter der Kohlenstaub völlig trocken an, so daß er der Brikettkohle ohne weiteres wieder zugesetzt werden kann, während bei der Naß-

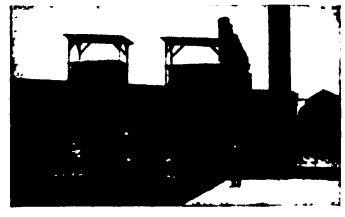


Abb. 7. Elektrofilter zur Entstaubung der Mühlenabluft einer Zementfabrik, Filter eingeschaltet.

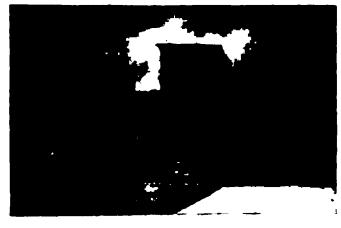


Abb. 8. Elektrofilter Abb. 7, Filter ausgeschaltet.

Zementfabrikation zu walnuß- bis erbsgroßen Klinkern gebrannt wird, entstehen besonders große Staubverluste, die sich bei dem Naßverfahren auf Grund zahlreicher Messungen auf etwa 6 ... 10 % des Drehofendurchsatzes belaufen. Bei dem Trockenverfahren steigen diese Verluste sogar auf 8 ... 20 %.

Durch diese Staubmassen, die sich bei einer größeren Zementfabrik von z. B. 1000 t Tagesleistung auf etwa 100 ... 160 000 kg im Tag belaufen können, wurde früher die Vegetation in weitem Umkreis der Zementfabrik geradezu vernichtet. Hier beweist wieder das Elektrofilter seine Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit. Mit einem Leistungsaufwand von nur etwa 4 ... 5 kW kann die stündliche Abgasmenge eines Drehofens von etwa 250 t Tagesdurchsatz bei 250 ... 350 ° einwandfrei entstaubt werden.

Ähnlich liegen die Verhältnisse bei den Zementmühlen, in denen die Klinker zu Zement vermahlen werden. Hier treten Verstaubungsverluste von etwa 4 ... 6 % des Mühlendurchsatzes ein. Da es sich hier um wertvollsten fertigen Zementstaub handelt, der ohne weiteres verwendungsfähig ist, macht sich an dieser Stelle ein Elektrofilter in besonders kurzer Zeit bezahlt. Abb. 7 zeigt die Schlote eines derartigen Mühlenfilters bei eingeschalteter Spannung, während in Abb. 8 zu erkennen ist, welche unglaublichen Staubmengen bei ausgeschaltetem Filter entweichen.

reinigung der größte Teil des Staubes als unbrauchbarer Schlamm verlorenging oder durch kostspielige Verfahren wieder getrocknet werden mußte.

Die verschiedenen Anwendungsmöglichkeiten der Elektrofilter in der Braunkohlen-Brikettindustrie sind in dem Prinzipbild Abb. 9 dargestellt. Außer der Brüdenentstaubung kommt hier noch die Reinigung der Innenentstaubungsluft aus den Preßrumpfschnecken, Nachwalzwerken, Trommelsieben, Apparateschnecken und des Kühlhauses in Frage.

Die Wirksamkeit der Brüdenfilter, von denen sich z. Z. mehrere hundert im Betrieb befinden, zeigen die Abb. 10 und 11. Abb. 10 gibt die Trocknerschlote bei eingeschaltetem Elektrofilter wieder, während Abb. 11 die starke Kohlenstaubfahne bei abgeschaltetem Filter deutlich erkennen läßt. Mit dieser Anlage werden etwa 10 % des Trocknerdurchsatzes an vollverwendungsfähigem trockenem Kohlenstaub wiedergewonnen. Derartige Brüdenfilteranlagen werden durch den Staubgewinn in etwa 1½ Jahren abgeschrieben.

VI. Steinkohlenindustrie.

Auch in der Steinkohlenindustrie finden die Elektrofilter bei der Trocknung und Vermahlung der Kohle für Kohlenstaubfeuerung mit Vorteil Verwendung. Hier be-

[6] S. a. ETZ 1926, S. 652.

Digitized by Google

laufen sich die Verstaubungsverluste auf etwa 3 ... 5 % des Kohlendurchsatzes, so daß sich auch hier ein Elektrofilter bald bezahlt macht, ganz abgesehen von der Beseitigung der lästigen Staubplage.

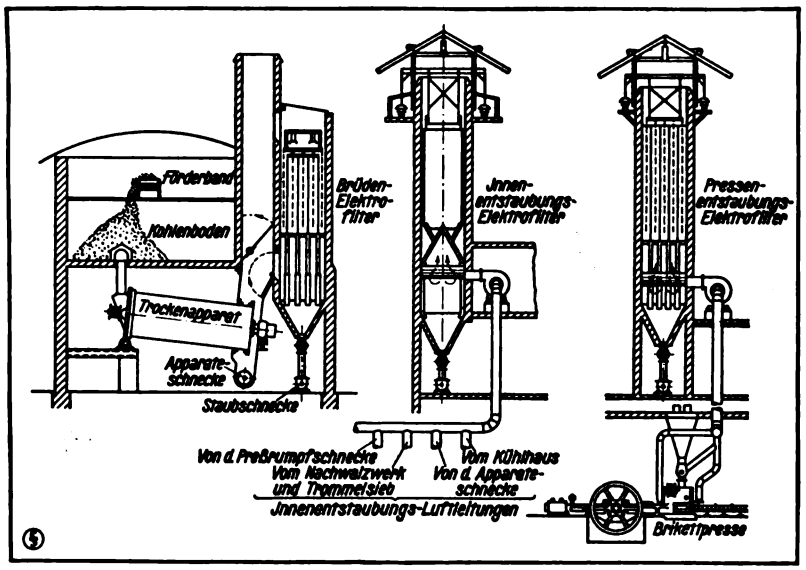


Abb. 9. Prinzipbild für die Anwendung der elektrischen Gasreinigung in Braunkohlebrikett-Fabriken.

eine große Anzahl Elektrofilter gebaut worden, in denen stündlich insgesamt mehrere Millionen Kubikmeter Rauchgas gereinigt werden. Hierunter befinden sich Anlagen mit Einzelleistungen von etwa 900 000 m³/h oder 250 m³/s. Der Energieaufwand derartiger Anlagen beträgt nur etwa 0,05 kWh auf 1000 m³.

Der Zugverlust, den die Filtereinbauten in den Rauchgaskanälen verursachen, beträgt nur etwa 2 ... 4 mm WS, so daß der Kesselbetrieb nicht gestört wird.

Bei derartigen Anlagen genügt meist ein Wirkungsgrad von 80 ... 90 %, um die Flug-

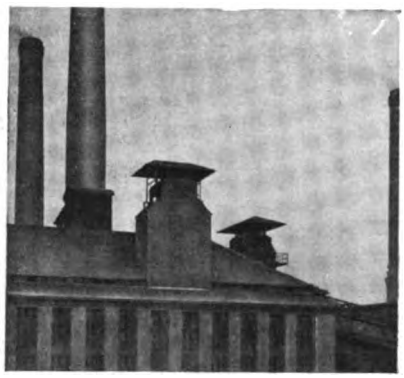


Abb. 12. Zwei Elektrofilter, zur Entstaubung von Steinkohlentrockner-Brüden in einem Kraftwerkfilter, eingeschaltet.

Der Einbau von 2 Steinkohlenbrüden-Filtern in die Trockneranlage eines großen Kraftwerkes ist aus Abb. 12 zu ersehen. Beide Filter sind in Betrieb. Die Wirkung ist praktisch vollkommen.

VII. Rauchgasreinigung.

Bei der Verfeuerung der Braun- oder Steinkohle entweichen aus den Schloten vielfach große Flugaschen- und Staubmengen, die die Umgebung stark belästigen und in-

Abb. 10. Elektrofilter zur Entstaubung von Braunkohlentrockner-Brüden, Filter eingeschaltet.

folge ihres Gehaltes an Schwefelverbindungen, die sich an der feuchten Luft zum Teil zu Schwefelsäure umsetzen, zerstörend auf die Gebäudemauern, Dächer und Eisenkonstruktionen wirken. Hierdurch entstehen jährlich ganz erhebliche Schäden. Außerdem wird durch starken Flugaschenfall oft großer Flurschaden verursacht.

Es ist ohne weiteres möglich, mit dem Elektrofilter die Flugasche aus den Rauchgasen je nach den Betriebsbedingungen bei Temperaturen bis über 300 ° völlig einwandfrei abzuscheiden. Bisher sind für diesen Zweck schon

aschenbelästigung zu beseitigen. Höhere Wirkungsgrade erfordern höhere Anlagekosten, die sich in diesem Falle kaum lohnen dürften.

VIII. Generatorgasreinigung.

Die bei der Kohlenvergasung und Verschwelung entstehenden Generatorgase enthalten meist in großen Mengen Staub, Teer und Öl, die entfernt werden müssen, da sie sonst zu unangenehmen Störungen in den Rohrleitungen und Verbraucherapparaten Veranlassung geben kön-

Abb. 11. Elektrofilter Abb. 10, Filter ausgeschaltet.

nen. Die Entstaubung von teerfreien Generatorgasen wird zweckmäßig durch Elektrofilter vorgenommen.

In Abb. 13 ist eine derartige Anlage zur Entstaubung von 500 000 m³/h Generatorgas wiedergegeben. Es ist dies die größte Elektrofilteranlage, die bisher für diesen Zweck gebaut wurde. Diese Anlage legt beredtes Zeugnis davon ab, welches Vertrauen der elektrischen Gasreinigung entgegengebracht wird. Die Größe der Arbeiter unter dem Filter gibt einen Anhalt für die gewaltigen Abmessungen dieser Anlage, die fast 30 m in die Höhe ragt.

Digitized by Google

IX. Generatorgas-Entteerung.

Enthalten die Generatorgase Teer, so kann dieser ebenso wie die Teernebel, die in Koksofen- oder Schwelgasen enthalten sind, vorteilhaft in Elektrofiltern niedergeschlagen werden. Abb. 14 zeigt ein derartiges Entteerungs-Elektrofilter, in dem Braunkohlenbrikettgas, das zur Speisung der Brenner einer Glasfabrik dient, gereinigt wird. Im Vordergrund links steht der kleine Hochspannungsraum, von dem die Hochspannungsleitung, in Rohr verlegt, schräg zum Filter hinaufführt. Erfolgt die Entteerung bei etwa 90 ... 100 °, so wird hochwertiger Teer praktisch wasserfrei bis auf einen Restgehalt von etwa 0,05 ... 0,20 g/m³ Teer im Reingas abgeschieden.

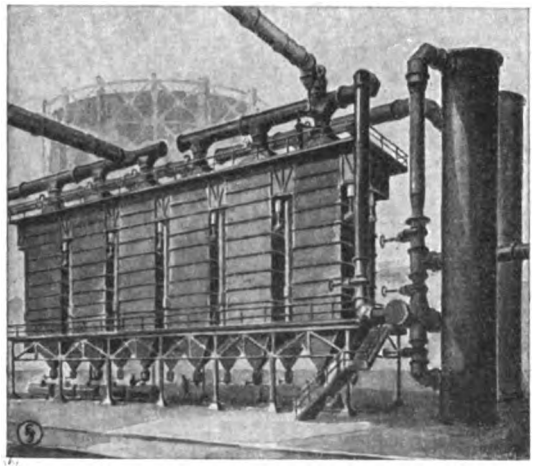


Abb. 13. Elektrofilter zur Entstaubung von 500 000 m³/h Generatorgas, die größte derartige Anlage der Welt.

X. Generatorgas-Entölung.

Wird weiterhin Wert auf die Gewinnung der Leichtöle des Gases gelegt, so muß das Gas auf etwa 25 ... 30 ° herabgekühlt werden. In dem Kaltfilter werden dann die Leichtöle zusammen mit dem Gaswasser bis auf etwa 0,01 ... 0,03 g/m³ Ölgehalt im Reingas ausgeschieden. Öl und Wasser lassen sich dann leicht durch Absetzen voneinander trennen. Bei Braunkohlengeneratorgas beläuft sich der Ölanfall auf etwa 10 % des Teergehaltes der Kohle, der im Mittel 5 ... 8 % beträgt.

Der Energiebedarf derartiger Entteerungs- und Entölungsfilter beträgt etwa 0,8 ... 1 kWh auf 1000 m³, also etwa ein Fünftel der Energie, die sonst bei mechanischen Gasreinigungsanlagen benötigt wird.

Ein Verschleiß der Filter tritt überhaupt nicht ein, da sich keine beweglichen Teile in ihnen befinden. Der Strömungswiderstand derartiger Filter beträgt etwa 3 bis 6 mm WS. Eine ganze Anzahl solcher Entteerungsfilter befindet sich seit langer Zeit völlig störungsfrei im Betrieb.

XI. Trocknung von Salzen, Mineralien, Erden usw.

Außer in diesen bisher geschilderten wichtigsten Anwendungsfällen wird die elektrische Gasreinigung noch in vielen anderen Industrien mit großem Erfolg angewandt. So z. B. werden Elektrofilter hinter Trockentrommeln eingebaut, in denen Bleich- oder Tonerde, Kalk, Sand, Kalisalze, Chemikalien usw. getrocknet werden. In allen diesen Fällen wird durch die elektrische Gasreinigung ein erheblicher Prozentsatz des Trockengutes, der meist zwischen 3 und 10 % des Trocknerdurchsatzes schwankt, in einwandfrei verwendbarer Form trocken praktisch vollständig wiedergewonnen.

Abb. 14. Elektrofilter zur Entteerung von Generatorgas für die Beheizung von Glasschmelzöfen.

XII. Textilindustrie.

Selbst in der Textilindustrie können Elektrofilter zur Entstaubung der Spinnmaschinen und Maschinensäle verwendet werden. Da im Elektrofilter ein wesentlicher Temperaturabfall nicht eintritt, kann die für den Spinnbetrieb benötigte feuchte warme Raumluft nach der Entstaubung ohne weiteres den Arbeitsräumen wieder zugeführt werden. Auf diese Weise werden erhebliche Summen für das sonst zur Erwärmung der Frischluft benötigte Heizungsmaterial und ihrer aus Betriebsgründen nötigen Befeuchtung gespart.

Bei einer ausgeführten Anlage wurde im Reingas nur noch ein Reststaubgehalt von weniger als 1 mg/m³ gemessen. Die Filterabluft war also reiner als die frische Außenluft auf dem Fabrikhof.

Welche Leistung wird durch den Luftspalt einer elektrischen Maschine übertragen?

Von **Herbert Jehle**, Stuttgart.

Übersicht. Es wird allgemein hergeleitet, daß die elektromagnetisch vom Stator auf den Rotor einer elektrischen Maschine übertragene Leistung gleich dem Drehmoment plus Reibungsmoment mal absolute Drehschnelle des Feldes ist, unabhängig von der „Körpergeschwindigkeit" des Rotors[1].

I. Koordinaten und Bezeichnungen (Abb. 1):

B_r, B_φ, B_z Komponenten von $\mathfrak{B}$,
D_r, D_φ, D_z Komponenten von $\mathfrak{D}$,
E_r, E_φ, E_z Komponenten von $\mathfrak{E}$,
H_r, H_φ, H_z Komponenten von $\mathfrak{H}$,

[1] Literatur: Emde, El. u. Maschinenb. Bd. 27, S. 915 (1909). ETZ 1911, S. 44; 1922, S. 1430.

M zunächst das vom Außenanker auf den Innenanker elektromagnetisch übertragene Moment; beim normalen Motor: abgegebenes + Reibungsmoment,
N zunächst die vom Außenanker auf den Innenanker durch den Luftspalt übertragene Leistung,
i, k Index,
n Drehzahl,
p Polpaarzahl,
r Halbmesser der Hülle (kleiner als Außenankerhalbmesser, grö-

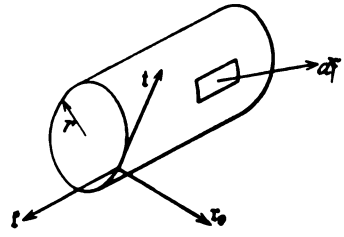


Abb. 1.

Digitized by Google

ßer als Innenankerhalbmesser), Zylinderkoordinaten-Maßzahl,

t Zeit,
W_m magnetische Energiedichte,
W_e elektrische Energiedichte,
z Zylinderkoordinaten-Maßzahl in Achsenrichtung,
Ξ Tensor der fiktiven Spannungen des Magnetfeldes,
Π Tensor der fiktiven Spannungen des elektrischen Feldes,
$\Omega = |o| = \frac{\omega}{p}$ absolute Drehschnelle des Feldes,
φ räumlicher Winkel im Zylinderkoordinaten-System,
ω Netzfrequenz,
$\mathfrak{B}$ magnetische Induktion,
$\mathfrak{D}$ elektrische Verschiebung,
$\mathfrak{E}$ elektrische Feldstärke,
$\mathfrak{H}$ magnetische Feldstärke,
$\mathfrak{K}$ Kraft,
$\mathfrak{M}$ Moment der fiktiven Spannungen,
$\mathfrak{S}$ Energiestromdichte,
$\mathrm{d}\mathfrak{f} = r_0 r\,\mathrm{d}z\,\mathrm{d}\varphi$ Flächenelement,
$\mathfrak{k}$ Einheitsvektor in Richtung der Maschinenachse,
o absolute Drehschnelle des Feldes,
r Ortsvektor,
r_0 radialer Einheitsvektor,
t tangentialer Einheitsvektor im Zylinderkoordinaten-System,
t_0 tangentialer Einheitsvektor an die Feldlinien.

II. Einleitung.

Bei den meisten elektrischen Maschinen weiß man schon von vornherein, welche Leistung elektromagnetisch durch den Luftspalt übertragen wird, nämlich allein aus dem Energieprinzip heraus: Beim Synchrongenerator ohne Dämpferwicklung werden die Erregungsverluste dem Rotor gleichstromseitig zugeführt, somit wird die gesamte mechanisch aufgenommene Leistung abzüglich der Reibungsleistung (gleich inneres Moment mal Drehfeldgeschwindigkeit Ω) durch den Luftspalt auf den Stator übertragen; desgleichen beim Synchronmotor.

Kompliziertere Verhältnisse treten beispielsweise beim läufergespeisten Drehstrom-Nebenschlußmotor mit Drehzahlregelung durch Bürstenverschiebung auf, bei welchem Drehsinn und Geschwindigkeit des Drehfeldes wechseln, desgleichen bei Maschinen, bei welchen Innen- und Außenanker umlaufen, oder bei Maschinen mit zwei ineinander liegenden, verschieden schnell laufenden Rotoren usw.

III. Gang der Rechnung.

Der Gang der Rechnung ist folgender: Wir legen um den Innenanker einer elektrischen Maschine eine Hülle, die zylinderförmig im Luftspalt verläuft, und versuchen, die aus dem Poyntingschen Vektor der Energiestromdichte berechnete Energieeinströmung in dem Drehmoment und der Drehfeldgeschwindigkeit auszudrücken. Zu diesem Zweck drücken wir das aus den fiktiven Spannungen des elektromagnetischen Feldes im Luftspalt berechnete Moment $\mathfrak{M}$ sowie die Energieeinströmung N in den Komponenten der Feldgrößen $\mathfrak{E}$ und $\mathfrak{H}$ aus. Schließlich machen wir uns von den Begriffen Innenanker und Außenanker frei und führen Stator und Rotor ein.

Die um den Innenanker gelegte Hülle soll als Zylindermantel durch den Luftspalt gehen und beiderseits so weit herausragen, bis das Feld verschwindet. Die die Hülle schließenden Seitenkreisflächen haben für die weitere Rechnung keine Bedeutung. Wird dem Innenanker Strom beispielsweise durch die Achse zugeführt, so läßt sich zeigen, daß das durch diesen Strom erzeugte Feld keine Drehmoment erzeugenden fiktiven Spannungen hat, somit auf unsere Momentenberechnung ohne Einfluß ist. Die gesamte Energieeinströmung setzt sich aus zwei Teilen zusammen: Einerseits ist mit der Stromzufuhr und deren Feld eine Energieeinströmung verbunden, anderseits wird über den Luftspalt (im weitesten Sinne) eine Leistung N übertragen. Letztere soll allein berechnet werden, da ja die erstere durch Wattmetermessung jeweils bestimmbar ist.

Auf den Innenanker einer elektrischen Maschine wird elektromagnetisch ein Moment übertragen, das sich aus den fiktiven Spannungen des magnetischen und elektrischen Feldes ergibt. Diese Spannungen haben denselben Charakter wie elastische Spannungen, nur daß sie an kein Medium gebunden sind. Wenn wir die aus elastischen Spannungen sich ergebenden Kräfte oder Momente bestimmen wollen, so schneiden wir den betr. Körper auf und summieren das Produkt Spannung × Flächenelement über den betreffenden Querschnitt, genauer gesagt, das Kraftelement ist gleich Spannungstensor × Flächennormalenvektor. Genau so bei unserer Aufgabe. Als Schnittfläche wählen wir den oben angegebenen Zylinder, der durch den Luftspalt gehen soll, in welchem die elektromagnetischen Verhältnisse leicht der Rechnung zugänglich sind und der keine Körpergeschwindigkeit hat. Die Rechnung legt ein Drehfeld zugrunde; da aber durch Superpositionen von solchen beliebige Felder entstehen, sind die Resultate allgemein gültig.

Die fiktiven Spannungen des magnetischen Feldes ergeben auf ein Flächenelement die Kraft

$$\mathrm{d}\mathfrak{K}_m = \Xi\,\mathrm{d}\mathfrak{f},$$

wo

$$\Xi = W_m(2\,\mathfrak{t}_0\cdot\mathfrak{t}_0 - 1) = \mathfrak{H}\cdot\mathfrak{B} - \frac{1}{2}\mathfrak{H}\mathfrak{B}$$

der Tensor der fiktiven Spannungen ist.

$\mathrm{d}\mathfrak{K}_m$ ergibt am Innenanker ein Moment:

$$\begin{aligned}\mathrm{d}\mathfrak{M}_m &= [\mathfrak{r}\,\mathrm{d}\mathfrak{K}] = \mathfrak{r}\,\underline{\ }\,\mathrm{d}\mathfrak{K} = \mathfrak{r}\,\underline{\ }\,\Xi\,\mathrm{d}\mathfrak{f}\\ &= \left\{[\mathfrak{r}\mathfrak{H}]\cdot\mathfrak{B}\,\mathfrak{r}_0 - \frac{1}{2}\mathfrak{H}\mathfrak{B}\cdot[\mathfrak{r}\,\mathfrak{r}_0]\right\} r\,\mathrm{d}z\,\mathrm{d}\varphi\\ &= (\mathfrak{t}\,H_\varphi - \mathfrak{t}\,H_z)\,B_r\,r^2\,\mathrm{d}z\,\mathrm{d}\varphi.\end{aligned}$$

Die Momente in Richtung t fallen bei der Integration weg, so daß wir erhalten:

$$\mathfrak{M}_{magn} = \mathfrak{t}\,r^2 \int\!\!\int_{\text{Zylindermantel}} H_\varphi\,B_r\,\mathrm{d}z\,\mathrm{d}\varphi.$$

In vollständig analoger Rechnung erhält man:

$$\mathfrak{M}_{el} = \mathfrak{t}\,r^2 \int\!\!\int_{\text{Zylindermantel}} E_\varphi\,D_r\,\mathrm{d}z\,\mathrm{d}\varphi,$$

ein Moment, das wegen $W_e \ll W_m$ unvergleichbar klein gegen $\mathfrak{M}_{magn}$ ist und nur der exakten Rechnung halber mitgeführt werden muß. Das Gesamtmoment ist somit

$$\mathfrak{M} = \mathfrak{t}\,r^2 \int\!\!\int_{\text{Zylindermantel}} (H_\varphi\,B_r + E_\varphi\,D_r)\,\mathrm{d}z\,\mathrm{d}\varphi. \quad \ldots \quad (1)$$

Die nun folgende Umformung hat lediglich den Zweck, die Größen B_r und D_r in E_z und H_z umzuformen, weil diese letzteren in der Gleichung für die Energieeinströmung (s. unten) auftreten. Aus dem Induktions- und Durchflutungsgesetz

$$-\operatorname{rot}\mathfrak{E} = \frac{\partial\mathfrak{B}}{\partial t} \qquad \operatorname{rot}\mathfrak{H} = \frac{\partial\mathfrak{D}}{\partial t}\ \text{(elektr. Verschiebung)}$$

folgt für die r-Komponenten B_r und D_r:

$$-\frac{1}{r}\frac{\partial E_z}{\partial\varphi} + \frac{\partial E_\varphi}{\partial z} = \frac{\partial B_r}{\partial t}; \qquad \frac{1}{r}\frac{\partial H_z}{\partial\varphi} - \frac{\partial H_\varphi}{\partial z} = \frac{\partial D_r}{\partial t}. \quad (2)$$

Aus diesen Gleichungen muß die Zeit entfernt werden. Wegen

$$\oint_{\text{Zylinder(-hülle oder)-mantel}} \mathfrak{B}\,\mathrm{d}\mathfrak{f} = 0$$

läßt sich nach Fourier

$$B_r = \sum_{i=1}^{i=\infty} B_{ri}\sin i\,(p\,\varphi - \omega\,t) + \sum_{k=1}^{k=\infty} B_{rk}\cos k\,(p\,\varphi - \omega\,t)$$

darstellen, woraus

$$\frac{\partial B_r}{\partial t} = -\frac{\omega}{p}\frac{\partial B_r}{\partial\varphi} \quad \ldots\ldots \quad (3)$$

folgt; desgleichen für D_r.

Indem wir die obigen Gleichungen über φ integrieren, erhalten wir nach Einsetzen von Gl. (3) in Gl. (2):

$$B_r = \frac{p}{r\,\omega}E_z - \frac{p}{\omega}\int\frac{\partial E_\varphi}{\partial z}\,\mathrm{d}\varphi + \text{konst.},$$

$$D_r = -\frac{p}{r\,\omega}H_z + \frac{p}{\omega}\int\frac{\partial H_\varphi}{\partial z}\,\mathrm{d}\varphi + \text{konst.}$$

Die zweiten und dritten Glieder verschwinden, da, wie man leicht zeigen kann, E_z, H_z, $\frac{\partial}{\partial z}E_\varphi$, $\frac{\partial}{\partial z}H_\varphi$ über φ sinusförmig wie B_r veränderlich sind.

Mit diesen Ausdrücken für B_r und D_r wird die Momentenformel:

$$\mathfrak{M} = \mathfrak{t}\,\frac{r\,p}{\omega}\int\!\!\int_{\text{Zylindermantel}} (H\varphi\,E_z - H_z\,E_\varphi)\,\mathrm{d}z\,\mathrm{d}\varphi.$$

Digitized by Google

Die Energieeinströmung in den Zylinder ist

$$\left.\begin{aligned} N &= -\oint_{\text{Zylinderhülle}} \mathfrak{S}\,\mathrm{d}\mathfrak{f} = -\int\int_{\text{Zylindermantel}} [\mathfrak{E}\mathfrak{H}]\,\mathrm{d}\mathfrak{f} \\ &= -\int\int \{\mathfrak{k}(\ldots) + \mathfrak{t}(\ldots) + r_0 (H_z E_\varphi - H_\varphi E_z)\}\, r_0\, r\, \mathrm{d}z\, \mathrm{d}\varphi \\ &= r\int\int (H_\varphi E_z - H_z E_\varphi)\,\mathrm{d}z\,\mathrm{d}\varphi, \end{aligned}\right\} \quad (5)$$

woraus

$$N = \mathfrak{M}\,\omega$$

folgt.

Eine bedeutende Vereinfachung dieser Rechnungen hätte sich mit den Voraussetzungen

$$\frac{\partial}{\partial z} = 0, \qquad W_e \ll W_m, \qquad H_z = 0$$

ergeben. Das auf den Außenanker wirkende Moment hat das entgegengesetzte Vorzeichen, ebenso die auf ihn vom Innenanker her übertragene Leistung.

Definieren wir daher $\mathfrak{M}$ als das Moment, das ein Teil einer elektrischen Maschine erfährt, so ist N die durch dasselbe Feld auf ihn übertragene Leistung, gleichgültig, ob dieser Teil sich dreht (Rotor) oder feststeht. Wir haben ja auch über die Körpergeschwindigkeit der beiden Anker keinerlei Voraussetzung gemacht. Interessant dürfte noch an diesem Ergebnis sein, daß, wie wir hier an dem Beispiel der elektrischen Maschine bewiesen haben, die Analogie der fiktiven Spannungen des elektromagnetischen Feldes zu den elastischen Spannungen sich nicht nur auf die Spannungen bezieht, sondern auch auf die Leistungen, d. h. also, daß die immaterielle absolute Drehfeldgeschwindigkeit mal Moment der fiktiven Spannungen die übertragene Leistung ist.

Als Anwendungsbeispiel sei die Wirkungsgradbestimmung nach dem Einzelverlustverfahren erwähnt: wir stellen bei der zu untersuchenden Maschine die Leistungsbilanzen auf, z. B. bei dem oben erwähnten Drehstrom-Nebenschlußmotor für den Stator, dessen elektrisch zugeführte Leistung durch Wattmetermessung, dessen Kupferverluste durch Widerstandsmessung und dessen durch den Luftspalt abgeführte Leistung gleich Rotordrehmoment $\mathfrak{M}$ × Drehfeldgeschwindigkeit Ω ist. Im technischen Maßsystem ist diese letztere

$$\frac{N}{\text{Watt}} = 1{,}028\,\frac{M}{\text{mkg}}\cdot\frac{n\,\text{Drehfeld}}{1/\text{min}};$$

damit sind die noch übrigbleibenden Eisenverluste in einer einzigen Messung bestimmt.

Physikalisch interessant ist an dem Ergebnis noch etwas weiteres: Die übertragene Leistung ist der absoluten Drehgeschwindigkeit des Feldes, d. h. der Drehgeschwindigkeit gegenüber dem absoluten Raum proportional. Anscheinend kann dies nicht stimmen, denn es gibt doch keinen „raumfesten" Äther, und so können wir, abgesehen vom Gravitations- und Zentrifugalfeld, das mit diesen Erscheinungen gar nichts zu tun hat, nur eine Relativbewegung zwischen Rotor und Beobachter feststellen. Unser Ergebnis, falls es überhaupt einen Sinn haben soll, muß also gemäß der speziellen Relativitätstheorie stimmen, unabhängig vom Bewegungszustand des Beobachters, d. h. unabhängig davon, ob sich der Beobachter mehr oder weniger mit dem Feld bewegt oder nicht. Das läßt sich aber leicht einsehen:

Das Drehmoment ist unabhängig vom Bewegungszustand des Beobachters. Wir können es ja an der Torsion der Welle des Motors messen. Der Beobachter drehe sich nun beispielsweise ganz langsam in der Richtung des Drehfeldes, dann wird offenbar nach unserer Formel die durch den Luftspalt auf den Rotor übertragene Leistung (um den Betrag Moment × Drehgeschwindigkeit des Beobachters) kleiner, weil der nunmehr bewegte Beobachter eine kleinere Geschwindigkeit des Drehfeldes konstatiert. Fragen wir diesen mitbewegten Beobachter aber nach der Leistung, welche der Motor mechanisch abgibt, so wird er auch hier das abgegebene Drehmoment mit einer um denselben Betrag kleineren Drehgeschwindigkeit multiplizieren als wenn er ruhte. Die durch elektrische Ströme den einzelnen Motorteilen zugeführten Leistungen sind natürlich unabhängig vom Beobachter. Wir haben also gegen das Energieprinzip keineswegs verstoßen. Da man aber bei der Berechnung der abgegebenen Leistung immer mit der absoluten Drehgeschwindigkeit rechnet, so müssen wir das auch hier tun.

Es taucht nun nur noch die Frage auf: Tut uns das elektromagnetische Feld den Gefallen, daß wir, auch von einem bewegten Beobachter aus berechnet, wohl dasselbe Drehmoment, aber eine andere übertragene Leistung bekommen und dann noch gerade die, welche das Energieprinzip erfordert? Daß dieser Gefallen tatsächlich erfüllt wird, liegt in der Invarianz der Maxwellschen Gleichungen gegenüber Lorentz-Transformationen, d. h. die Maxwellschen Gleichungen gelten, ob wir die vom ruhenden oder die von einem beliebig bewegten Beobachter gemessenen Feldgrößen (z. B. eines bestimmten Raumelementes eines oder desselben elektromagnetischen Feldes) in sie einsetzen. Die spezielle Relativitätstheorie zwingt zur Beschreibung des Feldes durch Vierervektoren, welche drei räumliche und eine zeitliche Komponente haben. Diese erst sind invariant (d. h. deren Betrag ist unabhängig vom Beobachter) und haben daher allein einen vom Bewegungszustand des Beobachters unabhängigen physikalischen Sinn. Bilden wir in vierdimensionaler Rechnung aus dem Maxwellschen Tensor der fiktiven Spannungen und dem Flächennormalen-Vektor die Kraft und multiplizieren diese mit der Vierergeschwindigkeit, so erhalten wir eine Leistung. Diese skalare Größe ist gleich groß, ob der Beobachter ruht oder sich mit dem Feld bewegt, woraus als Spezialfall die schon oben hergeleitete Beziehung folgt

---

Mitteilungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

Bekanntmachung über Prüfungen und Beglaubigungen durch die Elektrischen Prüfämter[1].

Nr. 281.

Auf Grund des § 10 des Gesetzes vom 1. VI. 1898, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, wird dem System $\boxed{120}$ folgende Elektrizitätszählerform als Zusatz eingereiht.

Zusatz zu System $\boxed{120}$, die Form W 9, Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom, hergestellt von der **Siemens-Schuckertwerke Aktiengesellschaft** in Nürnberg.

Berlin-Charlottenburg, den 22. IV. 1930.

Der Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt:
Paschen.

Beschreibung.

Zusatz zu System $\boxed{120}$,

die Form W 9, Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom, hergestellt von der Siemens-Schuckertwerke Aktiengesellschaft in Nürnberg.

Die durch die Bekanntmachungen Nr. 216 vom 18. V 1926 (ETZ 1926, S. 858) und Nr. 263 vom 29. VI. 1928 (ETZ 1928, S. 1480) als Zwei- und Dreileiterzähler für Stromstärken von 1,5 ... 30 A, Spannungen bis 260 V und Frequenzen von 40 ... 60 Hz zur Beglaubigung zugelassenen Wechselstromzähler der Form W 8* des Systems $\boxed{120}$ werden auch in geänderter Ausführung unter der Formbezeichnung W 9 hergestellt. Die Zähler der Form W 9 können für die gleichen Meßbereiche wie die Zähler der Form W 8* beglaubigt werden. Sie unterscheiden sich von diesen in folgenden Punkten:

1. Der Rückschlußbügel für die wirksamen Spannungskraftlinien ist mit dem Stromeisen nicht mehr durch Schrauben fest verbunden oder in entsprechende Ausschnitte der Stromeisenzinken eingeschoben. Er dient daher nicht mehr wie bei den Zählern der Form W 8* gleichzeitig als magnetischer Nebenschluß zu dem Stromeisen. Dafür ist ein besonderes magnetisches Nebenschlußstück in schwalbenschwanzförmige Ausschnitte der Stromeisenzinken eingeschoben.

2. An die Außenzinken des Spannungseisens sind kleine Polflächen angesetzt.

3. Der Stellhebel für die Reibungskompensation ist mit einer besonderen Vorrichtung versehen, die seine Einstellung erleichtert.

4. Die Kupferquerschnitte der Hauptstromwicklung sind bei ungeänderter Amperewindungszahl erhöht.

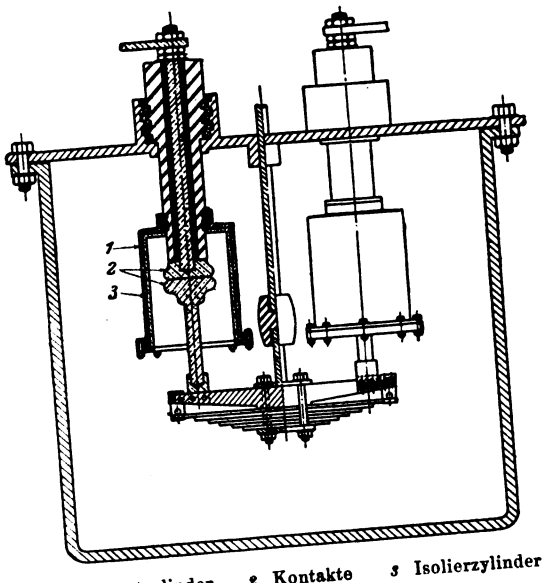
[1] Reichsministerialblatt 1930, S. 314.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Apparate.

Die Unterbrechung hoher Leistungen und ein neuer Ölschalter mit Lichtbogenunterdrückung. — Ein Aufsatz von L. C. Grant bietet viel Interessantes, besonders hinsichtlich der Verschiedenheit der Anschauungen in England und Deutschland. Der Verfasser hat umfangreiche Ausschaltversuche an kleineren Ölschaltern vorgenommen, dabei oszillographische Aufnahmen gemacht und sich bemüht, ein Kriterium für die Beanspruchung bzw. Überanspruchung (distress) des Schalters zu schaffen. Er hat hierfür schließlich den Ausweg gefunden, in



1 Magnetzylinder 2 Kontakte 3 Isolierzylinder

Abb. 1. Einphasen-Ölschalter mit stabilisiertem Lichtbogen.

die Wandung des Ölgefäßes eine Art von Membran einzubauen und deren Ausbauchung unter dem bei der Leistungsunterbrechung auftretenden Druck als Maßstab zu nehmen. Wieweit das berechtigt ist, läßt sich an Hand der recht spärlichen Angaben über die Versuchschalter, über Bemessung und Lage der Membran, über die Art der Messung schwer beurteilen. Solange die Schalterwandungen nicht zerreißen, ist der Druck unwesentlich, und welche Deformation der Versuchsmembran dem tatsächlichen Aufreißen des wirklichen Schalters entspricht, ist höchst zweifelhaft.

Schon über den Begriff der Schaltleistung sind die Meinungen hüben und drüben geteilt. Der Verfasser rechnet sie als Produkt der ersten Stromwelle des Kurzschlusses (einschl. Gleichstromglied) und der vollen Betriebspannung, während in Deutschland (R.E.H./1929) der Wechselstromanteil des tatsächlich unterbrochenen Stromes und die wiederkehrende (also durch Zusammenbruch des Magnetfeldes im Generator verringerte) Spannung zugrunde gelegt werden[1]. Der Wert, der so aus dem gleichen Oszillogramm herausgelesen wird, kann in England ein Mehrfaches des deutschen Wertes betragen, besonders wenn die Versuche unmittelbar am Generator stattfinden. So erklärt es sich, daß die Zahlen für die zu bewältigende Kurzschlußleistung für unsere Begriffe erstaunlich hoch sind. Ein dritter Punkt, der Beachtung verdient, ist die Ausführung der Versuche mit nicht sehr großen Leistungen an einem kleineren Modell und ihre Umrechnung auf den großen Schalter. Der Verfasser benutzt dazu (Fig. 25 seiner Arbeit) als Maßstab die dritte Wurzel aus dem Produkt des inneren Druckes und des Schaltervolumens. Die Punkte der Kurve, mit der diese Umrechnung begründet werden soll, fallen ganz schön in die gezeichnete Gerade, aber es ist doch nicht überzeugend, daß eine Extrapolation nach diesem Gesetz bis zu Leistungen von 2500 MVA zuverlässig sein soll[2].

[1] Hierzu vgl. Kaufmann, ETZ 1930, S. 895.
[2] Vgl. a. Kesselring, ETZ 1930, S. 508.

Der Verfasser hat in jahrelanger Arbeit eine große Anzahl von Ausschaltversuchen gemacht, er erwähnt, daß es etwa 800 Versuche waren. Dabei wurden immer größere Gruppen zusammengefaßt, um den einen oder anderen wichtigen Faktor zu verändern und seinen Einfluß kennenzulernen. Es würde im Rahmen eines kurzen Referates zu weit führen, hier diese einzelnen Schlußfolgerungen zu besprechen; es sei nur darauf hingewiesen, daß bei der großen Streuung der Versuche, insbesondere bei dem Umstand, daß der Zeitpunkt der Unterbrechung im Verhältnis zur Stromwelle anscheinend nicht festgelegt war, allenfalls eine vollständige statistische Bearbeitung zu einem Urteil berechtigt, daß man aber nicht aus einigen herausgegriffenen Einzelversuchen weitergehende Schlüsse ziehen sollte. Was der Verfasser aber wirklich veröffentlicht, scheinen nur solche einzelnen Beispiele zu sein, die nicht überzeugend wirken. Aus dem gesamten Material, das ihm vorliegt, zieht der Verfasser den merkwürdigen Schluß, daß die übliche Leistungsabgabe (commercial rating) in 96,5 % der Fälle Sicherheit gebe, daß aber 3,5 % Wahrscheinlichkeit vorhanden sei, daß der Schalter versagen könne. Wie es möglich ist, bei so stark streuenden Versuchen die Wahrscheinlichkeit auf ½ % genau auszurechnen, wird nicht erklärt. Wenn man die Versuche an der Maschine macht, wie dies dort augenscheinlich immer geschehen ist, und nach der englischen Berechnungsmethode eine hohe Schaltleistung herausrechnet, so wird die Sache bedenklich, wenn man in einem größeren Netz fern von der Zentrale die gleiche gerechnete

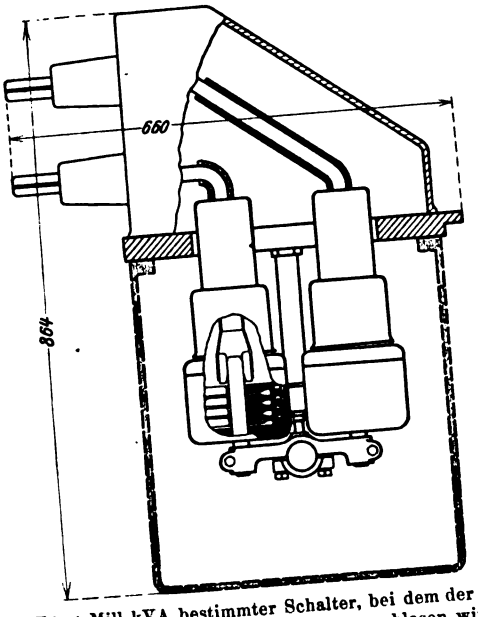


Abb. 2. Für 1 Mill kVA bestimmter Schalter, bei dem der Lichtbogen magnetisch zwischen Metallscheiben geblasen wird.

Leistung ausschalten will, denn dann sinkt der Strom nicht von dem ersten Amplitudenwert schnell herab, und die wiederkehrende Spannung hat dann den vollen Wert. Der Schalter, der nach englischer Rechnung in der Zentrale gerade noch genügt, wird bei gleicher rechnerischer Kurzschlußleistung draußen im Netz (natürlich einem anderen, größeren Netz) unbedingt versagen.

Wenn man nun statt der angegebenen begrenzten eine 100prozentige Sicherheit haben will, so muß man den Schalter für eine n-mal größere „übliche Leistung" wählen, und der Verfasser gibt an, daß $n = 2{,}5$ sei. Statt 1000 MVA „üblicher Leistung" muß man einen Schalter von 2500 MVA „üblicher Leistung" oder 1000 MVA „tatsächlicher Leistung" (actual rating) wählen, wenn man bei 1000 MVA volle Sicherheit haben will. Umgekehrt bietet der Schalter von 1000 MVA „üblicher Leistung" die volle Sicherheit nur bei 400 MVA. Es ist Sache des Abnehmers, zwischen der enormen Preissteigerung und der zahlenmäßig nicht so großen Unsicherheit ein Kompromiß zu schließen. Der Faktor 2,5 scheint darauf zurückzuführen zu sein, daß die englische Berechnung sich doch erheblich weiter von den physikalischen Tatsachen entfernt als die deutsche.

Digitized by Google

Richtig wäre es, aus dem Oszillogramm das Produkt der gleichzeitigen Spannungs- und Stromwerte über die Lichtbogendauer zu integrieren.

Mit der angeführten Vernachlässigung des Strom- und Spannungsabklingens bei Berechnung der zulässigen Leistung scheint auch die Feststellung zusammenzuhängen, daß die Ausschaltung bei etwa 55 ° Phasenwinkel ($\cos\varphi = 0{,}6$) besonders ungünstig sei. Der Verfasser zieht hieraus den Schluß, daß Strombegrenzungsreaktanzen unter Umständen direkt schädlich wirken können, indem sie die Phasenverschiebung so ungünstig beeinflussen, daß die Verringerung des Stromes dadurch mehr als kompensiert werde. In einem Anhang wird die Benutzung von Vorschaltwiderständen empfohlen, die normal durch Schnellschalter oder Sicherungen überbrückt sind (letzteres ist in Deutschland vor vielen Jahren patentiert worden).

An Hand seiner umfangreichen Arbeiten kommt der Verfasser zu einem neuen Ölschalter, der mit geringen Mitteln und kleinen Abmessungen riesenhafte Leistungen unterbrechen soll; er benutzt zunächst eine Stabilisierung des Lichtbogens mittels eines magnetischen Zylindermantels, der den Lichtbogen ähnlich einer Löschkammer allseitig umgibt (Abb. 1), und unterdrückt ferner den Lichtbogen durch intensive Kühlung an sehr großen Metallmassen. Die Stromunterbrechungs-Stücke sind sehr massiv ausgeführt, und der Lichtbogen wird auf magnetischem Wege radial zwischen dicke Metallscheiben geblasen, an denen er erlischt (Abb. 2). Nur bei großen Leistungen wandert er weiter nach außen, wo er durch eine enge Öffnung gezwängt und damit sicher unterdrückt wird. Das Öl dient nur noch zur Isolierung gegen geerdete oder anderes Potential führende Metallteile, es ermöglicht eine erhebliche Verkleinerung der Abmessungen. Der Schalter soll bis zu den höchsten Leistungen geräuschlos und ohne Druckbildung im Inneren arbeiten. Genügende Unterlagen zur Beurteilung dieser Behauptungen fehlen. Eine Zahlentafel über wenige Modellversuche in verkleinertem Maßstab wirkt nicht überzeugend. Das beigefügte Literaturverzeichnis enthält keinen Hinweis auf Arbeiten des VDE oder anderer deutscher oder deutschsprachiger Kreise, obwohl doch auch hier etwas geleistet wurde. (L. C. Grant, Advance Copy eines Vortrages im Inst. of El. Engineers, London, Jan. 1930.) *G. J. M.*

Elektromaschinenbau.

Das Stromdiagramm der Synchronmaschine mit ausgeprägten Polen. — Das Ziel einer Arbeit von J. Schammel ist, für die Synchronmaschine mit ausgeprägten Polen das Stromdiagramm, d. i. die Ortskurve des Ankerstromes für konstante Klemmenspannung und konstant gehaltene Erregung mit Hilfe der symbolischen Rechnungsmethode exakt abzuleiten und näher zu untersuchen. Dabei werden in üblicher Weise die Eisenverluste vernachlässigt und der magnetische Zustand der Maschine als unveränderlich, also geradlinige Magnetisierungscharakteristik vorausgesetzt.

Es seien für einen Strang (eine Phase) der Ankerwicklung R der Wirkwiderstand, X_q und X_l der Querfeld- bzw. Längsfeld-Blindwiderstand, beide einschließlich des Streufeld-Blindwiderstandes; bei Mehrphasenmaschinen ist in X_q und X_l auch die Rückwirkung der anderen Wicklungsstränge zu berücksichtigen. Ferner bedeuten die mit deutschen Buchstaben bezeichneten Vektoren $\mathfrak{J}$ den Ankerstrom, $\mathfrak{U}$ die Klemmenspannung und $\mathfrak{E}$ die vom Magnetsystem induzierte EMK für einen Ankerwicklungsstrang; dabei ist der Richtungsinn von $\mathfrak{J}$ gegenüber $\mathfrak{U}$ so festgesetzt, daß der Betrag der Phasenverschiebung zwischen beiden beim Generator größer, beim Motor kleiner als 90 ° ist. φ sei der äußere Phasenverschiebungswinkel zwischen $\mathfrak{J}$ und $\mathfrak{U}$, ψ der innere Phasenverschiebungswinkel zwischen $\mathfrak{J}$ und $-\mathfrak{E}$, beide in Richtung vom Strom nach der Spannung zu zählen; dann ist die Phasenverschiebung zwischen $-\mathfrak{E}$ und $\mathfrak{U}$, welche die Verdrehung des Polrades gegen seine Stellung bei vollkommenem Leerlauf ($\mathfrak{J} = 0$) angibt, $\vartheta = \varphi - \psi$. Der (konstant gehaltene) Erregerstrom werde mit I_e, sein Wert im Falle vollkommenen Leerlaufs mit I_{e_0} bezeichnet und das Verhältnis beider $I_e/I_{e_0} = \delta$ gesetzt. Dann lautet die symbolische Spannungsgleichung, die sowohl aus dem bekannten Vektordiagramm als auch mit Hilfe der Induktivitäten der Synchronmaschine abgeleitet werden kann, für Mehrphasenmaschinen wie auch für die Einphasenmaschine:

$$\mathfrak{U} = \delta\,\mathfrak{U}\,\varepsilon^{-j\vartheta} + R\,\mathfrak{J} + j\,\frac{X_l + X_q}{2}\,\mathfrak{J} - j\,\frac{X_l - X_q}{2}\,\mathfrak{J}\,\varepsilon^{j2\varphi}\,\varepsilon^{-j2\vartheta}. \qquad (1)$$

Wird als Parameter für die gesuchte Ortskurve des Ankerstromes der charakteristische Winkel ϑ bzw. dessen Funktion $\operatorname{tg}(\vartheta/2) = \tau$ gewählt, so ergibt sich nach entsprechender Umformung von Gl. (1) die symbolische Gleichung für das Stromdiagramm zu

$$\mathfrak{J} = \frac{\mathfrak{U}}{R + j\,X_q}\,\frac{(1-\delta)(R^2 + X_q^2) + 2\,[R\,(X_l - X_q) + j\,(R^2 + X_l\,X_q)]\,\tau - (1+\delta)(R^2 + X_q^2)\,\tau^2}{(R^2 + X_l\,X_q)(1 + j\,\tau)^2} \qquad (2)$$

Dies ist bei konstantem $\mathfrak{U}$ und δ die Gleichung einer Pascalschen Schnecke in der von Bloch[1] angegebenen Form. Das Stromdiagramm einer Synchronmaschine mit ausgeprägten Polen ist also bei konstantem Erregerstrom eine Pascal-Schnecke und besteht für verschiedene Erregungen aus einer Schar Pascalscher Schnecken

Der Ausdruck (2) für $\mathfrak{J}$ läßt sich nun in drei Glieder zerspalten: $\mathfrak{J} = \mathfrak{D} + \mathfrak{K}_1 + \mathfrak{K}_2$. Das erste Glied ist eine Konstante und stellt den Vektor vom Ursprung nach dem gemeinsamen Doppelpunkt der Pascalschen Schnecken dar. Das zweite Glied ist gleichfalls von der Erregung δ unabhängig; es stellt einen Doppelkreis durch den Ursprung dar, dessen Mittelpunkt $\mathfrak{C}_1$ und Radius r_1 sind. Der Ausdruck $\mathfrak{D} + \mathfrak{K}_1$ bedeutet daher einen Doppelkreis durch den Singulärpunkt der Pascalschen Schnecken mit dem Mittelpunkt $\mathfrak{C} = \mathfrak{D} + \mathfrak{C}_1$ und dem Radius r_1. Das dritte Glied ergibt sich als Gleichung eines Kreises mit dem Mittelpunkt im Ursprung und mit gleichmäßig über den Umfang verteilter ϑ-Skala in der Weise, daß zu einem Parameterwert ϑ der Endpunkt desjenigen Radius gehört, welcher gegen eine feste Ausgangsrichtung (für $\vartheta = 0$) um den Winkel $-\vartheta$ verdreht ist. Der Radius r_2 dieses Kreises ist zu δ und daher auch dem Erregerstrom direkt proportional.

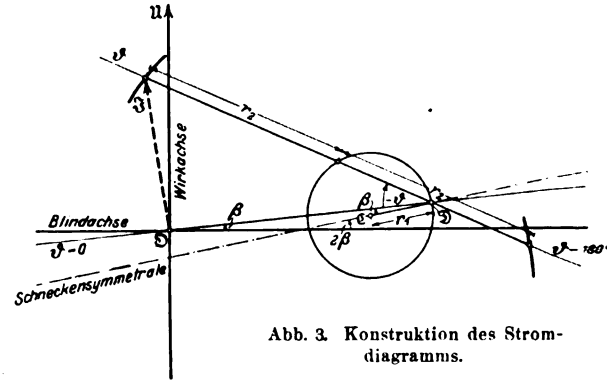


Abb. 3. Konstruktion des Stromdiagramms.

Die vorigen Entwicklungen führen zur Konstruktion der Pascalschen Schnecken als Kreiskonchoiden (Abb. 3). Man erhält die einzelnen Punkte des Stromdiagramms, indem man in einem Kreise $\mathfrak{D} + \mathfrak{K}_1$ von einem festen Punkte $\mathfrak{D}$ der Peripherie aus die Sehnen zieht und diese um eine konstante Strecke r_2 verlängert bzw. verkürzt; hierbei liegt der zu einem Parameterwert ϑ gehörige Punkt auf dem Strahl durch $\mathfrak{D}$, welcher gegenüber dem durch den Ursprung gehenden Anfangstrahl für $\vartheta = 0$ um den Winkel ϑ zurückgedreht ist.

Am Schluß der Arbeit wird noch auf symbolischem Wege abgeleitet, daß die Punkte gleicher mechanischer Leistung N_m (unter Vernachlässigung der Eisen- und Reibungsverluste) auf konzentrischen Kreisen mit dem Mittelpunkt $\mathfrak{U}/2R$ liegen. Dabei gehört zu einer Leistung N_m der Kreis, dessen Radius durch die Beziehung

$$r_n = \sqrt{\left(\frac{U}{2R}\right)^2 - \frac{N_m}{R}} \qquad (3)$$

gegeben ist. (J. Schammel, Arch. El. Bd. 23, H. 2. S. 237.)

Reduktionen, Magnetisierungsstrom und Streureaktanz beim Transformator. — Die Reduktion der Sekundärgrößen auf die primären Wicklungsdaten ist in der Literatur — besonders dann, wenn es sich um die Behandlungsweise mit totalen Reaktanzen und der Wechselreaktanz handelt — meist in Dunkel gehüllt; oft wird sogar mit falsch reduzierten Größen operiert. E. Grünwald zeigt zunächst, daß die beiden Grundgleichungen für das Spannungsgleichgewicht des Transformators im Primär- und Sekundärteil, aus denen man die primären und sekundären Ströme und Leistungen errechnen kann,

[1] O. Bloch, Die Ortskurven der graphischen Wechselstromtechnik, S. 84/88. Zürich 1917.

Digitized by Google

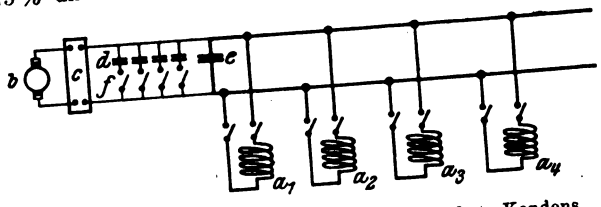
nicht für einen Transformator gelten, sondern für eine ganze Transformatorenreihe mit immer anderen Reduktionsfaktoren und dementsprechend mit immer anderem reduzierten Sekundärstrom, Magnetisierungstrom, Nutzfluß und mit verschiedener Aufteilung der Streuung auf Primär- und Sekundärteil bei konstanter totaler Streureaktanz. Anschließend wird der richtige Reduktionsfaktor, der zu einem bestimmten vorliegenden Transformator gehört, abgeleitet. Es ergibt sich, daß zu seiner Darstellung die Größen, die in den Grundgleichungen vorkommen, allein nicht genügen, daß dazu vielmehr die Trennung der totalen Reaktanzen in Streu- und Nutzreaktanzen nötig ist. Die beiden Reduktionsfaktoren, die von dieser Trennung absehen, nämlich M/L_2 und L_1/M, gelten eben nicht für den vorliegenden Transformator, sondern für Ersatztransformatoren, u. zw. einmal für den Ersatztransformator mit streuungslosem Sekundärteil und dann für den mit streuungslosem Primärteil, die zwar den Grundgleichungen genügen, also für die Ströme und Leistungen die gleichen Werte liefern, nicht aber für reduzierten Sekundärstrom, Magnetisierungstrom, gemeinsamen Fluß und gegebenenfalls daraus errechnete Eisenverluste. (Damit kann die totale Streureaktanz auch definiert werden als konzentrierte Primärstreuung des Ersatztransformators mit streuungslosem Sekundärteil.) Wird dagegen die Trennung der totalen Reaktanzen in Streu- und Nutzreaktanzen vorgenommen, so lassen sich die Diagramme, die mit der totalen und der Wechselreaktanz arbeiten, mit denen, die mit Streu- und Nutzreaktanzen arbeiten, zur Deckung bringen. Resultate, die in der einen Form gegeben sind, lassen sich mit Hilfe der angeführten Überführungsgleichungen auf die zweite Form bringen. Die an Hand des Transformatordiagrammes gewonnenen Resultate sind auch für die Diagramme der meisten anderen elektrischen Maschinen von grundlegender Bedeutung. (E. Grünwald, Arch. El. Bd. 23, H. 1, S. 95.)

Beleuchtung.

Licht- und Temperaturschwankungen wechselstromdurchflossener Glühlampen. — Bei wechselstromdurchflossenen Glühfäden erleidet infolge der Wärmeträgheit des Fadens die Temperatur eine Phasenverzögerung gegenüber der zugeführten elektrischen Leistung. Zwischen dieser Phasenverzögerung, den geometrischen Dimensionen des Fadens und den Materialkonstanten (Dichte, elektrischer Widerstand, Wärmekapazität, Wärmeleitfähigkeit) gelten ganz bestimmte, mathematisch darstellbare Beziehungen, so daß, wenn alle übrigen Konstanten bekannt sind, sich beispielsweise aus der Phasenverzögerung die Wärmeleitfähigkeit berechnen läßt. Die Temperaturkurve läßt sich aus der Lichtemissionskurve ermitteln: für hinreichend kleine Schwankungen haben beide die gleiche Phase, während die Amplitude der Lichtschwankungen bei Glühlampentemperatur den 10 ... 12-fachen Wert der Temperaturschwankungsamplitude erreicht. Mit Hilfe einer rotierenden Sektorscheibe werden Licht- und Stromkurven verschiedener Glühlampentypen punktweise aufgenommen; die Lichtemission wird mit einer Alkalizelle, die zugehörige Stromstärke mit einer Oszillographenschleife gemessen. Die Phasenverschiebung zwischen Licht- und Leistungskurve beträgt bei den untersuchten Lampen nahezu 90°, so daß einer Fehlermessung des Winkels von 1 ... 2° ein Fehler der Tangente von 100 % und mehr entspricht. Um einigermaßen brauchbare Werte für die Tangente zu erhalten, wurde daher eine Methode angewandt, die die Phasenverschiebung auf Bruchteile eines Grades genau bestimmen läßt. Die an die zu messende Lampe angelegte Spannung wird gleichzeitig unter Zwischenschaltung von Induktivität und regelbaren Widerständen an die Gitter zweier Verstärkerröhren gelegt. Die Gittervorspannung wird so gewählt, daß die Summe beider Anodenströme nahezu sinusförmig verläuft. Die Frequenz dieser Stromkurve ist gleich der Frequenz der Spannungsquadratkurve der Lampe, während ihre Phase meßbar geregelt werden kann. Die Lichtemission wird wiederum gemessen mit Hilfe einer Alkalizelle, deren Strom über eine Verstärkerröhre geleitet wird. Die Anodenspannung dieser Verstärkerröhre wird kompensiert gegen die Anodenspannung der beiden Frequenzverdoppler-Röhren. Als Meßinstrument dient ein Scheringsches Vibrationsgalvanometer. Es gelingt mit dieser Methode, die Tangente der Phasenverschiebung für Lampen bis zu 60 W auf einige Prozent genau zu bestimmen. Die gemessenen Phasenverschiebungen sind bedeutend größer als nach der Theorie zu erwarten wäre. Die Abweichung wird erklärt aus den nicht zu vernachlässigenden Wärmeverlusten an den Enden des Drahtes. Eine Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit nach der angegebenen Methode dürfte daher nur möglich sein, wenn es gelingt, diese Wärmeverluste zu kompensieren. (J. Kurth, Arch. El. Bd. 23, H. 1, S. 124.)

Heizung. Öfen.

Kernlose Induktionsöfen in der Stahlgießerei der Babcock & Wilcox Tube Co. in Beaver Falls, Pa. — Bei dieser Gesellschaft wurden im Januar 1927 vier kernlose Induktionsöfen der Ajax-Northrup-Art aufgestellt, die sich jetzt über zwei Jahre täglich in Betrieb befinden. Die meistens hergestellten Metalle mit hohem Widerstand gegen Wärme, Abnutzung und chemische Einflüsse erfordern Gießtemperaturen von 1595 ... 1760°. Die tägliche Erzeugung in 9 h beträgt 1800 kg, oft werden aber in zwei Schichten 3600 kg erzeugt. Der größte Vorteil der Einrichtung besteht darin, daß man dauernd Stahl von gleicher Zusammensetzung herstellen kann. So betrug der Unterschied im Chromgehalt in 25 aufeinanderfolgenden Schmelzen einer Legierung von 28 % Chrom, 8 % Nickel und 0,50 % Kohlenstoff nur 1,5 % zwischen der höchsten und niedrigsten Schmelze, im Nickelgehalt nur 0,75 % und im Kohlenstoffgehalt 0,06 %.



a Öfen *c* Ölschalter *e* feste Kondens.
b Generator *d* veränd. Kondens. *f* Schalter

Abb. 4. Schaltbild für Induktionsöfen.

Die Öfen werden mit Hochfrequenzstrom gespeist, der von einem Motorgeneratorsatz geliefert wird. Der den Generator antreibende Synchronmotor hat 250 PS, 2200 V, 3 Phasen, 60 Hz. Der Generator ist einphasig, für 150 kW. Die vier Öfen $a_1 \ldots a_4$, von denen zwei eine Leistung von 180 kg, die beiden anderen von 455 kg haben, stehen in einer Reihe, das Schaltbild ist in Abb. 4 gezeigt. Folgende Zahlentafel zeigt die Ablesungen während einer 455 kg-Schmelze von einer Legierung mit 22 % Chrom und 23 % Nickel.

Zeit Min.	Generator Volt	Generator Amp.	Generator kW
0	900	200	175
5	1000	182	175
20	1000	175	175
35	970	185	175
50	900	200	175
65	940	200	175
80	900	200	175
95	900	200	175
110		gegossen	
120			

Gießtemperatur: 1595°. Schmelzdauer: 2 h. Am Motor gemessen: 490 kWh; für 910 kg Metall 980 kWh.

Der durchschnittliche kW-Verbrauch auf 1 t beträgt ungefähr 950 kWh für die großen Öfen und 850 kWh für die kleineren Öfen einschließlich des Stromes zum Halten auf Temperatur während des Gießens. Wenn Schnelldrehstahl-Blöcke gegossen werden, geht der Stromverbrauch oft auf 660 kWh/t herunter. Gewöhnlich werden die Metalle in einer sauren Ausmauerung, die etwa 200 Schmelzen vor einer Erneuerung aushält, geschmolzen. (Iron Trade Rev. Bd. 85, S. 25.) *Ill.*

Installation.

Fafra-Berührungschutzfassung. — Die Fafra-Fassung gehört zu denjenigen, bei welchen die Lampe in einen aus Isolierstoff bestehenden Körper eingeschraubt und die Berührung des Lampensockels mit den spannungführenden Kontakten erst gegen Ende des Einschraubvorganges erfolgt, wenn die Lampe bereits so tief in der Fassung sitzt, daß eine Berührung spannungführender Teile mit der Hand nicht mehr möglich ist. Der Fassungstein aus Porzellan ist so ausgebildet, daß er auch das Fassungsgewinde aufnimmt. Er ist eingebettet in den Metallmantel 6

Digitized by Google

(Abb. 5). Auf diesen wird die Kappe *2* (Abb. 6) gesetzt und mittels der Schraube *5* (Abb. 5) am Fassungstein befestigt. Die Fassung hat also ein glattes Aussehen; das nicht gerade schöne Außengewinde ist vermieden, ferner fehlt die Madenschraube. Der in der Kappe *2* drehbar angeordnete Nippel besitzt nämlich einen Bügel *3* (Abb. 7). Hat man die Litzenenden *4* durchgezogen (Abb. 6), so faßt man diesen Bügel mit einer Flachzange (Abb. 6) und zieht ihn unter Festhalten der Kappe fest. Dadurch wirkt der Nippel wie eine Doppelmutter, und die Kappe ist nur auf gleiche Weise wieder zu lösen. Nachdem man die Litzenenden dann an den Klemmen des Fassungsteins befestigt

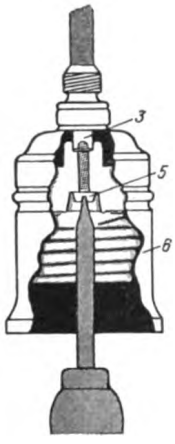


Abb. 5. Montage des Fassungsteins.

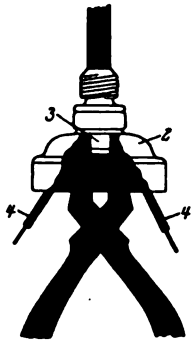


Abb. 6. Festziehen des Nippels.

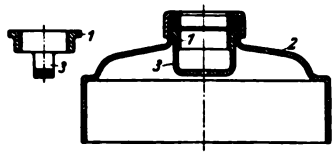


Abb. 7. Schnitt durch Kappe mit Nippel.

hat, zieht man mit Schraubenzieher die unverlierbare Schraube *5* an (Abb. 5), wodurch sich der Fassungstein an den Bügel drückt. Ein Auseinanderfallen der Fassungsteile beim Einschrauben der Lampe ist unmöglich. Die Fassung wird von der Firma Friedrich Stübling G. m. b. H., Farnroda-Frankfurt a. M., hergestellt. *fi*

Bahnen und Fahrzeuge.

Die Elektrisierung der Zahnradbahn Visp—Zermatt[1]. — Die für 1000 mm Spur gebaute Bahn Visp—Zermatt überwindet bei einer Länge von 35 km einen Höhenunterschied von rd. 950 m. Sie ist als gemischte Bahn ausgeführt und hat außer den Reibungstrecken 5 Steilstrecken von 100 ... 125 ‰ Steigung, die mit Doppelzahnstange Bauart Abt ausgerüstet sind. Bei der Umstellung von Dampfbetrieb auf elektrischen Betrieb wurden ebenfalls Lokomotiven gewählt, die bei einem zulässigen Achsdruck von 12 t für eine Anhängelast von 60 t zu bemessen waren. Bemerkenswert ist, daß die Lokomotiven als erste Zahnradlokomotiven mit Einphasenwechselstrom betrieben werden, der dem Netz der SBB in Visp unter Zwischenschaltung eines Transformators 15/10,5 kV entnommen wird.

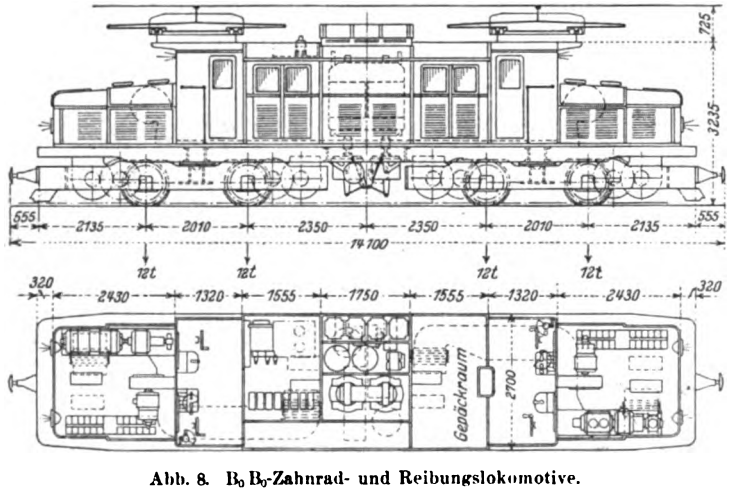


Abb. 8. B_0B_0-Zahnrad- und Reibungslokomotive.

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1629.

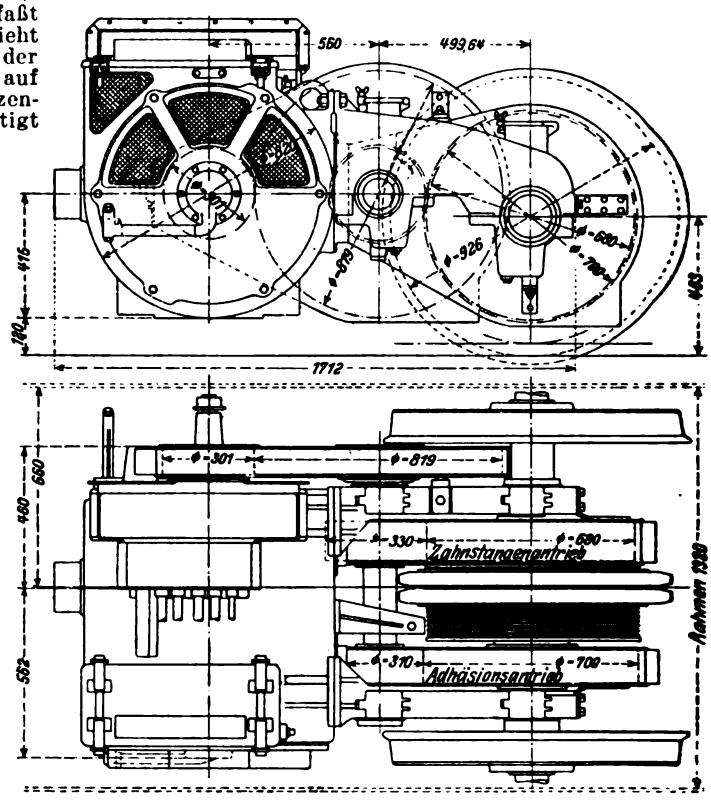


Abb. 9. Motor mit Triebwerk.

Die von der Maschinenfabrik Oerlikon gelieferten Lokomotiven (Abb. 8) sind als vierachsige Drehgestellokomotiven mit einem Gewicht von 48 t ausgeführt. Jede Achse wird durch einen kompensierten Einphasen-Kollektormotor mit Fremdlüftung angetrieben, alle vier Motoren liegen in Reihe. Die Stundenleistung der Lokomotive beträgt 470 kW, die Dauerleistung 412 kW. Die Stundenzugkraft ist 8650 kg, die größte Zugkraft beim Anfahren auf 125 ‰ 14 000 kg.

Die Motoren arbeiten mittels eines doppelten Vorgeleges auf die Triebachsen (Abb. 9). Das auf der Ankerwelle sitzende Ritzel ist mit einer Rutschkupplung versehen. Die Zwischenwelle hat zwei Ritzel, von denen das eine auf die Triebachse mit den fest aufgezogenen Triebrädern, das andere auf das auf der Triebachse drehbar aufsitzende Abtsche Zahnrad arbeitet. Die Gesamtübersetzung zwischen Motorwelle und Reibungsantrieb ist 6,2 : 1, diejenige zwischen Motorwelle und Zahnradantrieb 5,6 : 1. Auf den Reibungstrecken läuft das kleine Vorgelege leer mit, während auf den Zahnstangenstrecken das Vorgelege der Reibungsräder mitarbeitet.

Die Lokomotiven sind mit drei Bremsvorrichtungen versehen, einer Luftsaugebremse Bauart Hardy, welche auch den ganzen Zug bremst, einer Handbremse für Reibungs- und Zahnstangenbetrieb und einer elektrischen Kurzschlußbremse. Beim elektrischen Bremsen werden die in Reihe liegenden Felder der vier Motoren durch Gleichstrom fremderregt, während die Anker unter sich und mit einem Bremswiderstand in Reihe liegen. Bei der Talfahrt wird die elektrische Bremse als Betriebsbremse benutzt.

An Hilfsbetrieben sind eingebaut: zwei Gebläsegruppen für die Triebmotoren, eine Gebläsegruppe für den Transformator und die Bremswiderstände, ein Maschinensatz, bestehend aus einem Verdichter für die Druckluft

Digitized by Google

der Steuergeräte und einer Luftpumpe für die Hardy-Bremse, ein Maschinensatz mit einem Gleichstromgenerator zum Laden der Hilfsbatterie und einem Gleichstromgenerator für die Bremserregung, ferner eine Nickeleisenbatterie von 48 Zellen mit 120 Ah bei vierstündiger Entladung für Steuerung und als Aushilfe für die Bremserregung beim Wegbleiben der Linienspannung.

Bei den Versuchsfahrten im August v. J. betrug der Stromverbrauch mit einem Zug von 108 t bei der Bergfahrt 585 kWh und bei der Talfahrt 150 kWh entsprechend einem mittleren Verbrauch von 97 Wh/Brutto-tkm. Die Messung erfolgte auf der 15 kV-Seite des Stationstransformators, berücksichtigte also die Verluste in diesem Transformator und in der Fahrleitung. (Schweiz. Bauzg. Bd. 94, S. 193, u. Bull. Oerlikon Nr. 102, S. 481). *Hd.*

Neue Bahnelektrisierungen in den V. S. Amerika. — Der Umfang der gegenwärtig in der Umstellung auf elektrischen Betrieb befindlichen Strecken in den Staaten ist größer als je zuvor. Abgesehen von zahlreichen Vorortstrecken um New York, Chicago, Philadelphia, New Jersey usw. befindet sich die Strecke New York—Wilmington nebst einer Anzahl von Nebenlinien in Arbeit. Es handelt sich insgesamt um ungefähr 1000 Streckenkilometer mit einer Gleislänge von rd. 3000 km, für welche z. Z. etwa 80 Lokomotiven und 250 Triebwagen im Bau sind. Die Gesamtkosten der genannten Arbeiten betragen rd. 200 Mill $. — An technischen Einzelheiten sind hervorzuheben: die 11 kV-Umformerlokomotiven der Great Northern Railway[1], auf welcher kürzlich auch die Teilstrecke durch den neuen Cascade-Tunnel dem Betrieb übergeben wurde; die Triebwagen der Vorortstrecken der Delaware, Lackawanna & Western Railway, die mit 3000 V Gleichstrom arbeiten; für Amerika stellt ferner auch die ausschließliche Verwendung von Gleichrichtern in den Unterwerken der zuletzt genannten Bahn eine Neuerung dar. — Beschlossen ist bereits der Ausbau von etwa 300 km weiterer Strecken, darunter der Linie Wilmington—Washington. Man rechnet damit, daß etwa 1936 der gesamte Verkehr zwischen New York und Washington auf der Pennsylvania Railway elektrisch geführt werden kann. — Von neuen Projekten verdient besonders das der Elektrisierung der 800 km langen Strecke New York—Buffalo der New York Central Railway Erwähnung, dessen Kosten auf 75 Mill $ geschätzt werden. (A. G. Oehler, Railway Age Bd. 88, S. 41.) *v. Str.*

Gleislose elektrische Bahnen[2]. — Gleislose elektrische Bahnen in England sind bereits in 28 Städten eingeführt und sollen in weiteren 18 Städten nachfolgen.

Die günstigen Berichte hierüber veranlaßten 21 deutsche Straßenbahndirektoren, städtische Bahndezernenten und Fachingenieure, eine Studienreise nach England zur Untersuchung der Wirtschaftlichkeit dieser elektrischen Oberleitungs-Omnibusse zu unternehmen und ihre Erfahrungen und Untersuchungen in einem Sonderdruck niederzulegen, der soeben erschienen ist. Besucht wurden die Städte Ipswich, Birmingham, Wolverhampton, Nottingham, Chesterfield, Maidstone, Hastings. Die Hauptbeweggründe der Einrichtung bzw. Umstellung vorhandener elektrischer Straßenbahnen waren die Notwendigkeit der völligen oder wesentlichen Erneuerung der Gleisanlagen und teilweise auch des Wagenparkes. Der Vergleich mit Benzin-Omnibussen fiel betreffs der Wirtschaftlichkeit stets zugunsten des elektrischen Betriebes aus. Meistens wurden erst Probestrecken gebaut und nach deren Gelingen der weitere Ausbau vorgenommen. Dabei wurde auch der Beweis erbracht, daß der Oberleitungs-Elektrobus vorwiegend auch den innerstädtischen Verkehr aufzunehmen, also bei dichter Wagenfolge wirtschaftlich zu arbeiten vermag. Er ist also nicht als ein Verkehrsmittel anzusehen, das für einige wenige untergeordnete Verkehrsbedürfnisse Vorteile verspricht, sondern er ist für große Aufgaben des Nahverkehrs und selbst für Massenbeförderung ernstlich ins Auge zu fassen und schon erprobt worden.

Der Betriebskoeffizient liegt zwischen 76 % und 63 % und die Wagenkilometerkosten betragen 50 ... 67 Pf. Als eine Annehmlichkeit wird hervorgehoben, daß die Fahrgäste ein- und aussteigen können, ohne den Bürgersteig zu verlassen, während man bei der Straßenbahn in den meisten Fällen den Straßendamm zu überschreiten hat. Ruhiger Lauf und sanftes Anfahren der Wagen wurden neben Ausweichfähigkeit und guter Bogenläufigkeit beobachtet. Der Reifenverbrauch wird 20 ... 25 % geringer angegeben als bei Benzinkraftwagen. Die Umstellung wird vom Staate unterstützt, indem er Anleihen für diesen Zweck bewilligt, die mit 10 % zu verzinsen und in 10 Jahren zu tilgen sind.

Der Bericht schließt zusammenfassend mit folgenden Sätzen: Der Oberleitungs-Omnibus ist tatsächlich ein angenehmes, bequemes und schnelles Verkehrsmittel, dessen leichter Lauf und hohe Anfahrbeschleunigung besonders hervorgehoben werden müssen. Auch die Wirtschaftlichkeit dieses Betriebes ist durchaus günstig. Seine Verwendung ist zu empfehlen für Verkehrslinien, die einmal später als Straßenbahn betrieben werden sollen, aber auch als Ersatz oder Verlängerung von Straßenbahnlinien, insbesondere wenn infolge starker Abnutzung eine Erneuerung des Oberbaues notwendig wird, endlich auch dort, wo enge verkehrsreiche Straßen eine Straßenbahn nicht mehr zulassen. Mitbestimmend für die Wirtschaftlichkeit sind allerdings gut unterhaltene Straßen. (A. Bertram, H. Nölkensmeier, A. Schiffer, Bericht üb. eine Studienreise v. 9. bis 15. VII. 1929 nach England z. Untersuchung d. Wirtschaftlichkeit von el. Oberleitungs-Omnibussen.) *M. S.*

Fernmeldetechnik.

Neue Fernkabel in Deutschland. — Das im Frühjahr 1929 in Wiedenbrück den Vertretern des CCI vorgeführte neue Siemenssche Pupinisierungssystem[1], das bei der Berliner Tagung des CCI im Juni als System II in die internationalen Vorschriften aufgenommen worden ist, gewährt die Möglichkeit, den Zweidrahtbetrieb in 1,4 mm starken Kabelleitungen mit betriebsicherer Sprechverständigung auf Entfernungen bis 1500 km auszudehnen; dadurch wird der Bedarf an den teuren Vierdrahtleitungen, die bisher schon bei Entfernungen von etwa 500 km ab benutzt wurden, erheblich eingeschränkt. Um die Bauart der Fernkabel diesem veränderten Bedarf anzupassen, sind über die Zusammensetzung der Kabel aus 0,9 mm und 1,4 mm starken Adern neue Festsetzungen getroffen worden. Die neuen Kabel haben die Formbezeichnungen E, F, G und H erhalten; die Adernzahl ergibt sich aus Zahlentafel 1, in der auch die Kabel der bisherigen Form (A, B, C) mit aufgeführt sind.

Zahlentafel 1.

Bezeichnung der Lage	Zahl der Aderpaare im Fernkabel															
	A		E		B		F		C		G		H			
	1,4 mm	0,9 mm	1,4 mm	0,9 mm	1,4 mm	0,9 mm	1,4 mm	0,9 mm	1,4 mm	0,9 mm	1,4 mm	0,9 mm	1,4 mm	0,9 mm		
1. Lage	14	—	24	—	14	—	24	—	14	—	24	—	24	—		
2. Lage	26	—	36	—	26	—	36	—	—	36	—	50	36	—		
3. Lage	—	56	—	66	—	56	48	—	—	—	—	—	—	—		
4. Lage	—	—	—	—	—	68	—	84	—	—	4	—	4	—		
Kern	—	2	4	—	—	2	4	—	—	2	4	—	—	—		
zusammen	40	58	64	66	40	126	112	84	14	38	28	50	64	—		
	98		130		166		196		52		78		64			

Wie bei den bisherigen Normalfernkabeln werden auch die neuen Fernkabel einen mit einem Bleimantel geschützten Kern haben. Er enthält ein aus 1,4 mm starken Kupferadern bestehendes Viererseil in DM-Verseilung und zwei elektrostatisch geschirmte Doppelleitungen mit 1,4 mm Aderdurchmesser. Zur Abschirmung wird voraussichtlich für jede Doppelleitung metallisiertes Papier verwendet werden. Das Viererseil dient ausschließlich den Meßzwecken und dem Dienstverkehr, während die beiden geschirmten Doppelleitungen für Musikübertragungen vorgesehen sind. Durch den geschlossenen Bleimantel sind die Kernleitungen gegen Störungen nach Möglichkeit geschützt. Der Aufbau des Kerns ist für die neuen vier Kabelarten der gleiche. Die Stärke und Zahl der Adern in den übrigen Lagen gibt Zahlentafel 1 an. Das E-Kabel ist als Ersatz für das A-Kabel, das F-Kabel als Ersatz für das B-Kabel, das G- und H-Kabel je nach Lage des Falles als Ersatz für das C-Kabel gedacht.

Die Vertragsbedingungen für die elektrischen Eigenschaften der Fernkabel sind, abgesehen von den neuartigen Doppelleitungen für Musikübertragung, unverändert geblieben. Die Betriebskapazität ist auf 0,0335 µF mit geringer Toleranz festgesetzt. Für die geschirmten Doppelleitungen im Kern ist eine Abweichung von diesem Wert nur nach unten zulässig. Die Übersprechkopplungen zwischen den geschirmten Leitungen für Musikübertragung und zwischen diesen und den Sprechkreisen des Viererseiles im Kern sind praktisch gleich Null. Die Nebensprechdämpfung zwischen den Leitungen für Musikübertragung und beliebigen anderen Sprechkreisen im Kabel ist bei betriebsmäßigem Abschluß der Leitungen größer als 14 Neper.

[1] ETZ 1929, S. 1418.
[2] Vgl. ETZ 1930, S. 19, 747, 911.

[1] ETZ 1929, S. 1242; 1930, S. 946.

Digitized by Google

Die Pupinisierung erfolgt nach dem neuen Pupinisierungssystem mit erhöhter Grenzfrequenz (System II). Die Stämme beider Leiterarten werden demgemäß mit 0,140 H, die Vierer mit 0,056 H bei einem Spulenabstand von 1,7 km belastet. Die dabei sich ergebenden Werte der Dämpfung usw. sind durch die Veröffentlichungen über die Versuchsergebnisse der Strecke Hannover—Wiedenbrück bekannt[1]. Jede der beiden im Kern befindlichen geschirmten Doppelleitungen für Musikübertragung wird im Regelspulenabstand mit 0,017 H pupinisiert. Für besondere Zwecke sind in der ersten Lage der neuen Normalfernkabel zwei leicht pupinisierte Viererseile mit 1,4 mm starken Adern vorgesehen; sie werden in den Stämmen mit Spulen von 0,03 H und in dem Vierer mit Spulen von 0,012 H belastet. Die Grenzfrequenz der Stämme ist rd. 7000 Hz, die des Vierers rd. 9200 Hz. (Dohmen, Europ. Fernspr. 1929, S. 232; 1930, S. 21.) *Bkm.*

Der Rundfunk im Schrifttum. — Die von der Deutschen Bücherei und der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft unter dem Titel „Deutsches Rundfunkschrifttum" herausgegebenen Berichte[2], die in monatlichen Abständen im Reichsverlagsamt Berlin NW 40 erscheinen, führen durchschnittlich in jedem Heft, also für einen Monat, 750 Titel von Abhandlungen über den Rundfunk auf. Fast die Hälfte der aufgeführten Schriften und Aufsätze behandelt technische Fragen. Allein über die mit dem Fernsehen zusammenhängenden Probleme sind in letzter Zeit in einem Monat durchschnittlich 40 Arbeiten erschienen. Sehr ergiebig wird auch über Inhalt und Form der Rundfunkdarbietungen, die besonders von den Vertretern der Religionsgemeinschaften und der politischen Parteien unter die Lupe genommen werden, geschrieben — und gestritten. Daß ferner die wirtschaftlichen Probleme des Rundfunks in der Fachliteratur einen Widerhall finden, ist nicht weiter verwunderlich; dagegen wird der Laie kaum erwartet haben, daß im „Deutschen Rundfunkschrifttum" auch die Gruppe „Rechtsfragen" regelmäßig einen nicht unerheblichen Raum einnimmt. *of*

Siemens im italienischen Fernsprechwesen[3]. — Italien ist seit langem ein Betätigungsfeld der Siemens-Gruppe, die dort über 75 % aller Fernsprechanschlüsse installiert hat. Hauptstützpunkte besitzt sie in Norditalien, wo durch ihre Vermittlung die befreundete amerikanische Blair-Gruppe der SIET als größter Stromlieferungsgesellschaft Italiens und gleichzeitiger Holdinggesellschaft der norditalienischen Telephongesellschaften (Zone 1 bis 3) zu Investierungen bei diesen eine Anleihe von 5 Mill $ verschaffte, die eine deutsch-italienische Zusammenarbeit gefestigt hat. In Mittelitalien (Zone 4), wo die Konzession bekanntlich der Telephongesellschaft Tirrena übertragen ist, deren Hauptlieferant der Siemens-Konzern war, versuchte die International Telephone & Telegraph Corp. (New York) einzudringen. Sie unterbreitete der Tirrena ein großzügiges und finanziell günstiges Angebot, das darauf hinauslief, die in Rom und Umgegend installierten Siemens-Anlagen zu entfernen und sie durch das amerikanische Rotarysystem zu ersetzen. Nach langwierigen Verhandlungen wurde das Angebot von der italienischen Regierung abgelehnt und der Siemens-Konzern gleichzeitig beauftragt, umfangreiche Erweiterungsanlagen in diesem Bezirk vorzunehmen. *Bll.*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

Über die induktive Beeinflussung von Schwachstromleitungen durch Starkströme. — In Fernsprech-Doppelleitungen, welche parallel mit Starkstromleitungen verlaufen, treten infolge von Unsymmetrien störende Induktionsströme auf. Für die Größe und den Verlauf dieser Ströme werden von H. Schiller allgemeine Gleichungen aufgestellt. Es ergibt sich, daß bei höheren Frequenzen vor allem durch Kapazitäts- und Induktivitäts-Unsymmetrien das Auftreten von störenden Induktionsströmen hervorgerufen wird, während Widerstands- und Ableitungs-Unsymmetrien weniger von Bedeutung sind. Der Einfluß von Kapazitäts-Unsymmetrien läßt sich, wie bereits in einer früheren Arbeit hervorgehoben wurde[4], durch den Abschluß der Leitungen durch in der Mitte geerdete Ringübertrager herabsetzen. Dadurch können aber unter Umständen die Induktivitäts-Unsymmetrien, welche vor allem in pupinisierten Leitungen zu berücksichtigen sind, mehr zur Geltung kommen.

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 946.
[2] Besprechung: ETZ 1930, S. 758.
[3] Vgl. auch ETZ 1930, S. 721.
[4] Schiller, Arch. El. Bd. 20, S. 252 (1928). ETZ 1928, S. 1552.

Die theoretischen Überlegungen wurden durch Versuche bestätigt, welche längs der elektrisierten schlesischen Gebirgsbahnen im Jahre 1928 angestellt wurden. Die Versuche erstreckten sich auf Kabel- und Freileitungen. Durch den Leitungsabschluß mit Ringübertragern, deren Mitte an Erde gelegt wurde, konnten bei nicht pupinisierten Leitungen in allen Fällen die Störungen herabgesetzt werden. Bei pupinisierten Leitungen war der Einfluß wegen der Induktivitäts-Abweichungen der Pupinspulen weniger deutlich. Hierbei ist aber zu berücksichtigen, daß die Pupinisierung noch mit alten Drahtkernspulen erfolgte, an deren Symmetrie noch nicht dieselben hohen Anforderungen gestellt wurden wie an die heutigen Massekernspulen. Die Induktivitäts-Unsymmetrien lassen sich heute auf den zehnten Teil der früher zugelassenen herabdrücken. Damit werden auch die Störströme, welche bei Abschluß der Leitungen mit geerdeten Übertragern auftreten, herabgesetzt. Durch die Versuche wurde außerdem noch nachgewiesen, daß der in den geerdeten Leitungen fließende Strom die Kompensationswirkung des Kabelmantels wesentlich verstärkt. (H. Schiller, Arch. El. Bd. 23, H. 2, S. 217.)

Oberwellen doppelter und bruchzahliger Frequenz in Drehstromnetzen mit ΔΔ-Transformatoren und geerdetem Nullpunkt. — Bei Speisung eines Drehstromnetzes über eine Gruppe von drei in Stern geschalteten Einphasentransformatoren mit netzseitig geerdetem Nullpunkt waren in den Phasenspannungen geradzahlige Harmonische beobachtet worden[1]. Ahmt man diese Schaltung im Laboratorium nach, indem man die Erdkapazität des Netzes durch Kondensatoren ersetzt, so erhält man zunächst keine geradzahligen Oberwellen; statt dessen stellen sich bei bestimmten Werten von Kapazität und Primärspannung Schwebungserscheinungen ein. Phasenspannungen und Ströme ändern ihre Kurvenform von Periode zu Periode. Diese Änderungen wiederholen sich nach einer gewissen Zeit. Die Dauer der Schwebungsperiode richtet sich nach der Größe der Kapazität und der primär aufgedrückten Spannung. Sie liegt innerhalb des Bereiches von 30 ... 125 Perioden der Grundwelle. Lampert untersucht einen derartigen Schwebungsvorgang und zeigt, daß sich eine Oberwelle von nicht ganz doppelter Frequenz, z. B. 1,99facher Frequenz der Grundwelle, über die normalerweise aus einer 1. und einer 3. Harmonischen bestehende Phasenspannungskurve lagert. Es handelt sich um eine Frequenz, die der Eigenschwingung des Kreises entspricht. Ihre Entstehung ist durch Selbsterregung zu erklären; durch ohmsche Widerstände kann sie zum Verschwinden gebracht werden. An Hand von experimentell aufgenommenen Resonanzkurven der Oberwellen wird ein Überblick gegeben über die Größe der anormalen Frequenzen und den Bereich, in dem dieselben auftreten. Durch Einführung von Unsymmetrie in die Schaltung konnten auch 2. Harmonische experimentell erhalten werden. Sie traten auf, wenn die Charakteristiken der drei Transformatoren voneinander verschieden waren. Für einen solchen Fall, bei dem der eine Transformator etwa 50 % Zusatzwindungen erhielt, werden Oszillogramme der Phasenspannungen und Ströme wiedergegeben. Auch durch Unsymmetrie in den Kapazitäten der drei Phasen ließen sich 2. Harmonische erhalten. (W. Lampert, Arch. El. Bd. 22, H. 6, S. 588.)

Die Fortpflanzung von Rechtecksignalen in Kabeln. — Es werden mittels der Methode der komplexen Integration die Verhältnisse beim Fortschreiten eines Rechtecksignales in einem Kabel untersucht. Der eigentlichen Natur des Dielektrikums als Träger von Ionen mit Eigenschwingungen wird dadurch Rechnung getragen, daß das Dielektrikum durch zwischen die Leiter geschaltete Schwingungskreise ersetzt wird. Wie durch Untersuchung für den stationären Zustand gezeigt wird, entspricht dies den Verhältnissen eines dispergierenden Mediums. Es kann auf diese Weise auch ein Kettenleiter gebaut werden, der wie ein optisch dispergierendes Medium scharfe Absorptionsbereiche hat.

Die Untersuchung des Einschaltvorganges ergibt, daß sich die steile Spannungsfront unter allen Umständen mit Lichtgeschwindigkeit fortpflanzt und daß diese Spannung unter Umständen lange genug bestehen bleibt, um von empfindlichen Relais registriert zu werden. Die Spannung fällt von dieser Vorläuferfront rasch ab und geht in Schwingungen von sehr hoher Frequenz und sehr kleiner Amplitude über. Das eigentliche Signal pflanzt sich mit einer Geschwindigkeit $v/\sqrt{\varepsilon}$ (v Lichtgeschwindigkeit, ε Dielektrizitätskonstante) fort, die der Phasengeschwindigkeit entspricht. Seine Front wird mit wach-

[1] Robinson, Transact. Am. Inst. El. Engs. 1915, S. 2183.

Digitized by Google

sender Eindringtiefe immer flacher und abgerundeter. Das Signal ist dann noch eine Weile durch abklingende, kleine Schwingungen, die den Eigenfrequenzen der Ionen entsprechen, deformiert. (H. Edler, Arch. El. Bd. 23, H. 1, S. 1.)

Allgemeiner Maschinenbau.

Einfluß der Ausbildung der Kesselanlage auf die Baukosten von Elektrizitätswerken. — Am 27. III. d. J. sprach F. Münzinger im Vortragsaal der AEG im Hause der Technik zu Berlin über das Thema: Einfluß der Ausbildung der Kesselanlage auf die Baukosten von Elektrizitätswerken. Der Vortragende wies darauf hin, daß die Möglichkeiten, die sehr überlastbare Großkessel für Spitzenkraftwerke bieten, in Deutschland noch wenig ausgenutzt werden, und zeigte dann, daß wenn statt der heute üblichen Kessel von 40 ... 50 t/h Dampferzeugung und mäßiger Rostbelastung Kessel von etwa vierfacher Größe aufgestellt werden, die Kesselanlage bis zu 25 % bzw. 35 % billiger wird, je nachdem ob Roste mittlerer oder sehr hoher spezifischer Belastung verwendet werden. Er untersuchte ferner, welchen Einfluß die Ausführung und Anordnung der Schornsteine (neben dem Kesselhaus oder auf dessen Dach) und die Anordnung der Ekonomiser und Luftvorwärmer (hinter oder über den Kesseln) auf die Baukosten haben. Die errechneten Werte verglich der Vortragende mit denen zahlreicher hervorragender amerikanischer Werke und schilderte die Verhältnisse, die für die besondere Ausführung dieser Werke maßgebend waren unter Hinweis darauf, daß der eigenartige Aufbau einiger Werke nur unter ganz bestimmten Voraussetzungen, die in Deutschland großenteils nicht zutreffen, gerechtfertigt sei, weshalb es verfehlt wäre, sie hier ohne weiteres nachzuahmen. Kessel mit hoch überlastbaren Rosten für Spitzenkraftwerke können sehr wirtschaftlich sein, selbst wenn ihr Wirkungsgrad bei Spitzenlast stark zurückgeht. Für viele industrielle Anlagen mit annähernd konstanter Belastung eignen sich derartige Kessel aber bei zahlreichen deutschen Kohlen nicht. Zum Schluß zeigte der Vortragende, daß bei Übergang zu sehr großen Kesseln und sehr großen Turbinen die Anlagekosten von Spitzenkraftwerken je ausgebautes kW Spitzenleistung nicht mehr weit von 200 RM entfernt seien. (F. Münzinger, Vortrag, Berlin 1930.) *fi*

Werkstatt und Baustoffe.

Die Entwicklung der Isolieröle. — Die Entwicklung der Transformatoren und Ölschalter hat eine Richtung genommen, die dem Füllöl besonderen Anteil am einwandfreien Arbeiten der Apparate zuweist. Das Öl ist somit aus einem Unterhaltungsmaterial zu einem wichtigen Baustoff geworden, dessen Verhalten nicht allein für die Aufrechterhaltung des Betriebes eines Apparates, sondern oft eines ganzen Netzabschnittes bestimmend ist. Es haben sich daher in den einzelnen Ländern Bestrebungen geltend gemacht, die, von der Seite sowohl der Verbraucher als auch der Konstrukteure gestützt, versuchten, die erforderlichen Güteeigenschaften der Isolieröle zu normen. Diese Bestrebungen begannen bereits mit der Herstellung der ersten Hochspannungsleitung und haben das Ergebnis gezeitigt, daß heute Ölschalter und Öltransformator zu den sichersten Apparaten eines Hochspannungssystems gehören. Um zu diesem Ergebnis zu gelangen, waren eingehende Forschungsarbeiten erforderlich, deren historische Entwicklung C. E. Skinner schildert und die, wie noch 1927 auf der IEC-Tagung festgestellt wurde, durchaus noch nicht als abgeschlossen betrachtet werden können. Insbesondere fehlt noch eine allgemein anerkannte Prüfmethode, mit deren Hilfe die Neigung eines Öles zur Schlammbildung im Betrieb einwandfrei festgelegt werden kann. Die neuere Entwicklung drängt nunmehr zur Schaffung eines Einheitsöles, das gleicherweise für Transformatoren wie für Schalter, u. zw. sowohl in Innen- wie in Freiluftanlagen geeignet ist. Heute beginnt die sorgfältige Behandlung des Isolieröles bereits in der Raffinerie, und besondere Sorgfalt ist beim Versand zu beobachten, um das Öl unter Erhaltung seiner Eigenschaften in die Hand des Verbrauchers gelangen zu lassen. (C. E. Skinner, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 48, S. 589.) *Wn.*

Verschiedenes.

Graphische Symbole für Starkstromanlagen. — Die Internationale Elektrotechnische Kommission (IEC) veröffentlicht soeben die 2. Ausgabe 1930 der Publication 35 der international genormten Symbole, und zwar den Teil 2: Graphical Symbols for Heavy Current Systems (Graphische Symbole für Starkstromanlagen). Die Publication 35 (2. Ausgabe 1930) ist zum Preise von 4 Schilling durch das Generalsekretariat der IEC, London SW. 1, Westminster, 28 Victoria Street, zu beziehen. *of*

Neue Normblätter des DNA. — Röntgentechnik: DIN RÖNT 1 (Sonderdruck VDE 441) Vorschriften für den Hochspannungschutz in medizinischen Röntgenanlagen. — RÖNT 2 Vorschriften für den Strahlenschutz in medizinischen Röntgenanlagen.

Bauwesen: DIN 1360 Nachtrag zu den technischen Grundsätzen für den Bau von Aufzügen (April 1927).

Schreibende Meßgeräte: DIN 1507 Blatt 1 und 2, Ablaufende Streifen für schreibende Meßgeräte.

Kraftfahrbau: DIN KrM 610 Kupplungsbeläge.

Textilmaschinen: DIN TEX 3600 Webstuhlantriebe, Zahnradantrieb durch Webstuhlmotoren, Anschlußmaße. *of*

Neue Normblätter des DNA über Gewindetoleranzen. — Die neuen Normblätter über Gewindetoleranzen, Gewindegrenzmaße, Herstellungsgenauigkeit und Abnutzung der Gewindelehren sowie Grenzmaße der Gewindelehren sind jetzt erschienen. Die Blätter werden als Beiblätter zu DIN 11 für das Whitworth-Gewinde und als Beiblätter zu DIN 13 und 14 für das Metrische Gewinde herausgegeben, u. zw. enthalten die Beiblätter 1 ... 4 die Gewindetoleranzen und Gewindegrenzmaße, Beiblatt 5 Herstellungsgenauigkeit und Abnutzung der Gewindelehren und Beiblätter 6 ... 9 und 11 ... 12 Grenzmaße der Gewindelehren. Das Beiblatt 10, das ursprünglich für die Ausschuß-Einstellgewindelehre vorgesehen war, ist mit Bleiblatt 12, Einstellgewindelehre Gut und Ausschuß für die Gewinderachenlehren vereinigt worden. Sollte sich später jedoch herausstellen, daß die Lage der Herstellungsgenauigkeit bei den Einstellehren für die Gewinderachenlehren gegebenenfalls anders festgelegt werden muß, soll Beiblatt 10 wieder eingeführt werden. Die Gütegrade mittel und grob sind jetzt Vollnormen, der Gütegrad fein wird vorläufig als Vornorm weitergeführt.

Ein erläuternder Text zu den Gewindetoleranzen, der unter der Nummer DIN 2244 erscheinen wird, befindet sich in Vorbereitung, desgleichen das bereits in den Normen angeführte Beiblatt 13, das die Herstellungsgenauigkeit und Abnutzung der glatten Rachenlehren bzw. Lehrdorne enthält.

Die Normblätter DIN Vornorm Tafel 1 ... 8 und Beiblätter 1 ... 12, sowie die Normblätter DIN Vornorm 2245 bis 2250 verlieren ihre Gültigkeit. Desgleichen wird laut Beschluß der Gewindesitzung vom 30. XI. 1928 das Normblatt DIN 12, Whitworth-Gewinde mit Spitzenspiel, eingezogen, da die in diesem Blatt enthaltenen Angaben durch Herausgabe der neuen Blätter über Gewindetoleranzen überholt sind. *of.*

Textilnormen. — Im Maiheft der Melliand-Textilberichte, Heidelberg, wird ein von der Normgruppe Maschinen der Kommission für Maschinen und Transformatoren beim Zentralverband der deutschen elektrotechnischen Industrie E. V. bearbeiteter Normblattentwurf:

DIN TEX E 3602 Ringspinn- und Ringzwirnmaschinen für Baumwolle und Kammgarn, Kupplungsantrieb, Anschlußmaße

veröffentlicht. Einspruchsfrist: 31. VII. 1930. *of*

Bezugsquellenkartei für Getriebe beim AWF. — Der Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung, Berlin NW 6, Luisenstr. 58, der zusammen mit dem Verein Deutscher Maschinenbauanstalten die bekannten Getriebeausstellungen veranstaltet und die Getriebeblätter herausgibt, hat sich entschlossen, veranlaßt durch zahlreiche Anfragen, eine Bezugsquellenkartei für Getriebe zu schaffen. Wir machen unsere Leser darauf aufmerksam, damit sie im Bedarfsfalle davon Gebrauch machen können. Denjenigen unserer Leser, die selbst Getriebe herstellen, empfehlen wir, nähere Angaben über die von ihnen gelieferten Getriebe unmittelbar an den genannten Ausschuß gelangen zu lassen. Diese Angaben sollen sich zweckentsprechend erstrecken auf:

1. genaue Bezeichnung des Getriebes,
2. Skizze oder Abbildung,
3. Größe und Leistungsangabe für jede Type (Leistung, Drehzahl, Übersetzung, Bereich u. dgl. m.),
4. besondere Merkmale,
5. Beifügung eines Kataloges,
6. genaue Anschrift des Lieferwerkes,
7. falls zutreffend, Hinweis auf bereits erfolgte Behandlung eines ähnlichen Getriebes in den AWF- und VDMA-Getriebeblättern. *of*

Digitized by Google

Energiewirtschaft.

Ein europäisches Großkraftnetz. — Im vierten Hauptvortrag der Zweiten Weltkraftkonferenz hat der Generaldirektor der Gesellschaft für elektrische Unternehmungen-Ludw. Loewe & Co. AG., Dr.-Ing. E. h. O. Oliven, als Vorschlag[1] ein europäisches Großkraftnetz skizziert, weil er es für notwendig erachtet, heute, „wo dem Techniker eine Spannung von etwa 400 kV als ein Faktum der nächsten Zukunft erscheint und wir deshalb nicht lokal begrenzte wirtschaftliche Momente bei der Lieferung und dem Austausch von Strom über die Grenzen benachbarter Länder zugrunde legen dürfen", an einen Generalplan für ganz Europa zu denken. Ohne an dieser Stelle auf die vom Vortragenden hauptsächlich im Ausgleich der Erzeugung und des Verbrauchs, in der Verwertungsmöglichkeit bisher nicht erschlossener Kraftquellen sowie im Abflachen der die Ökonomie der Elektrizitätswerke beeinträchtigenden Spitzen auf Grund der astronomischen Zeitverhältnisse erblickten Vorteile des Vorschlags und die seiner Durchführung z. Z. noch entgegenstehenden Hindernisse näher einzugehen, geben wir im folgenden zunächst die von Oliven und seinem Mitarbeiter Kromer entworfene Leitungsführung (Abb. 10) wieder.

Nord-südlich verlaufen drei Linien: Die erste von den Wasserkräften Norwegens mit einer Stichleitung zu denen Schwedens über Hamburg, Berlin, das mitteldeutsche Braunkohlengebiet nach den Wasserkräften der Hochalpen und, der Brennerstraße folgend, Genua, wo man den Ausbau der dort bestehenden thermischen Werke zur Unterstützung durch Kohle ins Auge fassen könnte, dann weiter nach Rom. Die zweite Linie soll von Calais, wo ein großes Wärmekraftwerk mit billiger Kohlenfracht von England, Nordfrankreich und Belgien gedacht ist, über Paris, Lyon an die Wasserkräfte im Rhônegebiet bis Barcelona und Zaragoza, wo wiederum Wasserkräfte zur Verfügung stehen, und schließlich bis zu dem für europäische Kohle günstig liegenden Lissabon führen. Eine dritte Linie zieht sich von Warschau über die deutsch-polnischen Kohlenvorkommen durch die Tschechoslowakei und über Wien sowie die österreichischen Wasserkräfte nach Jugoslawien, um die Wasserkräfte an der dalmatinischen Küste dem europäischen Großkraftnetz zuzuleiten. In ost-westlicher Richtung sieht der Plan zwei Linien vor: eine, anschließend an die von Warschau kommende Nord-Südlinie, vom polnisch-deutschen Kohlenrevier, wo auch ein Anschluß an die galizischen Ölvorkommen möglich ist, über die niederschlesischen Kohlenfelder zur mitteldeutschen Braunkohle bei Halle, hier die erste Nord-Südlinie kreuzend, weiter nach Westdeutschland über Koblenz zum Anschluß an das westdeutsche Stein- und Braunkohlenrevier und über Trier nach Paris, an diesem Platz einmündend in die zweite Nord-Südlinie. Die südlicher sich hinziehende zweite Ost-Westlinie beginnt in Rostow (Donez-Kohlengebiet) und führt über Alexandrowsk, d. h. in die Nähe der Dnjepr-Wasserkräfte nach Odessa, wo sich auf der Basis des kaukasischen Öls eine Zentrale errichten ließe, sodann durch das ölreiche Rumänien bis Bukarest. Von hier aus könnte eine Leitung zur Belieferung Bulgariens und der Türkei angelegt werden. Von Bukarest verläuft die zweite Ost-Westlinie über die großen, noch unausgebauten Wasserkräfte der Donau am Eisernen Tor, Budapest, Wien, hier mit Anschluß an die dritte Nord-Südlinie, ferner über die schon erfaßten und die noch nicht ausgebauten Wasserkräfte der österreichischen Alpen, durch das gesamte Alpengebiet der Schweiz und Frankreichs bis Lyon, wo wieder der Anschluß an die Linie Calais—Lissabon gefunden wird. England bleibt außerhalb des Projekts, weil der Kanal vorläufig mit Freileitungen nicht zu überwinden ist; nur die englische Kohle könnte in Calais für das geplante Netz herangezogen werden. Der mittlere und nördliche Teil des europäischen Rußlands mit seinen gewaltigen Entfernungen, dem Mangel an größeren Kraftquellen und seiner geringen industriellen Dichte kommt, wie der Vortragende bemerkte, für Leitungen von 400 kV zunächst nicht in Betracht. Da sich die ungefähren Längen der genannten fünf Linien etwa folgendermaßen stellen:

1.	Nord-Südlinie	etwa 3000	km
2.	„	„ 2100	„
3.	„	„ 1500	
1.	Ost-Westlinie	„ 1200	„
2.	„	„ 3000	„ ,

wird das gesamte Netz rd. 10 000 km messen.

Dr. Oliven rechnet mit einer mittleren Leistungsverschiebung von 450 000 kW und bei Übertragungslängen von 1000 km einschl. der Umspannverluste mit etwa 20 % mittlerem Gesamtübertragungsverlust. Unter der Annahme, daß die Fernleitung im Flachland und Mittelgebirge (etwa 9750 km) 140 000 RM, auf schwierigen Strecken im Hochgebirge (200 km) etwa 190 000 RM/km kostet und für die Überführung von Norwegen nach Deutschland über die Meerenge (50 km) 2 Mill RM/km ausreichen, würden die Baukosten 1,5 Mrd RM betragen und einschl. von 25 Phasenschieberstationen für die Kompensierung der Blindleistung und von etwa 20 Umspannwerken für den Anschluß an die Landesnetze zu im Mittel zunächst je etwa 250 000 kW insgesamt rd. 2 Mrd RM. Für den Kapitaldienst, der unter den Jahresbetriebskosten eines solchen Transportnetzes die Hauptrolle spielt, rechnet der Plan bei einer intereuropäischen Anleihe einschließl. Amortisation 4,5 % und an Betriebs- und Erneuerungskosten 2 %, im ganzen also mit 6,5 % der Baukosten, d. h. mit 130 Mill RM für das gesamte Europanetz, d. s. je 1000 km Leitungslänge 13 Mill RM, die sich bei Berücksichtigung der Übertragungsverluste bzw. ihrer Deckung und 5000 Benutzungstunden auf rd. 20 Mill RM erhöhen. Der Transport der elektrischen Arbeit im Europanetz würde danach durchschnittlich etwa 1,1 Pf/kWh kosten. Eine überschläglich angestellte Proberechnung hat ergeben, daß die gewonnenen Energiemengen — mit den bisher betriebsbereiten Maschinen etwa 20 Mrd kWh über die jetzige europäische Erzeugung von rd. 80 Mrd kWh hinaus — an den Umspannstationen einschl. der genannten Übertragungskosten auf der jeweiligen Niederspannungseite mit 1,5 ... 1,6 Pf/kWh bei 5000 Benutzungsstunden zur Verfügung stehen.

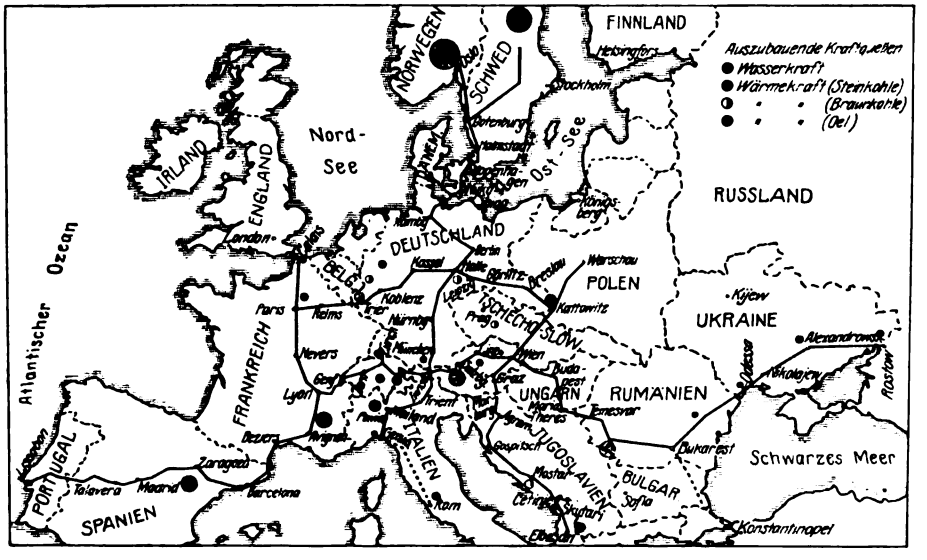


Abb. 10. Vorschlag für ein europäisches Großkraftnetz.

Der Vortragende glaubt, daß die Lösung dieser großen Aufgabe zu einer brennenden Frage der Gegenwart werden müsse und der erste und wahrscheinlich entscheidende Schritt zu einer europäischen Elektroverbundwirtschaft die Schaffung eines europäischen Großkraftliniennetzes sei, die in den Rahmen einer ganz großen Organisation gefaßt werden sollte. Er hält es deswegen für außerordentlich ratsam, sich so zeitig als möglich mit der Lösung dieses Problems zu befassen, weil sonst der Ausbau der einzelnen Ländernetze nicht den nützlichsten organischen Zusammenhang mit dem kommenden Europanetz berücksichtigen würde.

[1] An sich ist der Gedanke einer europäischen Sammelschiene nicht neu und z. B. auch im letzten Geschäftsbericht der Société Financière de Transports et d'Entreprises Industrielles zu finden, die für seine Realisierung wahrscheinlich stark in Betracht käme.

Digitized by Google

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Mitgliedsbeitrag.

Die Mitglieder, die den Beitrag für das 2. Halbjahr 1930 noch nicht entrichtet haben, werden im eigenen Interesse gebeten, den Beitrag (15 RM) auf das Postscheckkonto des Elektrotechnischen Vereins, Berlin 133 02, baldigst zu überweisen, damit in dem Bezug der ETZ ab 1. Juli eine Unterbrechung nicht eintritt.

Bei allen Zahlungen und sonstigen Zuschriften an den Verein ist der Name des Absenders recht deutlich anzugeben. Wiederholt konnten Zahlungen wegen des nicht zu entziffernden Absenders zunächst nicht untergebracht und erst nach einer Reklamation wegen Nichtlieferung der ETZ richtig verbucht werden.

Festschrift zum Goldenen Jubiläum des Elektrotechnischen Vereins.

Die Festschrift zu unserm Goldenen Jubiläum, herausgegeben von dem Ehrenmitglied des Vereins, Herrn Geheimen Hofrat Professor Dr.-Ing. E. h. Görges, hat in der Presse und in den Kreisen der Fachgenossen reiche Anerkennung gefunden. Sie enthält 2 Teile: Der I. behandelt das Werden und Wirken des Vereins sowie seine Leistungen auf allen Gebieten der Elektrotechnik; der II. Teil bietet eine Geschichte der letzten „50 Jahre Elektrotechnik" im Spiegel der Vereinsvorträge usw. Beim Lesen rollt — insbesondere für den älteren Fachgenossen — ein lebendiges Bild des Ringens um den Fortschritt in der Elektrotechnik ab. 24 Tiefdruckbilder von Männern, die für den Verein und für die ganze deutsche Elektrotechnik maßgebend gewirkt haben, im I. Teil und 152 Abbildungen im II. Teil zieren den Text des vorzüglich ausgestatteten Buches.

Den Mitgliedern des Elektrotechnischen Vereins sei die Anschaffung der Festschrift, einer Art Rechenschaftsberichts des Vereins, warm empfohlen. Der Preis liegt weit unter dem Herstellungspreis und beträgt nur 10,— RM, wozu bei Versand noch 1,40 RM Spesen kommen.

Bestellungen an die Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins erbeten.

Elektrotechnischer Verein e. V.
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 1 Kurfürst Nr. 5862—64.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Bekanntmachung.

Kommission für Hochfrequenztechnik.

Die Kommission hat durch die Normgruppe „Rundfunk" bei dem Zentralverband der deutschen elektrotechnischen Industrie den nebenstehenden Normblattentwurf

DIN VDE 1500 „Rundfunkgerät. Röhrenkennzeichen"

ausarbeiten lassen.

Einsprüche gegen diesen Entwurf sind in doppelter Ausfertigung bis zum 15. August 1930 an die Geschäftstelle des VDE zu richten.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

Kommission für Hochfrequenztechnik.

Noch nicht endgültig

Rundfunkgerät

Röhrenkennzeichen

Elektrotechnik

DIN
Entwurf 1
VDE 1500

Jede Röhre soll auf dem Glaskolben ein Röhrenkennzeichen tragen. Das Röhrenkennzeichen setzt sich zusammen aus der Angabe

Nennspannung in **Volt** und Heizstromstärke in **Amp.**

Vorzugs-Nennspannungen:

2, 4, 6 V

Spannungen unter 1,5 V sind als Dezimalbruch anzugeben, z. B. 1,1 V. Außerdem kann ein Artkennzeichen hinzugefügt werden.

Artkennzeichen:

H	Hochfrequenzröhren
D	Detektorröhren
O	Oszillatorröhren
R	Röhren für Widerstandskopplung
L	Lautsprecher- und Kraftverstärkerröhren
G	Gleichrichterröhren.

Das Artkennzeichen ist unter die Angabe der Nennspannung und der Heizstromstärke zu setzen.

Artkennzeichen sollen nur solche Röhren erhalten, die ausschließlich für bestimmte Zwecke brauchbar sind. Auf einer Röhre können bis zu 2 Artkennzeichen angegeben werden. Röhren, die für mehr als zwei Zwecke verwendet werden können, erhalten kein Artkennzeichen.

Beispiele:

Röhrenkennzeichen ohne Artkennzeichen

4 V — 0,06 A

Röhrenkennzeichen mit einem Artkennzeichen	Röhrenkennzeichen mit zwei Artkennzeichen
4 V — 0,06 A	**4 V — 0,06 A**
H	**H D**

Art und Lage des Firmenzeichens und des Firmen-Typenzeichens sind nicht festgelegt.

Juli 1930 Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Berlin W 57, Kurfürstenstraße 15/16.

Betrifft: Installations-Selbstschalter.

Unter Bezugnahme auf die Veröffentlichung in der ETZ 1930, Heft 11, S. 413, wird bekanntgegeben, daß die Installations-Selbstschalter in Sockelform der Bergmann-Elektricitäts-Werke AG., Berlin, für 15 A, 250 V Gleichstrom, 380 V Wechselstrom, mit thermisch gesteuerter, mechanischer Auslöseverzögerung den neuen am 1. VII. 1930 in Kraft tretenden Leitsätzen des VDE für Installations-Selbstschalter lt. Gutachten des Elektrischen Prüfamtes 3 in München entsprechen.

Prüfzeit: Juni 1930.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.
Zimmermann.

Digitized by Google

Staatliches Materialprüfungsamt.

Berlin-Dahlem, Unter den Eichen 87. Fernspr.: Amt Breitenbach (G6) 2751.

Bekanntmachung über Isolierpreßmassen.

Der regelmäßigen Überwachung durch das Staatliche Materialprüfungsamt unterliegen die in folgender Tabelle zusammengestellten Isolierpreßmassen, die gemäß den Bekanntmachungen des Zentralverbandes der deutschen elektrotechnischen Industrie, Untergruppe IV der Fachgruppe 19 (ETZ 1928, Heft 29, S. 1094) und der Technischen Vereinigung von Fabrikanten gummifreier Isolierstoffe E. V. (ETZ 1928, Heft 29, S. 1097) typisiert sind.

Die in ETZ 1929, Heft 28, S. 1031 bekanntgegebene Liste wird hiermit ungültig.

Berlin-Dahlem, den 11. VI. 1930.

Der Präsident des Staatlichen Materialprüfungsamtes.

In Vertretung:

gez. Herzberg.

Firma	Kenn-Nr. d. Firma i. Schutzzeichen	Type S	Type 0	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 7	Type 8	Type X
Gebrüder Adt, Aktiengesellschaft, Ensheim (Saargebiet)	36	—	—	—	—	Australit F	—	—	—	—
AEG, Fabrik für Isolier- und Preßmaterial, Hennigsdorf b. Berlin	38	Tenacit Type S	—	Tenacit Type 1	Tenacit Type 2	Tenacit Type 3	Tenacit Type 4	Tenacit Type 7	Tenacit Type 8	TenacitA Type X TenacitG Type X
Allgemeine Preß-Gesellschaft m. b. H., Berlin-Lichtenberg	96	Apege S	—	—	—	—	—	—	—	—
Aronwerke Elektrizitäts-Gesellschaft m. b. H., Berlin-Charlottenburg	35	—	Aronit 0	Aronit 1	Aronit 2	—	—	—	Aronit 8	—
Ernst Backhaus & Co., Kierspe-Bhf. i. Westf.	53	Isolit S	—	—	—	—	—	Isolit 7	—	—
Bayerische Elektrozubehör-Aktien-Gesellschaft, Lauf bei Nürnberg	67	Bezeg S	Bezeg 0	Bezeg 1	—	—	—	—	—	—
Bellmann & Puttmann, Berlin S 59	E 1	Preßgut S	—	—	—	—	—	—	—	—
Bergmann-Elektricitäts-Werke, Aktiengesellschaft, Werke Rosenthal, Berlin-Rosenthal	29	Fulgurit S	Fulgurit 0	Fulgurit 1	Fulgurit 2 Fulgurit Spezial 2	Fulgurit 3	—	Fulgurit 7	—	Fulgurit X
Gebr. Berker, Schalksmühle i. Westf.	80	Isolierpanzer	—	—	—	—	—	—	—	—
Bezet-Werk Hermann Buchholz, Berlin-Neukölln	76	Bewerit S	Bewerit R	—	—	—	—	—	—	—
Bisterfeld & Stolting, Radevormwald (Rhld.)	70	Werkstoff Type S	Werkstoff Type 0	Werkstoff Type 1	—	—	—	—	—	—
Robert Bosch A.-G., Abt. Bosch-Metallwerk, Feuerbach bei Stuttgart	55	Resiform S	Resiform 0	—	—	—	—	—	—	—
Ernst Bremicker, Ing., Kierspe-Bhf. i. Westf.	61	Toledoit S	—	—	—	—	—	—	—	—
vom Brocke G. m. b. H., Halver i. Westf.	A 2	Isolierstoff Type S	—	—	—	—	—	—	—	—
Dr. Deisting & Co., Gesellschaft mit beschränkter Haftung, Kierspe i. Westf.	39	Isolierstahl	—	—	—	—	—	—	—	—
Deutsche Legrit-Gesellschaft m. b. H., Carl Lindström, W. Letzel & Co., Berlin NO 55	A 4	Legrit B	—	—	—	—	—	—	—	—
Deutsche Philips Gesellschaft m. b. H., Berlin W 35	58	Philit S	Philit 0	Philit 1	—	—	—	—	—	—
Elektrotechnische Fabrik G. m. b. H., Bebra H.-N.	22	Bebrit S	—	Bebrit 1	Bulit 2	—	—	Bebrit 7	—	—
Elektrotechnische Fabrik J. Carl, Gesellschaft mit beschränkter Haftung, Oberweimar (Thür.)	E 0	Carlit S	—	—	—	—	—	—	—	—
Elektrotechnische Fab- k Weber & Co., Komm.-Ges., Kranichfeld/Thür.	98	Wecranit S	—	—	—	—	—	—	—	—
Ellinger & Geissler, Dorfhain Bez. Dresden, Poststation Edle Krone	54	Elgesit Nr.2	Elgesit Nr.1	Elgesit N .3	—	—	—	—	—	—
August Füllgrabe & Co., Gesellschaft mit beschränkter Haftung, Kassel	63	Fatamin	—	—	—	—	—	—	—	—
Futurit-Werk Gesellschaft m. b. H., Wien XX	92	Futurit GWs	Futurit GW	—	—	—	—	—	—	—
Gamba, Breckerfeld (Kreis Hagen i. Westf.)	A 0	Gambasit S	—	—	—	—	—	—	—	—
Christian Geyer, Nürnberg	83	Norit S	Norit 0	—	Norit 2	—	—	Norit 7	Norit 8	—
Helios-Werk, Hermann Will, Jena	E 3	Hewilit S	—	—	—	—	—	—	—	—
Paul Hochköpper & Co., Lüdenscheid i. Westf.	87	Hocolit S	—	—	—	—	—	—	—	—
Isola Werke A.-G., Düren Rhld., Birkesdorf b. Düren (Rheinland)	40	Durax II	Durax I	—	—	Fermit I	—	—	Luxit	Fermit II
Erich Jaeger G. m. b. H., Bad Homburg	95	Elerit S	—	—	—	—	—	—	—	—
Jenalit-Gesellschaft mit beschränkter Haftung, Jena	69	Jenalit B 5	Jenalit B 4	—	—	—	—	—	—	—
Kabelfabrik Actien-Gesellschaft, vorm. Otto Bondy, Bratislava (Preßburg), Tschechoslowakei	89	Futurit Gs	Futurit G	—	Futurit A	—	—	Fixit F	—	—
Julius Klein, Coburg	60	Kleinit S	—	—	—	Kleinit 3	—	—	—	—
Leopold Kostal, Lüdenscheid i. Westf.	72	Poldit S	—	—	—	—	—	—	—	—
Theod. Krägeloh & Comp., Dahlerbrück (Westf.)	85	Teka S	—	—	—	—	—	—	—	—
Hugo Krieger & Faudt, Berlin SW 68	78	Hakalit S	—	—	—	—	—	—	—	—
Linden & Co., G. m. b. H., Lüdenscheid i. Westf.	79	Linölit S	—	—	—	—	—	—	—	—
Lindner & Co., Jecha-Sondershausen (Thüringen)	A 8	Licolit S	—	—	—	—	—	—	—	—
Loeffler & Käppeler, Frankfurt a. M.-Niederrad	A 7	Mainit S	—	—	—	—	—	—	—	—
Lüdenscheider Porzellan-Fabrik Burger & Co., G. m. b. H., Lüdenscheid i. Westf.	99	Supralit S	—	—	—	—	—	—	—	—
Lutz & Co., Lauf a. P. bei Nürnberg (Bayern)	A 5	Isolationsmaterial Type S	—	—	—	—	—	—	—	—

Digitized by Google

Firma	Kenn-Nr. d. Firma l. Schutzzeichen	Type S	0	1	2	3	4	7	8	X
H. Mende & Co., Dresden-N. 15	56	Mendelith S	Mendelith 0	Mendelith 1	—	—	—	—	—	—
Gebrüder Merten, Gummersbach (Rhld.)	24	Merit S	—	—	—	Merit 3	—	—	—	—
Mix & Genest Aktiengesellschaft, Berlin-Schöneberg	68	Mixit S	Mixit 0	—	—	—	—	—	—	—
Müller & Ros, Coburg	66	—	—	—	—	Rosit 3	—	—	—	—
Porzellanfabrik Bernhardshütte G. m. b. H., Blechhammer bei Sonneberg i. Thür., Post Hüttensteinach i. Thür.	93	Bernit S	Bernit 0	Bernit 1	—	—	—	—	—	—
Preßstoffwerk Schöppenstedt Paul Schnake, Schöppenstedt	81	Roderit XXX	Roderit XX	—	Roderit XXV	—	—	—	—	—
Preßwerk A.-G., Essen	45	Thesit supra	—	—	Thesit Nr. 2	—	—	—	—	—
Preßwerk Königstein G. m. b. H., Königstein a. Elbe	65	Königstein S	Königstein 0	—	—	KW 66/III	—	KW 66/VII	—	—
Preßwerk „Lenorit" Krauss & Weiss, Berlin N 65	86	KW 66/S	—	—	—	—	—	—	—	—
Wilh. Quante, Elberfeld	73	Wekulit S	—	—	Gummon 24	Gummon 11	Gummon 12	—	Gummon 180	Gummon C
Rheinisch-Westfälische Sprengstoff-Actien-Gesellschaft, Celluloidfabrik, Troisdorf (Bez. Köln)	43	Trolit-Spezial I	Trolit-Spezial II Trolitan H Trolitan Z	—		Gummon 25				
H. Römmler Aktien-Gesellschaft, Spremberg N.-L.	32	Hares C Spezial	—	Hares C Spezial F	Resistan Type 2	Resistan Type 3	—	Hellosit A Hellosit B Spezial	Hellosit B	Resistan E
Schreiner & Sievers, Offenbacher Celluloidfabrik, Offenbach a. Main	97	Osilit S	—	—	—	—	—	—	—	—
Seckelmann & Co., Lüdenscheid i. Westf.	59	Sekolit S	—	—	—	—	—	—	—	—
Siemens-Schuckertwerke Aktiengesellschaft, Vertriebsabteilung Gummiwerk (VG), Berlin-Siemensstadt (Gartenfeld)	34	Eshalit E 76	Eshalit E 74 Eshalit E 100	Eshalit E 87	Eshalit E 59 Eshalit E 95	—	Eshalit E 61	Eshalit E 81	Zeterit C	Eshalit E 90
Soldin & Co., Berlin NO 43	49	Esconit S	—	—	—	Esconit 3	—	Esconit 7	—	—
Solith-Werk-Sonneberg (Bierschenk & Bletzinger), Sonneberg i. Thür.	75	Solith S	—	—	Solith 2	Solith 50	—	—	—	—
Süddeutsche Isolatorenwerke G. m. b. H., Freiburg i. Br.	25	Ricolit Type S	Ricolit Type 0	—	Ricolit Type 2	Ricolit Type 3	Ricolit Type 4	Ricolit Type 7	Ricolit Type 8	—
Synthaform, Fabrik für Formteile aus synthetischen Edelharzen G. m. b. H., Berlin-Lichterfelde-West	74	Rö S	—	—	Rö 2	—	—	—	—	—
Paul Teich, Berlin O 27	82	Teasit S	—	—	—	—	—	—	—	—
Telephonfabrik Berliner Aktiengesellschaft, Berlin-Steglitz	A 6	Tefagit S	—	—	—	—	—	—	—	—
Thega-Kontakt G. m. b. H., Berlin SW 19	94	Thegranit S	—	—	Thegranit 2	—	—	—	—	—
Bernhard Thormann, Berlin NO 18	90	Thormalit S	—	—	—	—	—	—	—	—
Dr. Heinr. Traun & Söhne vormals Harburger Gummi-Kamm Co., Hamburg 8	21	Formolit S	Formolit 0	—	—	Formolit 3	—	—	—	—
Gebr. Vedder, Schalksmühle i. Westf.	84	Preß-Stoff Type S	—	—	—	—	—	—	—	—
Vereinigte elektrotechnische Fabriken F. W. Busch & Gebr. Jaeger Aktiengesellschaft, Lüdenscheid i. Westf.	23	Bilit S	—	Bilit 1	Bilit 2	Bilit 3	—	—	—	—
Vereinigte Isolatorenwerke Aktiengesellschaft, Berlin-Pankow	31	Ambroin S	Ambroin 0	Ambroin 1	Margolit 2	Margolit 3	Margolit 4	Ambroin 7	Ambroin 8	—
Volkenrath & Co., Schwenke-Westf.	A 3	Volcolit S	—	—	—	—	—	—	—	—
Gebr. Vollmerhaus, Kierspe-Bahnhof i. Westf.	50	Vollmerit S	—	—	—	—	—	—	—	—
Vossloh-Werke G. m. b. H., Lüdenscheid i. Westf.	E 2	Vauwe S	—	—	—	—	—	—	—	—
Wacker & Doerr Söhne G. m. b. H., Niederramstadt bei Darmstadt	62	Dowal 27	Dowal 21	Dowal 451	—	—	—	—	—	—
C. O. Wagner, Schmalkalden	88	Carlorit S	—	—	—	—	—	—	—	—
Westfälische Porzellanfabrik G. m. b. H. Carthausen, Post Schalksmühle i. Westf.	A 1	Wepolit S	—	—	—	—	—	Herschelit 7	—	—
Winkel & Schulte, Herscheid i. Westf	51	Herschelit S	—	—	—	—	—	—	—	—
Erich Wippermann, Halver i. Westf.	46	Permanit S	—	Kiwitan 1	Kiwitan 2	Kiwitan 3	—	—	—	—
Wolff & Co., Walsrode	33	Kiwitan S	—	—	—	—	—	—	—	—
Zang, Schaumberger & Co., Neuses b. Coburg	47	—	—	—	Anti-flammit extra	—	—	—	—	—

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

Hochschulnachrichten. — Der a.o. Prof. Dr. Aeckerlein wurde von der Bergakademie Freiberg i. S. zum ord. Prof. für Physik und Radiumkunde ernannt als Nachfolger des in den Ruhestand getretenen Prof. Dr. G. Brion. — Prof. K. Küpfmüller, bisher T. H. Danzig, folgte einem Ruf an die T. H. München, wo er den Lehrstuhl des in den Ruhestand getretenen Geheimrats Prof. Dr. K. Heinke übernimmt.

Auszeichnungen. — Das Korrespondierende Mitglied des Elektrotechnischen Vereins, Prof. Dr. P. Janet, Paris, wurde zum Ehrenpräsidenten der Soc. Française des Electriciens gewählt und durch Verleihung der Massart-Medaille ausgezeichnet. Prof. Janet ist seit 35 Jahren Leiter des Laboratoire central d'Electricité und der Ecole supérieure d'Electricité.

G. Rosener. — Dir. Gustav Rosener, Vorstandsmitglied der Mix & Genest AG., Berlin, ist nach 26jähriger erfolgreicher Tätigkeit in den Ruhestand getreten.

Digitized by Google

BRIEFE AN DIE SCHRIFTLEITUNG.

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Schriftleitung und ohne deren Verbindlichkeit.)

Kabelkasten oder Schaltschrank.

Herr KASTALSKI hat in seinen Ausführungen auf S. 570 der ETZ 1930 ganz recht mit der Feststellung, daß eine große Anzahl von unterirdischen Kabelkästen lange Jahre einwandfrei in Betrieb sind. Es wird bestimmt auch jetzt und in Zukunft immer noch Fälle geben, wo besonders aus Verkehrsrücksichten unterirdische Kabelkästen die einzige Lösung für die Unterbringung einer Verteilung für Niederspannungskabelnetze in Großstädten sein werden. Auch ist es sehr begrüßenswert, daß in neuerer Zeit an der Verbesserung dieser leider nicht ganz zu umgehenden unterirdischen Kabelkästen auf verschiedenen Seiten gearbeitet wird.

Aber es dürften m. E. diese Ausnahmefälle für den Einbau unterirdischer Kabelkästen die steigende Beliebtheit von oberirdischen Verteilern, insbesondere von Schaltschränken nicht verhindern können. Den erheblichen Vorteilen oberirdischer Verteilungsorgane stehen so gut wie keine nennenswerten Nachteile entgegen. Die von Herrn KASTALSKI besonders erwähnte Schwierigkeit der Unterbringungsmöglichkeit von Schaltschränken ist wirklich nicht so schlimm. Daß man von der Aufstellung freistehender Schaltschränke in Innenstadtvierteln der Großstädte in den meisten Fällen Abstand nehmen muß, ist durchaus richtig. Aber mit der Unterbringung von Wandschaltschränken zum Anbau oder Einbau in Häuserwänden, Gartenzäunen, Torwegen usw. haben wir beispielsweise bei dem Neubau des Drehstromkabelnetzes in Nürnberg keine unüberwindlichen Schwierigkeiten gehabt. Wir haben vielmehr eine sehr große Anzahl von Schaltschränken in der Altstadt Nürnbergs untergebracht und befanden uns mit der Aufstellung dieser Schränke in voller Übereinstimmung mit allen behördlichen Stellen und auch mit den Hauseigentümern. Hierbei ist noch besonders bemerkenswert, daß für die Erlangung der Genehmigung zum Aufstellen den Hauseigentümern gegenüber keinerlei ortspolizeiliche und sonstige Zwangsmaßnahmen zur Verfügung standen. In dem von dem Unterzeichneten verfaßten Artikel in der Elektrizitätswirtsch. 1930, S. 112 u. 141, betitelt: „Umstellung der Nürnberger Stromversorgung auf Drehstrom" ist als Beispiel eine Abbildung eines aufgestellten Schaltschrankes wiedergegeben.

Was den zweiten von Herrn KASTALSKI angegebenen Nachteil der Schaltschränke, die Rostgefahr, anlangt, so ist zu sagen, daß natürlich derartige oberirdische Verteiler eine Betriebspflege und Wartung in demselben Maße erfordern wie unterirdische Kabelkästen, nur mit dem erheblichen Vorteil, daß diese Pflege viel leichter bei Schaltschränken vorgenommen werden kann als bei Kabelkästen. Wir haben in Nürnberg die Lebensdauer unserer Schaltschränke dadurch wesentlich erhöht, daß wir den unteren Sockel aus einem nicht rostenden Material, nämlich Kupferbronze, gegossen und das Dach aus kräftigem Kupferblech hergestellt haben. Die Vorteile der bequemeren Bedienung unserer Schaltschränke haben wir noch dadurch erhöht, daß diese Schränke mit einer Innenbeleuchtung ausgerüstet sind, welche es gestattet, auch zur Nachtzeit Schaltungen vornehmen zu können. Mit der einpoligen Einschaltung durch abschaltbare Griffsicherungen haben wir auch keine Schwierigkeiten gehabt. Es sollen die Vorteile der von Herrn KASTALSKI angegebenen nebenschließenden Sicherungstrecke in den neuen Kabelkästen durchaus nicht verkannt werden; es führt jedoch diese Einrichtung zweifellos zu einer weiteren Verwicklung der Schaltvorgänge und dürfte in Störungsfällen, wo es sich um schnellste Schaltvorgänge handelt, mehr hinderlich als fördernd sein.

Es ist durchaus erfreulich, daß auch Herr KASTALSKI feststellt, daß oberirdische Schaltschränke für Außenbezirke vorteilhafte Verwendung finden können, wo schließlich die Rostgefahr zum mindesten doch die gleiche ist wie in Innenstadtbezirken. Wir haben jedenfalls bei dem Ausbau unseres neuen Drehstromnetzes die Verwendung von Schaltschränken, und zwar meistens Wandschaltschränken, als sehr zweckmäßig empfunden und werden wo nur irgend angängig hiervon weiter Gebrauch machen, um den nicht abzuleugnenden Schwierigkeiten in der Bedienung der Kabelkästen aus dem Wege zu gehen.

Nürnberg, 23. IV. 1930. Paul Ludewig.

Erwiderung.

Auf die Ausführungen des Herrn LUDEWIG ist zu erwidern, daß man sich bei dem Einbau von Kästen oder Schränken nach den örtlichen Verhältnissen wird richten müssen. Nach vorliegenden Erfahrungen ist durch die Rostgefahr die Lebensdauer der Schränke gegenüber den gußeisernen Kästen geringer und die Instandhaltungskosten sind größer. Bei Anordnung von sechs fest angeschlossenen Leitungen mit Maximalschalter, auf dem Reparaturkarren aufgebaut, können in wenigen Minuten nach dem Öffnen des Erdkabelkastens die Schaltvorgänge vorgenommen werden.

Im übrigen bin ich mit der Ansicht des Herrn LUDEWIG in Übereinstimmung, wonach beide Ausführungsarten nebeneinander weiter Verwendung finden dürften.

Leipzig, 28. IV. 1930. A. Kastalski.

LITERATUR.

Besprechungen.

Starkstromtechnik. Taschenbuch f. Elektrotechniker. Herausg. v. E. v. Rziha u. J. Seidener. 7. neubearb. u. erw. Aufl., Bd. 1. Mit 1115 Textabb., XX u. 1039 S. in kl. 8°. Verlag Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin 1930. Preis in Leinen geb. 34 RM, in Leder geb. 37 RM.

Der erste Band der seit 1900 erschienenen und in kurzen Zeitabschnitten mehrfach neuaufgelegten „Starkstromtechnik" erscheint in seiner siebenten Auflage in vollkommen neuer Bearbeitung. Dies drückt sich schon in der großen Zahl neuer Mitarbeiter (von 28 Mitarbeitern sind 23 zum ersten Male an diesem Taschenbuch beteiligt), vornehmlich aber durch den Stoff und den Umfang aus.

Gegenüber der sechsten Auflage ist das Tafelwerk über Maße, Gewichte, Funktionen usw. ganz weggefallen und der gewonnene Raum durch einen größeren Abschnitt über die praktisch wichtigen Gebiete der Mathematik (von Noether und Freiherr v. Stritzl) ausgefüllt. Ausführlicher als in den früheren Auflagen werden dann die physikalischen Grundlagen der Elektrotechnik — elektromagnetische Feldtheorie, elektrische Festigkeitslehre, Ionen- und Elektronenlehre und Elektrochemie — (von Dießelhorst, Schwaiger, Seeliger und Paweck) behandelt. Vollständig neu bearbeitet ist auch der Abschnitt über Messungen — Allgemeines, elektrische Meßinstrumente, Widerstände, Induktivitäten, Kapazitäten, Strom- und Spannungswandler, Meßmethoden und Zähler — (von Keinath, Steinhaus, Linckh und Moellinger).

Von dem dann folgenden umfangreichen Abschnitt über Dynamomaschinen und Transformatoren (von Kloß, Trettin, Liwschitz, Müllner und Seiz) — er nimmt mehr als 40 % des Buches ein — ist fast nichts von den alten Auflagen übernommen. Besonders ausführlich sind hier die Wechselstrom-Kommutatormaschinen mit den Regelsätzen (von Seiz) behandelt, die fast 30 % des ganzen Abschnittes über Dynamomaschinen und Transformatoren einnehmen. Die Konstruktion der Dynamomaschinen und Transformatoren ist nicht mehr in einem besonderen Abschnitt behandelt, sondern bei den einzelnen Maschinenarten untergebracht.

Ein neuer kurzer Abschnitt ist den Gleichrichtern (von Odermatt und Irion) gewidmet, darauf folgt ein ebenfalls kurzer Abschnitt (von Beckmann) über Sammler (Akkumulatoren), der gegen früher nicht sehr viel geändert ist, und dann der Abschnitt über Regler und Anlasser (von Natalis), der wohl am wenigsten von dem der sechsten Auflage abweicht. Der Abschnitt über Schaltgeräte (von Lux und Büchner) ist wieder neu bearbeitet, an Umfang aber etwas geringer als in der vorletzten Auflage. Neu ist der Abschnitt Installationsmaterial (von Klement). Hierauf folgt ein Abschnitt über Lichttechnik einschließlich der Beleuchtung von Fahrzeugen (von Schneider und Dick), der früher im zweiten Bande untergebracht war. Dasselbe gilt von dem letzten Abschnitt Elektrothermie (von Arndt, Kalkner, Tamele und Brey); er enthält die Öfen zum Schmelzen, Umwandeln und Glühen sowie das elektrische Schweißen, Trocknen, Verdampfen, Heizen und Kochen. Der früher im ersten Bande untergebrachte Abschnitt über Leitungen ist weggefallen und wird mit Recht dem zweiten Bande zugewiesen, der Kraftwerke und Anlagen behandelt.

Berücksichtigt man die Verschiebung einzelner Abschnitte zwischen dem ersten und zweiten Bande, so ist der Umfang aller jetzt im ersten Bande behandelten Abschnitte um etwa 30 % angestiegen.

Die einzelnen Abschnitte sind von namhaften Vertretern des Faches behandelt, die technischen fast alle von Fachleuten, die als Spezialisten das besondere Fachgebiet bei Großfirmen bearbeiten. Dies gilt auch für die Abschnitte über Dynamomaschinen und Transformatoren, deren Bearbeitung früher in einer Hand lag. Dadurch wird die im

Digitized by Google

Vorwort der ersten Auflage ausgesprochene Bestimmung des Taschenbuches, „als Unterlage für diejenigen Arbeiten auf dem Gebiete der Starkstromtechnik zu dienen, bei denen neben den Ergebnissen der Theorie besonders die der Erfahrung als Grundlage notwendig erscheinen", aufs beste erfüllt. Eine gewisse ungleichartige Behandlung der verschiedenen Maschinenarten mußte dabei allerdings in Kauf genommen werden. Zu bedauern ist, daß die komplexe Schwingungsrechnung jetzt bei der Behandlung der Maschinen vollständig unterdrückt ist; denn sie ist ein wertvolles Mittel, um verwickeltere Erscheinungen in Maschinen zu untersuchen.

Der großen Zahl der Bearbeiter ist es zuzuschreiben, daß in der Wahl der Bezeichnungen keine vollkommene Einheitlichkeit herrscht. So wird z. B. die magnetische Spannung auf S. 333 mit $\mathfrak{V}$, auf S. 394 mit AW und auf S. 474 mit V bezeichnet, die magnetische Feldstärke auf S. 395 mit aw, auf S. 474 mit H, das sog. Widerstandsverhältnis (Echtwiderstand zu Gleichwiderstand) auf S. 327 mit ε, auf S. 469 mit K und auf S. 510 mit k bezeichnet. In den meisten Abschnitten ist in einer Fußnote auf einschlägige Literatur und Quellen verwiesen, während solche Hinweise in andern Abschnitten (IV B bis D, F, G), wo sie zum besseren Verständnis und zur Vertiefung häufig beitragen würden, ganz fehlen. Schließlich ist auch in der Wahl der Formelzeichen manches zu beanstanden. Der Grundsatz des AEF, Vektoren mit deutschen und Beträge mit lateinischen Buchstaben zu bezeichnen, ist nicht streng durchgeführt. Größen mit Vektoreigenschaft werden mit deutschen Buchstaben bezeichnet, auch wenn nur der Betrag gemeint ist. Die Stromdichte wird mit $\mathfrak{i}$ bezeichnet, so daß der Betrag der Stromdichte dasselbe Formelzeichen erhalten müßte, nämlich i.

Es ist zu wünschen, daß diese Schönheitsfehler in einer neuen Auflage beseitigt werden, wenn sie auch den praktischen Wert des Buches nicht beeinträchtigen, das bei seiner Aufgabe als Taschenbuch nicht ein Lehrbuch sein kann, sondern im wesentlichen wertvolle Tatsachen, Erfahrungen und Formeln vermitteln soll. Es muß anerkannt werden, daß es diese Aufgabe in jeder Hinsicht erfüllt und dem Leser eine Fülle praktisch wichtiger Ergebnisse darbietet aus der reichen Erfahrung von hervorragenden Fachleuten.

Dem Schriftleiter (Dr. A. Stauch) der neuen Auflage der „Starkstromtechnik" und den Bearbeitern der einzelnen Abschnitte ist die Fachwelt zu Dank verpflichtet; das Buch kann allen Fachgenossen aufs wärmste empfohlen werden.

R. Richter.

Wasserkraftmaschinen. Eine Einführ. in Wesen, Bau u. Berechn. v. Wasserkraftmasch. u. Wasserkraftanlagen. Von Dipl.-Ing. L. Quantz. 7., vollst. umgearb. Aufl. Mit 212 Abb. i. Text, VII u. 149 S. in gr. 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1929. Preis 5,25 RM.

Die vorliegende 7. Auflage des nunmehr seit bald 21 Jahren bekannten Buches erfreut durch die ausführlichere Behandlung der neuzeitlichen Schnelläuferturbinen, vor allem der Propeller- und Kaplanlaufräder, deren Regelung auch durch eine Anzahl guter Abbildungen neuzeitlicher Konstruktionen erläutert wird. Dagegen vermißt man einige nähere Hinweise auf die Notwendigkeit der Schaufelprofilierung bei hohen spezifischen Drehzahlen; die Profilformen tauchen plötzlich in den Abbildungen auf, ohne im Texte erwähnt zu sein. Auch die heute so aktuelle Kavitationsfrage ist behandelt, jedoch ist dem Verfasser hier auf S. 66 ein Irrtum unterlaufen, indem er angibt, daß auf Grund von Untersuchungen der Industrie Prof. D. Thoma in München erstmalig die Formel für den Kavitationsbeiwert σ aufgestellt habe. Die zeitliche Aufeinanderfolge war gerade umgekehrt. D. Thoma hat in einer Patentschrift (DRP. 329 953 v. 1. III. 1920) erstmalig die Wichtigkeit der Kavitation für Wasserturbinen festgestellt, sodann eigene Versuche im Hydraulischen Institut der Technischen Hochschule München unternommen und deren Ergebnisse zugleich mit seiner Ähnlichkeitstheorie für Kavitationserscheinungen auf der ersten Weltkraftkonferenz in London 1924 vorgetragen. Im Anschluß daran hat dann die Turbinenindustrie Kavitations-Versuchsanstalten gebaut und die Münchener Untersuchungen bestätigt und ergänzt.

Wenn schließlich noch einige veraltete Abbildungen, z. B. 81 und 198, durch neuzeitliche ersetzt würden, ferner der Ausdruck „Nachführung" bei Reglern durch Rückführung bzw. starre Rückführung ersetzt sowie die Bezeichnung „Rückführung" nicht nur einseitig für die nachgiebige Rückführung angewendet würde, dürfte das Büchlein nur gewinnen, dessen allgemeine Beliebtheit am besten durch die schnelle Aufeinanderfolge der einzelnen Auflagen bewiesen wird. Aber auch in seiner heutigen Gestalt wird es in Kreisen der Studierenden sowie in der Praxis zur ersten Orientierung auf diesem Gebiete wieder freundliche Aufnahme finden.

A. Hofmann, München.

Die Rechtskunde des Ingenieurs und Kaufmanns. Ein Handbuch f. Technik, Industrie u. Handel. Von Ing. Dr. jur. R. Blum. 3. verb. Aufl. Mit XII u. 742 S. in 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1929. Preis geb. 23,50 RM.

Die beiden ersten Auflagen dieses bisher „Die Rechtskunde des Ingenieurs" betitelten Handbuches fanden ihre Würdigung in der ETZ 1917, S. 227 und 1918, S. 252. Wenn man auf das Jahrzehnt zurückblickt, das zwischen der 2. und der jetzt herausgegebenen 3. Auflage liegt, und bedenkt, welche grundlegenden Wandlungen im Staats- und Wirtschaftsleben vor sich gingen und welche Fülle neuer Anschauungen entstanden ist, so wird es erklärlich, warum die 3. Auflage sich mit fast völlig verändertem Inhalt darbietet. Die Ordnung des Stoffes unter zwei große Hauptabschnitte „Allgemeine Rechtskunde" und „Besondere Rechtskunde" ist beibehalten worden und erleichtert wie bisher die Übersichtlichkeit. Innerhalb dieser Hauptabschnitte aber ist vieles anders geworden, und man erkennt schon aus dem gut gegliederten Inhaltsverzeichnis, daß der Verfasser alles inzwischen gewissermaßen schon „historisch" Gewordene, wie z. B. die Kriegsgesetze, in Fortfall kommen ließ und vor allem darauf Wert legte, dem Leser die Kenntnis von dem gegenwärtigen Stand des Rechts zu vermitteln. Mochte es schon zur Zeit der früheren Auflagen von Vorteil gewesen sein, in einem Bande alles Wissenswerte über Staats- und Verwaltungsrecht, über bürgerliches Recht und Handelsrecht, über das besondere Berufsrecht und über das Recht in den Dingen des täglichen Lebens vereinigt zu finden, so wird man dies heute vermehrt als Vorteil empfinden. Die völlige Umgestaltung der Verfassung und des Aufbaues der staatlichen Verwaltung, das Auftreten ganz neuer Rechtsgebiete, wie Arbeits- und Sozialrecht, und der Abschluß für Staat und Wirtschaft bedeutungsvoller internationaler Abkommen zwingen den Staatsbürger, will er dem politischen und wirtschaftlichen Geschehen Verständnis entgegenbringen und sich ein Urteil bilden, sich mit den einschlägigen Bestimmungen auch im einzelnen vertraut zu machen. Hierbei ist ihm das Handbuch ein Helfer und erspart ihm die Mühe, sich die Unterlagen zusammenzusuchen. Auch über die aktuellsten Zeitfragen, Locarno-Vertrag, Völkerbund, Haager Konferenz, Young-Plan unterrichtet ihn das Werk. Wer in die Tiefe dringen will, findet in einem jedem Abschnitt vorangesetzten Literaturverzeichnis den Wegweiser.

An dem Grundcharakter des Handbuches hat sich nichts geändert. Von einer wissenschaftlichen Bearbeitung der einzelnen Gesetze wurde wieder ebenso abgesehen wie von einer Rechtsbelehrung dahin, in welcher Weise man etwa in diesem oder jenem praktischen Fall vorzugehen hätte. Dies ist durchaus kein Fehler, eher ein Vorzug des Buches. Es bleibt somit das rasch orientierende Nachschlagewerk, der Leitfaden für den im wirtschaftlichen Getriebe stehenden Staatsbürger durch die Vielfältigkeit unseres heutigen Rechts- und Staatslebens, dem man nur die gleiche Verbreitung wünschen kann wie seinen ersten Auflagen.

von dem Busch.

Eingegangene Doktordissertationen.

Herbert Hellmann, Die Bewertung von Beleuchtungsanlagen auf meßtechnischer Grundlage. T. H. Berlin 1930.

Erwin Reimann, Sprungwellenbeanspruchungen von Stromwandlern mit und ohne Schutzapparat. T. H. Braunschweig 1929.

Erich Uhlmann, Der elektrische Durchschlag von Luft zwischen konzentrischen Zylindern. T. H. Braunschweig 1929. (Sonderdruck aus Arch. El. Bd. 23, H. 3 [1929]).

Karl Backhaus, Über die Einzelverluste u. den Wirkungsgrad direkt beheizter elektr. Kochapparate u. elektr. Heißwasserspeicher. T. H. Hannover 1930.

Hans Jahn, Versuche über den Einfluß der Zahnwinkel bei Feilen. T. H. Dresden 1930.

Neue Zeitschriften.

Concessioni e Costruzioni, Jahrg. 1, Nr. 1/2, 1930. Herausg. v. Ing. Edmondo del Bufalo u. Domenico dello Santi, Rom, Via S. Claudio 87. Jahresabonnement 70 Lire, für das Ausland 150 Lire.

Digitized by Google

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Export und Inlandabsatz der Elektroindustrie. — Nach Feststellungen, die sich auf eine vom Institut für Konjunkturforschung ausgewertete Umfrage bei den Ausstellern der Leipziger Frühjahrsmesse 1930[1] gründen, war der Absatz elektrotechnischer Haushaltsgeräte und Kleinmaschinen in den letzten Monaten von 1929 und den ersten dieses Jahres durch die Verschlechterung der Einkommensverhältnisse gehemmt. Gleichwohl hatte sich die Elektroindustrie wieder weitgehend an der Leipziger Technischen Messe beteiligt. Das Resultat war im Inlandgeschäft z. T. befriedigend, im Auslandgeschäft jedoch allgemein günstig und wesentlich besser als bei der vorjährigen Frühjahrsmesse. Für die einzelnen Zweige der Elektroindustrie ergibt sich natürlich ein mehr oder weniger starkes Abweichen von der Mittellinie. So bestand z. B. für Gleichrichter und Transformatoren großes Interesse, vor allen Dingen aber für die neuen Preßluft- und Druckgasschalter, die zum erstenmal gezeigt wurden und im Ausland, besonders in Polen, der Tschechoslowakei, den Niederlanden und Frankreich, erhebliche Nachfrage erzielten. Letzteres gilt auch für die osteuropäischen Länder, die Schweiz und Schweden in bezug auf Leitungsmaterial und Isolierstoffe, für die gleichen Länder sowie Frankreich, die Niederlande und Südamerika hinsichtlich elektrischer Heiz- und Kochgeräte, Haushaltungsmaschinen und Apparate für die Gesundheits- und Körperpflege. Dagegen fanden Vorrichtungen mit verhältnismäßig hohem Stromverbrauch im Inland nur geringen Absatz; ihre Anschaffung soll nach Ansicht der Aussteller an den hohen Stromtarifen scheitern (!). Der gleiche Einfluß mache sich, wie der uns vorliegende Bericht sagt, bei Elektrowerkzeugen, Öfen, Löt- und Schweißapparaten bemerkbar, für die jedoch spezielles Interesse im europäischen Ausland festzustellen war. Besonders wichtige Ausfuhrwaren scheinen nach der Umfrage Fernmelde-, Sicherungs- und Kontrollgeräte zu sein.

Englands elektrotechnischer Außenhandel[2]. — Im April 1930 war die Einfuhr elektrotechnischer Erzeugnisse um 130 214 £ (17 %) geringer als im Vormonat (783 179 £), sie übertraf aber den Import des Parallelmonats von 1929 um 109 728 £ (20 %). Die Ausfuhr zeigt gegen den März (1 602 993 £) einen Rückgang um 192 230 £ (12 %) und im Vergleich mit dem April 1929 eine Abnahme um 263 471 £ (16 %). Der Mai hat, verglichen mit dem Vormonat, die Einfuhr um 51 325 £ (8 %) und gegen den gleichen Monat des Vorjahres um 85 605 £ (14 %) erhöht. Ersterem gegenüber ist auch die Ausfuhr gewachsen, u. zw. um 207 557 £ (15 %), während sie hinter dem Export vom Mai 1929 um 231 924 £ (12,5 %) zurückgeblieben ist.

Erzeugnisse	Einfuhr in £		Ausfuhr in £	
	1930	1929	1930	1929
	April			
Maschinen	163 150	145 977	475 314	510 344
Waren u. Apparate .	489 815	397 260	935 449	1 163 890
	652 965	543 237	1 410 763	1 674 234
	Januar/April			
Maschinen	653 855	573 214	2 210 100	2 171 914
Waren u. Apparate .	2 500 445	1 648 958	4 204 071	3 951 677
	3 154 300	2 222 172	6 414 171	6 123 591
	Mai			
Maschinen	187 089	184 128	575 147	561 356
Waren u. Apparate .	517 201	434 557	1 043 173	1 288 888
	704 290	618 685	1 618 320	1 850 244
	Januar/Mai			
Maschinen	840 944	757 342	2 785 247	2 733 171
Waren u. Apparate .	3 017 646	2 083 515	5 247 244	5 240 664
	3 858 590	2 840 857	8 032 491	7 973 835

Elektrotechnischer Außenhandel der V. S. Amerika[3]. — Im Januar 1930 war die Ausfuhr elektrischer Maschinen, Apparate und Zubehörteile mit einem Wert von 12 724 353 $ um 2 006 236 $ (19 %) größer als im Parallelmonat des Vorjahres, im Februar betrug diese Steigerung bei insgesamt 11 275 457 $ und 10 548 924 $ i. V. aber nur 726 533 $ (7 %). Der März weist dagegen mit 13 029 910 Dollar gegen den gleichen Monat von 1929 (14 294 628 $) eine Abnahme um 1 264 718 $ (9 %) auf. Für das erste Vierteljahr 1930 ergibt sich damit eine Wertsumme von 37 065 557 $, die die der gleichen Periode des Vorjahres (35 561 669 $) um 1 503 888 $ (4 %) übertraf. Bemerkenswert ist für die beiden ersten Monate die Zunahme der Ausfuhr von Turbogeneratorensätzen, Transformatoren, Gleichrichtern usw., größeren Schaltern über 10 A, stationären Motoren bis 200 PS, verschiedenem Radiogerät und Fernsprechausrüstungen, für den März die Exportverringerung bei den Turbogeneratoren, ferner bei Taschenlampenbatterien und -gehäusen, Autoanlassern und nicht näher bezeichneten elektrischen Apparaten.

Aus der Geschäftswelt. — Das 1929 erzielte Ergebnis bezeichnet die Voigt & Haeffner AG., Frankfurt a. M. im Gegensatz zu dem des Vorjahres als nicht voll befriedigend. Der Rückgang der Aufträge, der bis zum Jahresschluß anhielt, wurde überwiegend durch die allgemeine Geldknappheit verursacht, die sowohl den Kommunen wie den privatwirtschaftlichen Elektrizitäts-, Bergwerks- und Industrieunternehmungen die Bereitstellung hinreichender Mittel für die erforderliche Erweiterung und neuzeitliche Ausgestaltung ihrer Elektrizitätsanlagen ganz außerordentlich erschwerte und die Aufwendungen daher auf das Allernotwendigste beschränkte. Die Folge war eine ungewohnte Zurückhaltung in der Vergebung größerer Aufträge, namentlich solcher auf vollständige Schaltanlagen, und ein aufs äußerste verschärfter Wettbewerb mit stetig sinkenden, oft fast keinen Gewinn mehr lassenden Preisen. Die in die Übernahme der früheren Prometheus-Gesellschaft gesetzten Hoffnungen haben sich in Form eines beachtenswerten Aufschwungs auf diesem Gebiet erfüllt. Auch die Hauptbeteiligungen brachten befriedigende Ergebnisse. Rohgewinn: 4 613 036 RM (5 416 866 i. V.), Reingewinn mit Vortrag: 617 758 RM (876 676 i. V.), Dividende: 6 % auf 7,5 Mill RM Stammaktienkapital (9 % i. V.). — Nach dem Geschäftsbericht der Julius Pintsch AG., Berlin, hat das Glühlampenwerk 1929 recht befriedigende Resultate erzielt. — Die weitere Verschlechterung der wirtschaftlichen Lage in Deutschland, dem Hauptabsatzgebiet der Accumulatoren-Fabrik AG., Berlin, hat sich 1929 für diese empfindlich ausgewirkt, besonders auf dem Gebiet der stationären Sammler, die in erster Linie von Kommunal- und Staatsbehörden benötigt werden. Ähnlich lagen die Verhältnisse bei der Landwirtschaft und den übrigen Verbrauchern solcher Akkumulatoren. Die Steigerung des Umsatzes in transportablen Sammlern konnte diesen Rückgang nicht ganz ausgleichen. Die Gesellschaft ist bestrebt, neue Absatzgebiete zu entwickeln. Bruttoüberschuß: 3 202 692 RM (3 076 801 i. V.), Reingewinn mit Vortrag und einschl. 1,5 Mill RM einer früheren Rückstellung zur Deckung von Kriegsschäden: 3 919 276 RM (Überschuß i. V. 2 186 527 RM), Dividende: 8 % auf 20 Mill RM Aktienkapital wie i. V. und 10 % Bonus. — Die Fabrikationseinrichtungen der C. Lorenz AG., Berlin-Tempelhof, haben 1929 auf Grund des Abkommens mit der Philips' Glühlampenfabriken AG., Eindhoven, eine sehr erhebliche Erweiterung erfahren. Der im laufenden Jahr erzielte Umsatz erreichte daher eine um mehr als 30 % größere Höhe als 1928, eine Steigerung, an der hauptsächlich die Rundfunkabteilung und außerdem namentlich Telegraphie und Maschinenbau beteiligt waren. Die erzielten Preise werden trotz aller Besserungsbestrebungen als außerordentlich ungünstig bezeichnet, und da sich, wie der Vorstand sagt, die Gegensätze in der Schwachstromindustrie anscheinend noch verschärft haben, wird wohl noch mit einer längeren Dauer dieser ungesunden Verhältnisse zu rechnen sein. Infolge des bekannten Streits mit der Telefunken Gesellschaft für drahtlose Telegraphie m. b. H. und der dadurch entstandenen Prozeßlage sah sich die Gesellschaft 1930 gezwungen, ihre Beziehungen zu Philips in freundschaftlichem Sinn zu lösen. Sie ist dann auf Anregung der International Telephone and Telegraph Corp. in engsten Zusammenhang mit dieser Gruppe getreten und konnte dabei für ihre Aktionäre ein Angebot von 189 % erreichen. Die Unabhängigkeit der Geschäftsführung ist mit Rücksicht auf die nationalen Interessen im weitesten Sinn gewahrt. Gewinn aus Fabrikation usw. abzüglich aller Unkosten: 1 073 426 RM (916 363 i. V.), Reingewinn mit Vortrag: 585 856 RM (450 068 i. V.), Dividende: wieder 6 % auf nunmehr 9,230 Mill RM Stammaktienkapital.

Bezugsquellenverzeichnis.

Frage 30: Wer ist Hersteller des Elektro-Isolierstoffes „Asbestonit"?

Abschluß des Heftes: 28. Juni 1930.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

[1] Das Ergebnis ist vom Institut für Konjunkturforschung gemeinsam mit dem Leipziger Meßamt in der Druckschrift „Export und Inlandsabsatz" zusammengestellt worden.
[2] Nach El. Review. Vgl. ETZ 1929, S. 848, 1036; 1930, S. 728.
[3] El. World Bd. 95, 1930, S. 619, 1005, 1103. Vgl. ETZ 1929, S. 848.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Arcatom-Schweißgerät Lag 4 für Lichtbogenschweißung in dissoziiertem Wasserstoff nach Langmuir.

Mitteilung der AEG.

Beim Arcatom-Schweißverfahren der AEG wird der Lichtbogen unter Verwendung eines Wechselstromes zwischen zwei Wolfram-Elektroden gezogen, denen ringförmig Wasserstoff zugegeben wird. Unter Einwirkung des Lichtbogens wird der molekulare Wasserstoff in Atome gespalten, die hierbei aus der Umgebung (dem Lichtbogen) Wärmeenergie aufnehmen und bei ihrer Wiedervereinigung am Werkstück bzw. am Rande des Lichtbogens zu Molekülen, den entstehenden Wärmeüberschuß an das Werkstück abgeben. Außerdem schützt die Einhüllung der Schweißstelle in einer Wasserstofflamme vor dem schädlichen Einfluß der Luftatmosphäre.

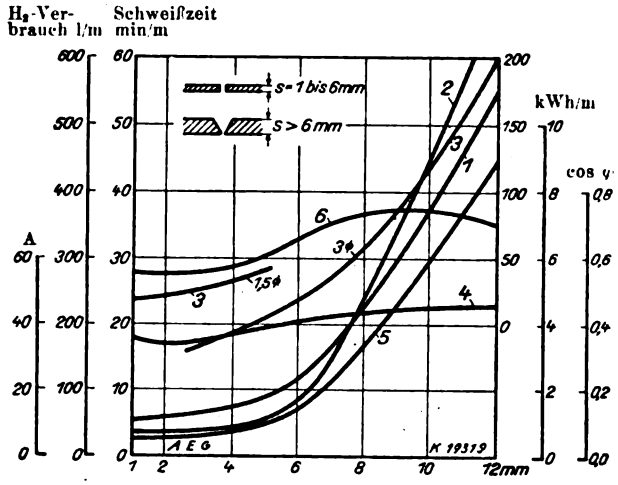
Das Verfahren liefert trotz der sehr hohen örtlichen Schweißenergie ein sehr feinkörniges Schweißgefüge und vereinigt die Eigenschaften der Gasschmelzschweißung mit den Vorzügen der Lichtbogenschweißung. Es eignet sich für die Verschweißung von Stahl bis 1 vH C, und 14 vH Mn bei Blechstärken von 1 bis 12 mm. für Aluminium bis 20 mm, Messing und Kupfer bis 3 mm für V 2 A — Chrom-Nickel und Manganbleche und bei einiger Übung des Schweißers für alle Metalle. Die Bruchfestigkeit erreicht an der Schweißstelle die des Mutterwerkstoffes, die Biegewinkel betragen 180°, wobei sich die Proben meistens flach zusammenschlagen lassen. Die Schweißnähte sind glüh- und anlaßbeständig. Sie besitzen ein vorzügliches Aussehen.

Der Lichtbogen wird von einem Wechselstrom von 20 bis 70 A und einer Spannung von 60 bis 140 V im Lichtbogen unterhalten. Die zur Zündung erforderliche Leerlaufspannung beträgt 300 V.

Das zur Umformung der Netzspannung und Regelung des Schweißstromes erforderliche Gerät nach Abb. 1 enthält den Transformator von 18 kVA für Primärspannungen bis 500 V, die zur Erzeugung des Spannungsabfalls erforderliche Anzapfdrossel, den zehnstufigen Stufenschalter zur Reglung des Schweißstromes, den Strommesser mit Drahtglasscheibe und unten verbreiterter Skala, das zweipolige Hauptschütz mit Hilfskontakten für den Niederspannungstromkreis von 42 V, den Notdruckknopf und die Steckdosen zum Anschluß des Netz- und Schweißkabels. Das Gerät ist staubdicht abgedeckt und zur Verschiebung innerhalb der Arbeitstätte mit Lenkrollen versehen.

Abb. 1. Arcatom-Schweißanlage im Betrieb.

Der Brenner dient zur Aufnahme der Wolfram-Elektroden von 1,5 und 3,0 mm Durchmesser und besteht aus dem Handgriff, den Brennerrohren, die gas- und stromführend sind und an ihren Enden die Elektrodenhalter aus feuerfestem Stahl tragen, der Regelvorrichtung für den Elektrodenabstand sowie den Gas- und Stromzuleitungen. Bei der Durchbildung des Brenners wurde auf allergrößte Handlichkeit und geringstes Gewicht bei größtmöglichster Betriebssicherheit geachtet.



1 = Schweißzeit min/m Naht mit Vorbereitung u. Heften
2 = Wasserstoff l/m " " " " "
3 = Wolfram mm/m " " " " "
4 = Schweißstrom sekundär
5 = Stromverbrauch primär kWh/m Naht mit Vorbereitung u. Heften
6 = Leistungsfaktor cos φ

Abb. 2. Kennschaulinien des Arcatomgerätes Lag 4.

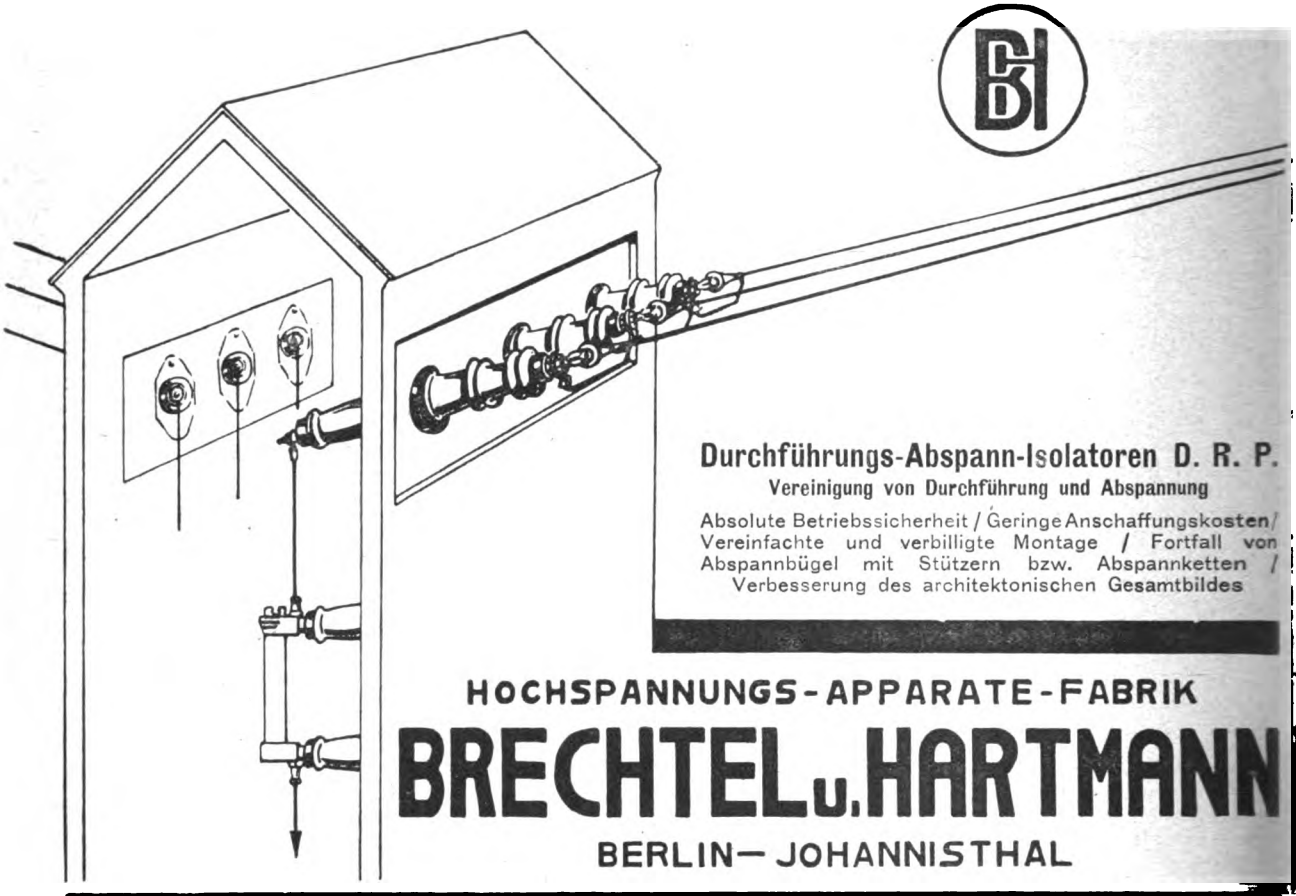
Für die Wasserstoffversorgung des Brenners genügt eine normale Flasche von etwa 6 m³ Inhalt. Als Reduzierventil ist das Konstantventil der I. G. Farbenindustrie (Werk Autogen), zu benutzen. Zum Anschluß an das Netz dient ein 5 m langes Kabel mit Kragenstecker. Der Schweißer benutzt einen Schweißhelm, ferner sind Lederhandschuhe und eine isolierte Zange zum Halten des Zusatzdrahtes erforderlich.

Die Elektroden werden so eingespannt, daß ihre Spitzen etwa 3 mm auseinander stehen. Nach Anschluß des Gerätes und des Brenners stehen nunmehr die Elektroden unter der Hilfspannung von 42 V. Durch Berührung der Elektroden wird der Hilfstromkreis geschlossen, wodurch das Hauptschütz eingeschaltet wird. Hierbei wird der Stromkreis von 40 V unterbrochen und der Brenner auf den Hauptstromkreis geschaltet. Durch Auseinanderziehen der Elektroden wird der Lichtbogen gezogen. Die am Brenner frei auftretende Spannung übersteigt niemals die Lichtbogenspannung. Beim Zünden ist der Hauptstromkreis von 300 V kurzgeschlossen, beim Abreißen des Lichtbogens fällt das vom Strom gehaltene Schütz heraus und schaltet den Brenner zweipolig ab. Bei Störungen kann der Notdruckknopf betätigt werden, der die Anlage zweipolig abschaltet. Der Betrieb der Schweißanlage ist also völlig gefahrlos. Eine Gefährdung des Schweißers ist ausgeschlossen.

Das Schweißen erfolgt durch ruhige Vorwärtsführung der Elektrodenebene in Nahtrichtung, wobei der Rand der scheibenförmigen Flamme die Naht berühren soll. Bleche bis zu 6 mm werden stumpf ohne Zusatz geschweißt. Stärkere Bleche werden ausgeschrägt. Hier wird beim Schweißen Material zugesetzt.

Die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit kann von Fall zu Fall auf Grund der Werte in Abb. 2 erfolgen, in dem die Verbrauchszahlen für 1 m Schweißnaht in Abhängigkeit von der Blechstärke angegeben sind. Das Verhältnis zwischen Aufwand und Leistung wird bei Ecknähten wesentlich günstiger.

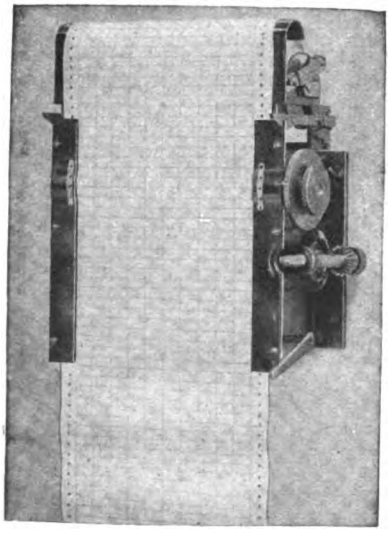
Digitized by Google



Durchführungs-Abspann-Isolatoren D. R. P.
Vereinigung von Durchführung und Abspannung
Absolute Betriebssicherheit / Geringe Anschaffungskosten / Vereinfachte und verbilligte Montage / Fortfall von Abspannbügel mit Stützern bzw. Abspannketten / Verbesserung des architektonischen Gesamtbildes

HOCHSPANNUNGS-APPARATE-FABRIK
BRECHTEL u. HARTMANN
BERLIN—JOHANNISTHAL

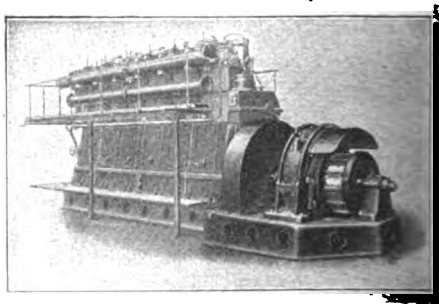
Uhrwerke



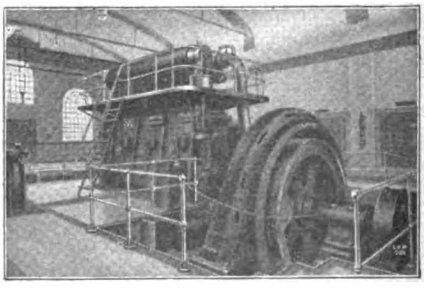
für Registrier-Apparate mit ablaufenden Diagrammstreifen oder Trommeln
liefert die Spezialfabrik
T. Baeuerle & Söhne
St. Georgen 15 (Bad. Schwarzwald)

LLOYD

Gleichstrom
600 kW
260 U. p. Min.
230 Volt



DIESEL-AGGREGATE



Drehstrom
850 kVA
187 U. p. M.
5000/5250 Volt

LLOYD DYNAMOWERKE
AKTIENGESELLSCHAFT
BREMEN.

Digitized by Google

JUL 29 1930

E T Z

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

Inhalt von Heft 28 der **ETZ**

Kupferoxydul-Trockengleichrichter. Von O. Irion. 993

Die Bestimmung der Kurzschluß-Ausschaltleistung an Netzpunkten. Von M. Tunkel. 999

Elektrisches Pflügen. 1006

Anlauferwärmung von Kurzschlußankermotoren (Schluß). Von M. Liwschitz. 1007

Industr. Wasserkraftanlagen in Norwegen. Von E. Finne. 1011

Rundschau:

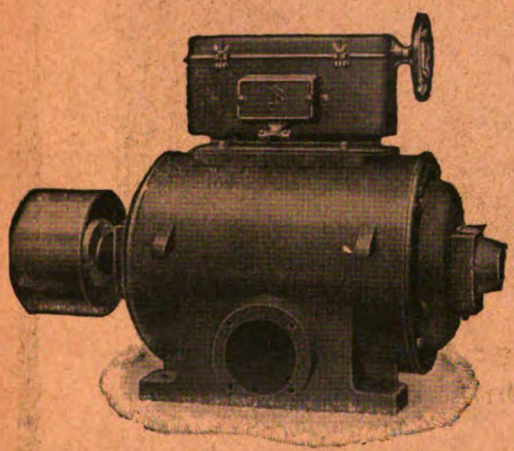
El. beheizter Kessel z. Schmelzen v. Kabelfüllmasse. 1014. — Amerikan. Eimerseilbagger. 1015 — Leitungschwingungen. 1015 — Amerikan. Beleuchtungstechnik i. J. 1929. 1015 — Einzelantrieb oder Gruppenantrieb v. Werkzeugmasch.? 1016 — Motoren z. Antrieb v. Spinnzentrifugen. 1016 — Verstellbare Profillehre. 1016 — Experimentelle u. histolog. Untersuch. üb. d. Blutstillung durch Hochfrequenzstrom. 1017 — Die amerikan. Sicherheitsvorschr. 1017 — Besucherzahlen d. dt. Techn. Hochschulen. 1018 — Energiewirtschaft. 1019 — **Gewerbl. Rechtsschutz.** 1020 — **Vereinsnachrichten.** 1020 — **Persönliches:** G. Stern. 1021 — **Briefe a. d. Schriftleit.:** L. Draub/O. Naumann. 1022 — **Literatur:** A. Ertel. F. Auerbach u. W. Hort. F. L. Schechter. 1022. — Eingeg. Doktordissert. 1023 — **Geschäftl. Mitteilungen.** 1023 — **Berichtigungen.** 1024

Inhalt des neuesten Heftes des **Archiv** f. Elektrotechnik (Bd. 24, H. 1): Rudolph, Aperiod. Verstärkung sowie Richtverstärk. unt. Ausnutz. d. vollen Verstärkerfaktors v. Elektronenröhren. — Wellauer, Ein el., direkt zeigend. Vakuummeter a. d. Prinzip d. anorm. Kathodenfalles. — Mayr, Posit. Ionen mit hohem Ionis.-Vermögen u. d. Elafluß a. d. el. Durchbruch in Luft. — Mayr, Üb. d. Spannungsstufe beim Funkenüberschlag. — Blamberg, Summierung m. Kreuzspul-Ohmmetern. — Nützelberger u. Resch, Diagramm z. Ermittl. d. dch. Meßwandler entstehend. Fehlers b. Leistungsmessungen in Dr.-Dreileiteranlagen. — Edler, Druckabhängigk. d. Durchschlagsspannung b. dielektr. Flüssigkeiten. — Büge, Punktweise Aufnahme quasistat. Vorgänge. — Kettner, Scherung v. Magnetis.-Kurven. — Machens u. Manteuffel, Unterdrück. d. selbsterregt. Schwingungen v. Synchronmaschinen. — Pollaczek, Bemerk. z. d. Arbeit: Untersuch. üb. d. Wärmeverluste, d. magn. Energie u. d. Induktionsgesetz bei Mehrfachleitersystemen. — Buchholz, Berichtig. zur vorstehend. Arbeit. — Marx, D. el. Durchschlag v. Luft im inhomogenen Felde. — Franck, D. Kugelfeld bei belieb. Phasenverschieb. d. Spannungen. — Brenzinger, Kathodenstrahloszillograph z. Aufnahme period. Vorg. — Inge u. Walther, Feldverteil. u. Durchschlagsspann. v. festen Isolatoren. — Andronow u. Witt, Theorie d. Mitnehmens von van der Pol. — Schulze u. Zickner, Methode z. Registr. v. Kapazitätsänd. u. ihre Anwend. z. laufenden Beobacht. phys. Vorgänge. — Rogowski u. Klemperer, Kathodenoszillogramm d. Durchschlags b. stat. Spannung.

Bruncken-Doka-Motor

ohne Schleifringe bis 150 PS Leistung (D. R. P.)

Der einzige Käfiganker-Motor mit Schleifringanker-Charakteristik



Anlauf durchschnittlich bis zum dreifachen des normalen Drehmomentes

Lieferbar in

gekapselter Ausführung
(Durchzugstype)

mantelgekühlter Ausführung

explosionssicherer Ausführung

mit aufgebautem Anlaß-Kontroller oder Selbstanlasser

Cölner Elektromotorenfabrik JOHANNES BRUNCKEN

Gegründet 1907

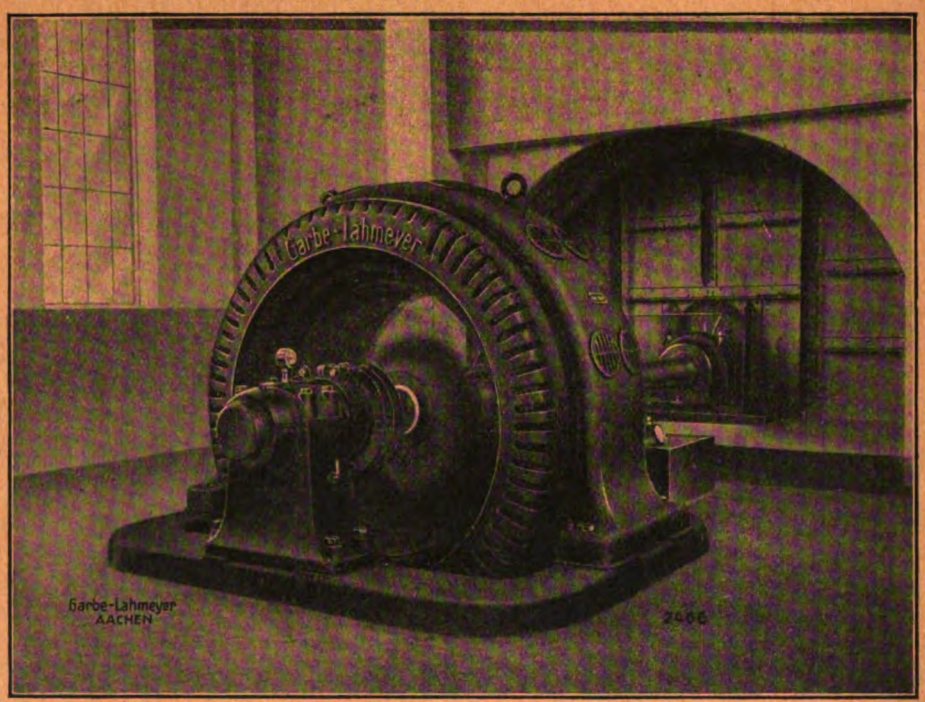
Cöln-Bickendorf 7
Telephon Amt Köln:
Sammelnummer West 58341

Digitized by Google

Garbe-Lahmeyer

Dynamos * Elektromotoren
Transformatoren

Fabrikation seit 1886



Garbe-Lahmeyer-Ventilatormotor,
1400 PS, 5250 Volt, 296 Umdr. p. Min., 50 Per.

AACHEN

1932

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

51. Jahrgang | Berlin, 10. Juli 1930 | Heft 28

Kupferoxydul-Trockengleichrichter.

Von Dipl.-Ing. **Otto Irion**, Berlin.

Übersicht. Nach einem Überblick über den grundsätzlichen Aufbau der Trockengleichrichter wird kurz die Wirkungsweise des Kupferoxydul-Gleichrichters besprochen. Insbesondere werden die Einflüsse von Temperatur und Druck, die Bedeutung des Rück- und Vorstromes, der Wirkungsgrad, die Leistung und die Dauerhaftigkeit an Hand von Kurven erläutert. Auf die gebräuchlichsten Schaltungen und die Belastungsfähigkeit wird eingegangen. Zum Schluß wird ein Überblick über die Verwendungsmöglichkeit an Hand von Beispielen gegeben.

In der Reihe der ruhenden Umformer nimmt heute der Trockengleichrichter bereits eine bedeutende und vielversprechende Stellung ein. Der Übergang vom Kontaktgleichrichter zum Plattengleichrichter und anschließend zum Großflächen-Gleichrichter hat sich in kurzer Zeit vollzogen. Kontaktgleichrichter sind seit Jahren in der drahtlosen Telegraphie bekannt. Der Gleichrichter besteht hier aus zwei verschiedenen Metallen, die einerseits in Form einer Spitze (*b*) anderseits in Form einer Fläche (*a*) unter leichtem Druck zur Berührung gebracht werden (Abb. 1). Legt man an eine solche Metallkombination verschiedene Spannungen an, so folgt die *e-i*-Kurve nicht dem Ohmschen Gesetz[1] (Abb. 2), sondern weicht erheblich davon ab, u. zw. besonders bei Stromrichtungswechsel. Die Stromstärken, die im Kontaktdetektor auftreten, betragen $1 \cdot 10^{-5} \ldots 1 \cdot 10^{-10}$ A; größere und längere Belastungen vertragen derartige Gleichrichter nicht. Platten- oder Flächengleichrichter sind trockene Metallkombinationen mit denselben elektrischen Eigenschaften wie die Kontaktgleichrichter. Im Gegensatz zu diesen aber handelt es sich hier um Metall und Metallverbindung, die nicht in einer Spitzenberührung stehen, sondern in engstem Oberflächenverband. Die Grenzschicht dazwischen schließt sich zu einer vollkommenen Verwachsung. Bei kleinen Leistungen wird die Kontaktgabe durch Aufdrücken eines weichen Metalls sichergestellt. Solche Druckplatten-Gleichrichter (Abb. 3) sind in Deutschland zuerst von den SSW hergestellt worden. Die wirksamste Metallkombination hierfür ist Kupfer—Kupferoxydul (*a*, *b*). Die gleichzurichtende Wechselspannung wird einerseits an das Kupfer, anderseits über den Verbraucher durch eine Kontaktelektrode an die Oxydulschicht angelegt. Eine besonders innige Berührung zwischen der Oxydulschicht und der Kontaktscheibe kann zur Verringerung des Übergangswiderstandes und Erhöhung des Wirkungsgrades beitragen. Zur Kontaktgabe wird deshalb eine Bleischeibe (*c*) mit einem gewissen Druck gegen die Oxydulschicht gepreßt. Das aus Kupfer, Kupferoxydul und Gegenelektrode bestehende Gleichrichterelement ist zur besseren Wärmeabführung von zwei Kühlplatten eingeschlossen. Das Ganze wird durch einen Bolzen mittels zwei Druckplatten zusammengepreßt.

Durch die Verwendung von Kontaktscheiben aus Blei und der durchgehenden Bolzen zum Zusammenpressen der Druckscheiben fallen die Elemente entsprechend schwer und teuer aus. Daher war man bestrebt, Gleichrichter für große Leistungen mit größerer Oberfläche ohne diese Hilfsmittel herzustellen. Hier führte zu vollem Erfolg ein von den SSW angewendetes Verfahren, bei dem die Kontaktgabe unter Vermeidung von Druck erfolgt und die zur Verwendung kommenden Großflächen freiliegen, so daß sie einem Kühlmittel ohne weiteres zugänglich sind. Die Grundeinheit besteht wie bei Druckplatten-Gleichrichtern aus einem Metall und einer Metallverbindung, z. B. Kupfer—Kupferoxydul. Als Gegenelektrode wird jedoch kein Bleistreifen aufgepreßt, man bringt vielmehr auf elektrolytischem, chemischem oder mechanischem Wege eine gut leitende Metallschicht selbsthaftend auf die Metallverbindung auf. Die bei Stromdurchgang in der Metallverbindung freiwerdende Wärme wird unmittelbar an die darüberliegende Kontaktschicht und von da an die als Kühlmittel durchgeführte Luft oder Flüssigkeit abgegeben. Die Platten sind am Rande in einem gewissen Abstand voneinander befestigt und ermöglichen eine doppelseitige Ausnutzung, da die gleichrichtende Oxydulschicht im Glühprozeß auf der Vorder- und Rückseite erzeugt werden kann.

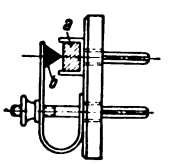


Abb. 1. Kontaktgleichrichter.

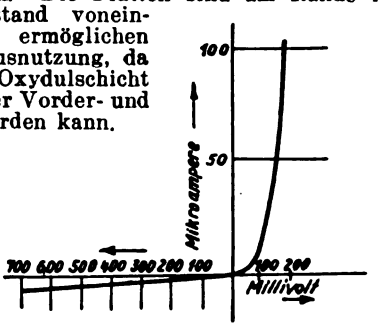


Abb. 2. Kennlinien eines Kontaktgleichrichters.

Wirkungsweise.

Beim Kupferoxydul-Gleichrichter handelt es sich um einen echten Trockengleichrichter, d. h. es ist trotz des dauernden Wechsels der Stromrichtung nach längerem Betrieb im Flächenverband eine Veränderung nicht festzustellen. Im Gegensatz hierzu stehen Trockengleichrichter, bei denen elektrolytische Vorgänge beobachtet werden können, wie z. B. beim Kupfersulfid-Gleichrichter. Die Ventilwirkung tritt bei diesen erst dann ein, wenn sich nach Stromrichtungswechsel durch Umsetzung eine Sperrschicht gebildet hat. Die Umsetzung findet zu Anfang jeder Sperr-Halbperiode statt und läßt zunächst einen geringen Strom hindurch. Ein an solchem Kupfersulfid-Gleichrichter aufgenommenes Oszillogramm (Abb. 4 a) zeigt in besonders deutlicher Weise diesen Vorgang. Man erkennt, daß zuerst in der Sperrichtung noch ein Strom zustandekommt, der sich in Unstetigkeiten der Kurve nach dem Durchgang durch Null ausdrückt. Dieser Strom trägt aber zur Bildung der Sperrschicht bei, die dann ihrerseits einen weiteren Stromdurchgang verhindert.

Im Gegensatz hierzu steht der Vorgang beim Kupferoxydul-Gleichrichter als einem reinen Trockengleichrichter. Den Verlauf des Stromes auf der Gleichstromseite zeigt Abb. 4 b. In der Durchgangsrichtung ist während der entsprechenden halben Periode ein sinusförmiger Verlauf der Kurve zu ersehen. Die Kurve setzt unmittelbar mit dem Stromrichtungswechsel ein und auch die zweite Hälfte einer Periode zeigt keine Unstetigkeit, die auf die Formierung einer Sperrschicht hinweisen würde. Dies bedeutet, daß ein sog. Anlassen wie beim Kupfersulfid-Gleichrichter nicht stattfindet, daß die Sperrwirkung für die Stromrichtung schon vorher vorhanden war und während des ganzen Vorganges erhalten bleibt.

Für das Zustandekommen dieses Gleichrichtereffektes gibt es eine Reihe von Erklärungen, auf die hier nicht näher eingegangen werden soll. Es wird dafür auf die einschlägige Literatur verwiesen, insbesondere auf die

[1] Güntherschulze Elektrische Gleichrichter und Ventile. Berlin 1929.

Digitized by Google

Arbeiten von Grondahl[2] und Schottky[3]. Der Vorgang wird am deutlichsten an Hand der Strom-Spannungs-Abhängigkeit klar (Abb. 5). Ihr Verlauf weicht von dem der Kontaktdetektoren kaum ab. Die Ventilwirkung ist gegenüber anderen Gleichrichterarten (besonders elektrolytischen Gleichrichtern) schon bei ganz ge-

Zu Abb. 5:
a Strom, Amp.
b „ , Milliamp.
c Gütezahl

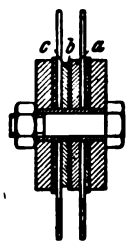


Abb. 3. Druckplatten-Gleichrichter.

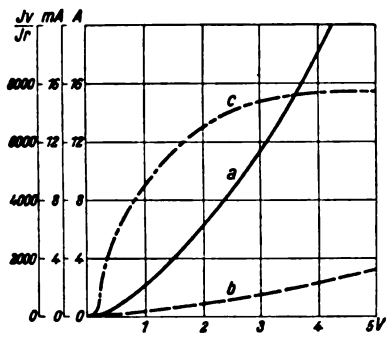


Abb. 5. Kennlinien des Kupferoxydul-Gleichrichters.

ringen Spannungen vorhanden. Da für jeden Spannungsaugenblickswert das Ohmsche Gesetz gilt, sind die Stromwerte den Widerstandswerten umgekehrt proportional. Wird an eine Gleichrichtereinheit eine Gleichspannung in der einen und in der anderen Richtung angelegt und werden die beiden Stromstärken bei Kurzschluß des Ver-

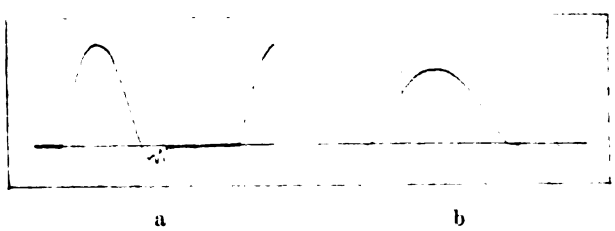


Abb. 4. Verlauf der Stromkurven an Trockengleichrichtern.

brauchskreises gemessen, so gilt für die beiden Widerstandswerte das umgekehrte Verhältnis dieser beiden Meßwerte:

$$\frac{i_v}{i_r} = \frac{r_r}{r_v} = G.$$

Im Vergleich mit anderen Messungen ist dieser Ausdruck ein Maßstab für die Güte der Gleichrichtung.

Eigenschaften.

Einfluß der Temperatur.

Diese eben erwähnte Kurzschlußmessung ist gleichbedeutend mit einer Sicherheitsprüfung, da damit eine bedeutende Überlastung des Gleichrichters verbunden ist. Sofern die Überlastung bei genügender Wärmeabfuhr nur kurzzeitig auftritt, bleibt sie praktisch ohne Bedeutung. Der Gesamterhöhung der bei Temperatursteigerung in Wärme umgesetzten Rückstromleistung steht nur eine verhältnismäßig geringe Verminderung der Vorstrom-Verlustleistung gegenüber.

Die Abhängigkeit der Widerstände bzw. der Gütezahl von der Temperatur geht aus Abb. 6 hervor. Schon im Bereich der normalen Temperatur sind diese Werte Schwankungen unterworfen. Für die Gütezahl setzt von 50° bereits ein starker Abfall ein. Eine Temperatur von 60° ist noch zulässig. Sind jedoch darüber hinaus höhere Temperaturen zu erwarten, z. B. durch höhere Außentemperaturen, so wird man zweckmäßig die Wärmeabfuhr durch Kühlbleche oder künstliche Kühlung verstärken. Auch die Herabsetzung der Stromdichte führt zum Ziel. Bei den handelsüblichen Geräten rechnet man mit einer geringsten Strombelastung von 0,05 A/cm².

Einfluß des Druckes.

Von besonderer Bedeutung im Aufbau der Gleichrichter ist der Übergangswiderstand, da stets zahlreiche Platten miteinander zu verbinden sind. Beim Druckplatten-Gleichrichter läßt sich die Bedeutung der Kontaktwiderstände leicht nachweisen. Hier wird ein duktiles Metall, z. B. Blei, gegen die Oxydulschicht gepreßt, um die Möglichkeit besserer Durchdringung und damit sicherer Kontaktgabe zu gewährleisten. Wie zu erwarten zeigt der Vorwiderstand nach Abb. 7 bei Druckzunahme günstigere Werte, was insbesondere bei der Gütezahl zum Ausdruck kommt.

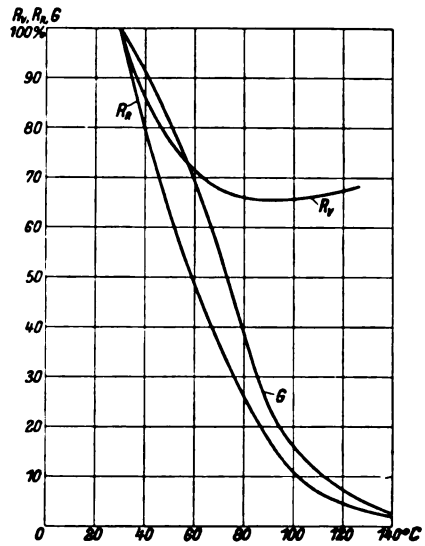


Abb. 6. Temperaturabhängigkeit des Kupferoxydul-Gleichrichters.

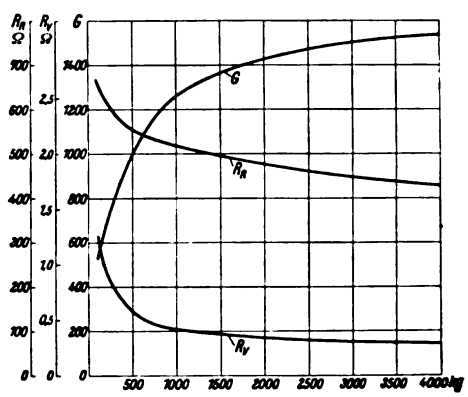


Abb. 7. Druckabhängigkeit des Kupferoxydul-Gleichrichters.

Bedeutung von Vor- und Rückstrom.

Der Kupferoxydul-Gleichrichter ist in elektrischer Hinsicht als Widerstand aufzufassen, der mit einer geringen Kapazität behaftet ist. Die Kapazitätswirkung ist für den Gleichrichter so gering, daß sie in der Technik zunächst vernachlässigt werden kann. Betrachten wir so den Trockengleichrichter als unipolares oder besser als gerichtetes Widerstandselement und nehmen wir einen nicht günstigen Wert des Widerstandsverhältnisses in den beiden Stromrichtungen von 1 : 100 an, so sei der Widerstand in der einen Richtung 1 Ω, in der entgegengesetzten Richtung 100 Ω. Bei gleicher angelegter Spannung in beide Stromrichtungen verhalten sich die Ströme umgekehrt wie die Widerstände, d. h. der Rückstrom beträgt $^1/_{100}$ des Vorstromes. Bei 10 A Vorstrom beträgt der Rückstrom $^1/_{10}$ A. In Watt ausgedrückt ergibt sich theoretisch ein Rückverlust von

$$I^2 R = \frac{1}{100} \cdot 100 = 1 \text{ W}$$

gegenüber 100 W Vorverlust. Wir sehen also, daß durch den Rückstrom nur ein unwesentlicher Verlust entsteht. Er beträgt in jedem Falle nur einen geringen Bruchteil der zugeführten Leistung.

Wirkungsgrad.

Der Wirkungsgrad des Gleichrichters ist abhängig von den ohmschen Verlusten in der Sperrichtung und im Vorstrom. Außerdem entstehen durch die Lieferung nicht stetigen, sondern pulsierenden Stromes sowie durch den Rückstrom noch Verluste im Gleichstrom-Verbraucherkreis. Die beiden zuletzt angeführten Verlustquellen wird man nur dann berücksichtigen, wenn man den Wirkungsgrad der gesamten Gleichrichtung untersuchen

[2] L. O. Grondahl, Transact. Am. Inst. El. Engs., Winter Convention, 7./11. II. 1927. S. a. ETZ 1927, S. 1738.
[3] W. Schottky, Z. Phys. Bd. 14, S. 87 (1923).

Digitized by Google

will; hier soll nur der des Gleichrichters behandelt werden. Unter Berücksichtigung von Vor- und Rückstromverlust können wir wie oben erwähnt den Trockengleichrichter in elektrischer Hinsicht als Widerstand auffassen, bei dem die geringe Kapazitätswirkung, die durch die aufeinandergepreßten Schichten hervorgerufen wird, vernachlässigt werden kann. Wir erhalten dann die in Abb. 8 gezeigten Ersatzschaltungen.

Die Dicke der Oxydulschicht bzw. ihre Durchschlagfestigkeit schreibt einen bestimmten Spannungswert für jede Gleichrichterplatte vor: die zulässige Sperrspannung. Man wird deshalb bei höheren Betriebspannungen mehrere Einheiten hintereinander schalten. Dementsprechend bleibt der prozentuale Spannungsabfall bei Trockengleichrichtern unabhängig von der Plattenzahl. Es ist deshalb ganz gleichgültig, für welche Betriebspannung der Gleichrichter ausgeführt wird; der prozentuale Spannungsverlust ist stets derselbe und damit auch der Wirkungsgrad. Der Trockengleichrichter ist damit bei kleinen Spannungen im Vorteil, z. B. gegenüber Glühkathoden- und Quecksilberdampf-Gleichrichtern. Hier entsteht der Spannungsverlust im wesentlichen im Gefäß und setzt sich zusammen aus dem Verlust an der Anode, Kathode und in der Entladungstrecke; er ist von der Spannung nahezu unabhängig und schwankt in den Grenzen von 15 ... 20 V. Hieraus folgt, daß der Wirkungsgrad gerade für kleinere Spannungen stark beeinträchtigt wird. Zu diesem im Entladungsgefäß auftretenden Spannungsverlust treten noch zusätzliche Verluste im Hilfstromkreis für Heizung oder Zündung und Kühlung.

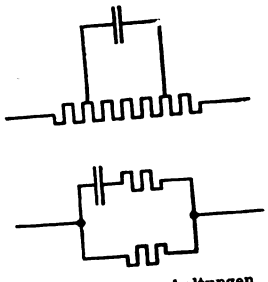
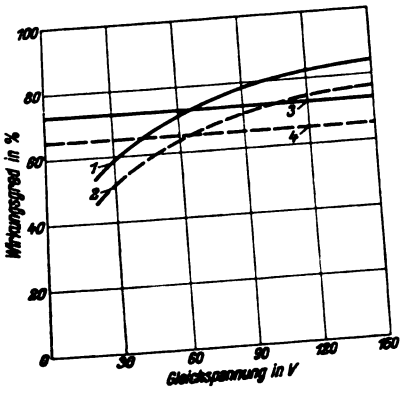


Abb. 8. Ersatzschaltungen eines Trockengleichrichters.

Wirkungsgradbestimmungen an Trockengleichrichtern haben gezeigt, daß ein Verlust von 30 % eingehalten werden kann. In Abb. 9 sind die Wirkungsgrade von



1 Oxydkathoden-Gleichr. ohne Trafo
2 Oxydkathoden-Gleichr. mit Trafo
3 Kupferoxydul-Gleichr. ohne Trafo
4 Kupferoxydul-Gleichr. mit Trafo

Abb. 9. Wirkungsgradkurven.

Glühkathoden- und Trockengleichrichtern gegenübergestellt, wobei die Verluste der Transformatoren gleichfalls berücksichtigt sind. Aus den Kurven geht hervor, daß die Verluste beider Bauarten bei einer Spannung von etwa 60 V gleich sind. Bei kleineren Spannungen ist der Trockengleichrichter dem Glühkathoden-Gleichrichter und damit jeder anderen Gleichrichterart überlegen. Die Kurve gilt für eine Leistung von 0,5 kW. Bei größeren Leistungen zeigen die Wirkungsgradwerte keine wesentlichen Abweichungen.

Graphisch läßt sich aus den Kurven von Vor- und Rückstrom für jeden Augenblickswert der Spannung der zugehörige Stromwert ermitteln und aufzeichnen. Zweckmäßig wird der Wirkungsgrad aus dem Effektivwert der Wechselleistung bestimmt. Den Verlust von Vor- und Rückstrom kann man aus der i^2-Kurve in den Effektivwert umrechnen. Es ist $I = \sqrt{\int i^2 \, dt}$. Durch Ausplanimetrieren der i^2-Kurve erhalten wir beide Werte für Vor- und Rückstrom. Bei der bekannten Brücken- oder Grätz-Schaltung ist der Rückstromverlust für zwei parallel geschaltete Stromzweige, der Vorstromverlust für zwei hintereinander geschaltete Stromzweige einzusetzen. Wir erhalten somit

$$v_v = 2 I_v \Delta U_v$$

$$v_r = 2 I_r \Delta U_r .$$

Die Stromverzweigung gibt für den Verbrauchstrom

$$I_n = I_v - I_r .$$

Hieraus erhalten wir den Wirkungsgrad

$$\eta = \frac{I_n U}{I_n U + v_r + v_v} .$$

Leistung.

Die Leistung einer Gleichrichterplatte ist begrenzt durch die Sperrspannung und die zulässige Stromdichte. Die Spannungsgrenze bzw. die Durchschlagfestigkeit ist durch die Dicke der Oxydulschicht bestimmt, die mit Rücksicht auf den Vorverlust einen gewissen Wert nicht überschreiten darf. Es ist deshalb nicht möglich, mit einem Element eine höhere Spannung als 3 V dauernd zu sperren. Diesem Übelstand kann aber in einfacher Weise durch Hintereinanderschalten mehrerer Platten abgeholfen werden. Wie aus Abb. 10 hervorgeht, kann die Verteilung der

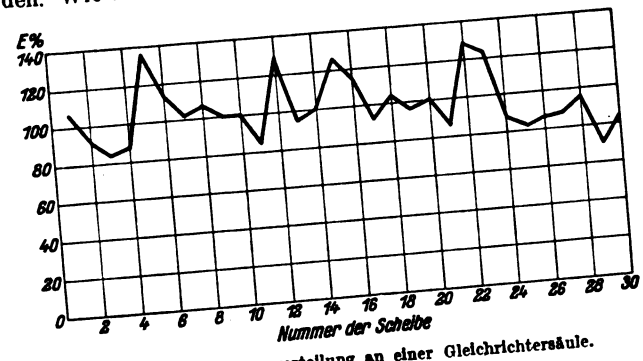


Abb. 10. Spannungsverteilung an einer Gleichrichtersäule.

Spannung auf die einzelnen Platten sehr verschieden sein und in verhältnismäßig weiten Grenzen schwanken. Abb. 11 zeigt, daß nur wenige Platten die höchste prozentuale Abweichung aufweisen, so daß ein einwandfreier Betrieb sichergestellt ist.

Noch günstiger als die Spannungsverteilung ist die Stromverteilung bei Parallelschaltung von Platten. Statt dessen ist es aber zweckmäßig, bei hohen Stromstärken zu größerer Oberfläche überzugehen, da sie bessere Kühlung und einfacheren Zusammenbau gestatten, womit geringeres Gewicht verbunden ist. Bei ganz großen Stromstärken, wie sie z. B. in der technischen Elektrochemie üblich sind, wird man allerdings auch nicht ohne Parallelschaltung auskommen. Die spezifische Stromdichte beträgt

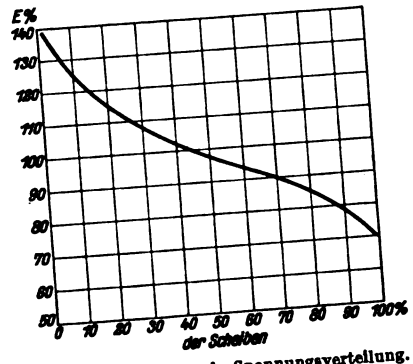


Abb. 11. Prozentuale Spannungsverteilung.

etwa 40 mA/cm² entsprechend einem Plattengewicht von etwa 15 ... 20 g/A.

Dauerhaftigkeit.

Vergleichsversuche mit anderen Gleichrichterarten haben gezeigt, daß die Dauerhaftigkeit des Kupferoxydul-Gleichrichters auch von keinem anderen Trockengleichrichter annähernd erreicht wird. Auch die Brennstundendauer von z. B. Glühkathoden-Gleichrichtern wird durch die Lebensdauer der Kupferoxydul-Gleichrichter um ein Vielfaches übertroffen. In erster Linie ist dies darauf zurückzuführen, daß wir es, wie früher gezeigt, mit einem reinen oder vollkommenen Trockengleichrichter zu tun haben. Trotzdem kann besonders in den ersten Wochen eines ununterbrochenen Betriebes ein geringes Nachlassen beobachtet werden. Dieses Nachlassen hat verschiedene Ursachen, die sowohl im Zusammenbau vornehmlich der Druckplatten-Gleichrichter liegen als auch in Vorgängen in der Grenzschicht.

Schaltung und Glättung.

In Abb. 12 und 13 sind die gebräuchlichsten Ein- und Dreiphasenschaltungen mit der erzielten Kurvenform des gleichgerichteten Wellenstromes zusammengestellt, so daß ein Vergleich über den Grad ihrer Welligkeit möglich ist. Ähnlich wie Drosselspulen wirken alle Gleichstromverbraucher, die eine Induktivität enthalten, glättend auf den Gleichstrom. Magnetspulen jeder Art, wie Hubmagnete.

Digitized by Google

Bremsmagnete, Kupplungen, Aufspannplatten u. a., sind günstige Belastungen für den gleichgerichteten Wellenstrom. Nur in Fernsprechanlagen kann sich eine geringe Welligkeit des gleichgerichteten Stromes noch störend bemerkbar machen. Aber auch hier ist es möglich, durch zusätzliche Einrichtungen Abhilfe zu schaffen.

Die Wellenform der gleichgerichteten Spannung ist in der Verbindung mit der Art der angeschlossenen Verbraucher ausschlaggebend für die Form des Belastungsstromes. Wie sich die typischen Verbraucher, z. B. ohmscher Widerstand, aufzuladende Akkumulatoren mit und ohne vorgeschaltete Drosselspule und rein induktive Widerstände hierbei verhalten, geht aus Abb. 14 hervor. Die reine Widerstandsbelastung ist demnach ohne besonderen Einfluß auf den Strom, der einen der Sinuslinie nahekommenden Verlauf hat. Wird der Gleichrichter dagegen auf

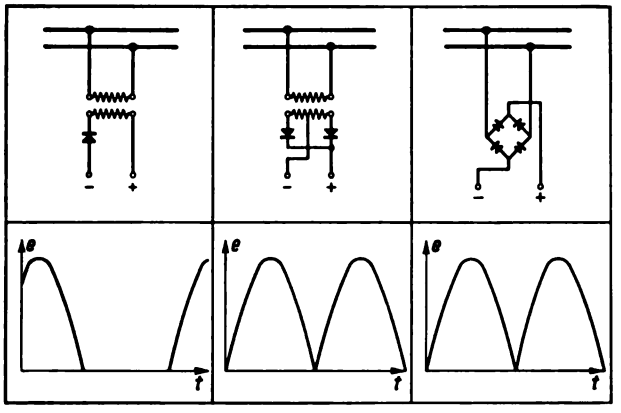


Abb. 12. Einphasenschaltungen von Trockengleichrichtern.

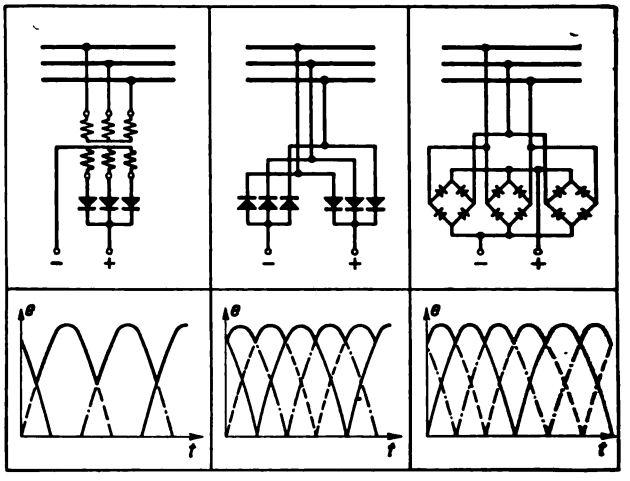


Abb. 13. Drehstromschaltungen von Trockengleichrichtern.

eine Gegen-EMK wie bei der Batterieladung geschaltet, so ist durch die Gegenschaltung von Batteriespannung und Netzspannung das Spannungsgleichgewicht schon früher erreicht. Es kommt ein Strom nur während einer Teilperiode zustande. Die Stromspitze selbst hat einen höheren Wert gegenüber der ohmschen Belastung, da man praktisch mit einem geringen Spannungsverlust im Verbrauchstromkreis zu rechnen hat. Die Verhältnisse ändern sich, sobald eine Induktivität im Gleichstromnetz vorhanden ist. Durch sie wird der Strom über die Teilperiode hinaus aufrechterhalten, so daß ein wenn auch geringer Dauerladestrom besteht. Die Welligkeit des gleichgerichteten Stromes kann auch weiter vermindert werden, wenn man weder auf rein ohmschen Widerstand noch auf eine Gegenspannung arbeitet, sondern auf rein induktive Belastung. Abb. 14 zeigt unten die hierbei erzielte verhältnismäßig geringe Welligkeit. Die Durchlässigkeit des Gleichrichters erstreckt sich nahezu über eine volle Periode anstatt über eine halbe Periode gegenüber Belastung mit rein ohmschem Widerstand.

Belastung.

Der Spannungsabfall im Gleichrichter ist

$$u = i r z,$$

wobei der Momentanwert i des Belastungstromes allein vom Verbrauchswiderstand abhängig ist. r ist der Widerstand je Platte, der die Widerstandswerte für Kupfer und Kupferoxydul enthält; z ist die Plattenzahl. Der Spannungsabfall ist somit proportional der Belastung, mit steigender Belastung nimmt der Spannungsabfall zu. Die Belastungscharakteristik des Gleichrichters fällt langsam ab.

Bei parallel geschalteten Gleichrichtern verschiedener Größe verteilt sich die Belastung damit gleichmäßig auf die wirksamen Querschnitte bzw. Oberflächen. Ein einwandfreier Parallelbetrieb mit Gleichrichtern beliebiger Größe ist also ohne besondere Hilfsmittel sichergestellt. Vorgeschaltete Transformatoren bieten außerdem die Möglichkeit, die Charakteristik in jeder für den Betrieb wünschenswerten Weise zu beeinflussen.

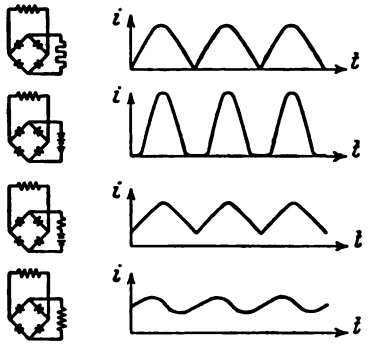


Abb. 14. Stromkurven bei verschiedenen Belastungsarten.

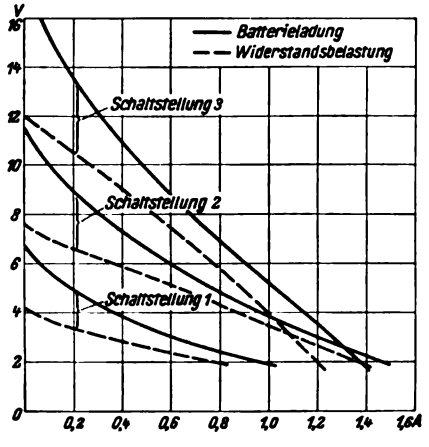


Abb. 15. Kennlinien des Protos-Trockengleichrichters.

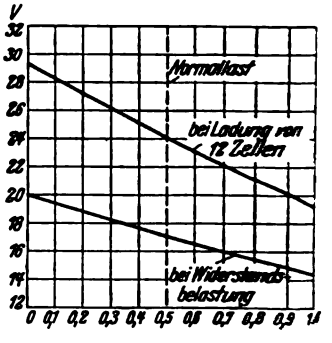


Abb. 16. Kennlinien bei Dauerladung.

Verwendung.

Allgemeines.

Der Wechselstrom hat nicht nur bei der Übertragung und Verteilung elektrischer Leistung, sondern auch im Stromverbrauch den Gleichstrom weitestgehend verdrängt. Im wesentlichen sind es 2 Gebiete, die dem Gleichstrom vorbehalten sind:

1. Ausnutzung der elektrolytischen Wirkung:
   a) Speicherung elektrischer Energie,
   b) technische Elektrochemie;
2. Erzeugung von Magnetfeldern.

Die Vorteile des Trockengleichrichters in bezug auf Lebensdauer, Wartung und Wirtschaftlichkeit, insbesondere auch die Vermeidung anderer dem Maschinenbau wesensfremder Teile, wie Glas, sind geeignet, dem Trockengleichrichter weiteste Verwendung zu verschaffen.

Speicherung elektrischer Energie.

Das z. Z. verbreitetste Verwendungsgebiet der Trockengleichrichter ist das Laden von Sammlerbatterien. Diese

Digitized by Google

Art der Belastung stellt an den Trockengleichrichter ganz andere Anforderungen als ein gewöhnlicher Widerstand, da mit einer im Verbrauchstromkreis bestehenden Gegenspannung zu rechnen ist. Die Gegenspannung überwiegt gegenüber der Spannung des Gleichrichters während eines großen Teils der Periode und beansprucht ihn zusätzlich mit Rückstrom. Gegenüber ohmscher Belastung ist das gesamte Spannungsniveau um den Betrag der Gegenspannung gehoben.

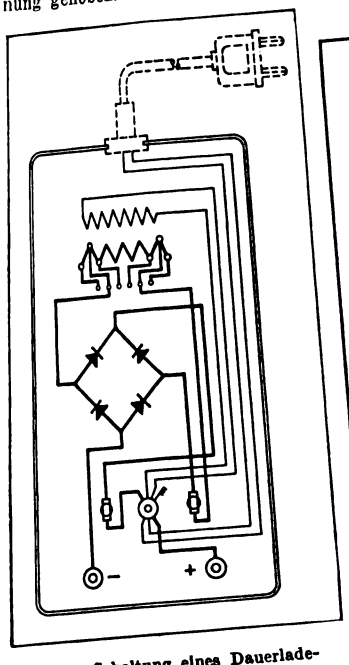


Abb. 17. Schaltung eines Dauerladegerätes für 24 V.

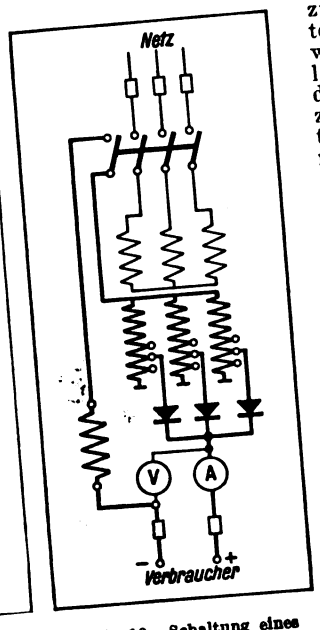


Abb. 19. Schaltung eines Drehstrom-Gleichrichters.

Tropfenladung. — Es ist mit dem Trockengleichrichter möglich, die Sammler mit der üblichen maximalen Ladestromstärke in kürzester Zeit aufzuladen. Die mit der Wartung verbundenen Nachteile anderer Gleichrichterarten und ihre begrenzte Betriebstundenzahl ließen es jedoch nicht geraten erscheinen, durch geringe Ladestromstärke die Betriebstundenzahl dieser Gleichrichter zu erhöhen und die Sammler schon in kurzen Abständen nach geringer Entnahme wieder aufzuladen. Beim

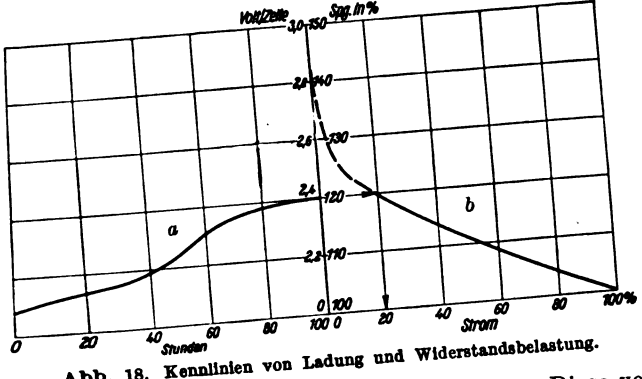


Abb. 18. Kennlinien von Ladung und Widerstandsbelastung.

Trockengleichrichter dagegen ist dies möglich. Diese von den Amerikanern als „Tropfenladung" bezeichnete Betriebshaltung, schon nach geringer Stromentnahme wieder aufzuladen, ist insbesonders für die zu Rundfunkzwecken benutzten Sammler von Bedeutung, da durch die hierdurch erzielte konstante Heizspannung ein gleichmäßiger Empfang möglich ist. Es wurde auch eine Einrichtung getroffen, die nach Beendigung jeder Empfangszeit sofort die Umschaltung auf Ladung ermöglicht.

Die Siemens-Schuckertwerke haben für Rundfunkzwecke den Protos-Gleichrichter herausgebracht, der gleichzeitig durch Anzapfungen am Transformator die Möglichkeit gibt, verschiedene Zellen (1 ... 3 Zellen) mit gleicher Stromstärke oder auch 1 ... 2 Zellen mit höherer Stromstärke zu laden, je nach dem maximalen Ladestrom bzw. der Entnahme. Die Belastungskennlinien bei den verschiedenen Schaltstellungen gehen aus Abb. 15 hervor.

Dauerladung. — Die hohen Anforderungen, die der Rundfunkempfang an die Gleichmäßigkeit der Heizspannung stellt, machen es unmöglich, den Gleichrichter während des Empfanges für Dauerladung in Betrieb zu halten. Eine solche kontinuierliche Tropfenladung, d. h. eine eigentliche Dauerladung bietet große Vorteile und ist mit dem Kupferoxydul-Gleichrichter im Gegensatz zu anderen Gleichrichterarten ohne weiteres möglich. In erster Linie erlaubt die weit höhere Lebensdauer, ihn ohne Unterbrechung in Betrieb zu halten. Die Batterie ist somit über den Gleichrichter ständig an das Wechselstromnetz gelegt und der Betrieb spielt sich so ab, daß der Betriebstrom dem Netz entnommen wird und die Batterie durch Pufferung zur Verminderung der Welligkeit beiträgt. Wird die Batterie stärker beansprucht, so tritt sofortiges Nachladen ein, weil die Kennlinie dieser Gleichrichter nur wenig mit der Belastung fallend ausgelegt ist (Abb. 16). Bei Ausbleiben der Spannung steht die Batterie als vollwertige Reserve zur Verfügung. Man erreicht hierdurch, daß Akkumulatoren kleinster Kapazität zur Verwendung kommen können und ein Auswechseln der Batterie für das Aufladen sich erübrigt.

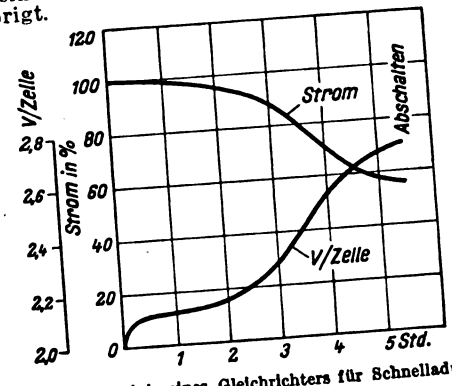


Abb. 20. Kennlinie eines Gleichrichters für Schnelladung.

Abb. 17 zeigt die Schaltung eines solchen von den SSW herausgebrachten Kupferoxydul-Gleichrichters. Er findet vorzugsweise zur Speisung von Batterien in Betätigungs- und Signalanlagen bzw. als Hilfsgleichrichter Verwendung. Das Gerät ist gleich- und wechselstromseitig gesichert und läßt eine ortsfeste sowie eine bewegliche Verwendung zu. Abschaltung zur Vermeidung eines Überladens ist nicht erforderlich, da durch die Charakteristik des Gleichrichters das Auftreten einer höheren als der maximal zulässigen Spannung verhindert wird.

In Abb. 18 zeigt die Linie *a* die Spannungskurve einer Batterie während der Aufladung. Die Eigencharakteristik der Trockengleichrichter entspricht der Kurve *b*. Beide Kurven schneiden sich bei der Spannung von 2,4 V; dies bedeutet, daß die Ladung von selbst aufhört, wenn die Batterie aufgeladen ist. Wird der Batterie Strom entnommen und sinkt ihre Klemmenspannung, so setzt selbsttätig die Ladung wieder ein. Der Vorgang wiederholt sich und die Batterie dient nur als Pufferbatterie für den dem Netz entnommenen wellenförmigen Gleichstrom.

Schnellladung. — Handelt es sich um Batterien, die in kurzer Zeit vollkommen aufgeladen werden sollen, z. B. um nicht ortsfeste bzw. fahrbare Akkumulatoren, so muß die maximale Ladestromstärke eingehalten werden. Von Anbeginn der Ladung an wird auf die größtmögliche Stromstärke eingestellt, die als zulässige Ladestromstärke bei jeder Batterie angegeben wird. Erst wenn die Batterie bis 2,4 V je Zelle aufgeladen ist, wird die Stromstärke zur größeren Schonung der Akkumulatoren herabgesetzt. Die Gasung setzt ein und die Spannung steigt weiter bis auf 2,6 bzw. 2,7 V. Wenn man durch Messen der Zellenspannung oder Kontrolle der Säuredichte sich von dem richtigen Ladezustand der Batterie überzeugt hat, muß abgeschaltet werden. In dieser zweiten Hälfte des Ladevorganges geht man zweckmäßigerweise mit der Ladestromstärke auf 50 % der normalen Ladestromstärke zurück. Die Schnellladung kommt in der Hauptsache für größere Ladestationen in Frage, wo eine Batterie nach der anderen geladen werden muß. Es handelt sich also um Dauerbetrieb, der von kurzen Teillastzeiten unterbrochen wird. Um ein Überladen zu verhindern, können die Gleichrichter durch einen besonderen Schalter innerhalb eines bestimmten Zeitraumes nach Erreichen der Spannung von 2,4 V abgeschaltet werden.

Abb. 19 zeigt die Schaltung eines solchen dreiphasigen Gleichrichters für Schnelladung zunächst ohne selbsttätig arbeitenden Schalter. Auf der Gleichstromseite ist eine Drosselspule vorgesehen, die zur Glättung des Ladestromes und gleichzeitig zur Verbesserung des Wirkungsgrades dient. Durch einen von Hand zu bedienenden Schalter wird der Gleichrichter gleichstrom- und wechselstrom-

Digitized by Google

seitig vom Netz getrennt. Die von den SSW entwickelten Gleichrichter für Schnellladung sind so ausgeführt, daß das Zurückgehen auf die geringere Ladestromstärke in der zweiten Hälfte der Ladung von selbst einsetzt. Eine besondere Umschaltung wird dadurch vermieden. Die Kennlinien für den Ladevorgang gehen aus Abb. 20 hervor. Der Gleichrichter setzt mit der normalen Ladestromstärke ein, bis bei einer Spannung von 2,4 V der Ladestrom stärker zurückgeht, so lange, bis er bei 2,6 bzw. 2,7 V den Wert von 50 % des normalen Ladestromes erreicht hat. Zu diesem Zeitpunkt kann der Gleichrichter bzw. die Batterie vom Netz getrennt werden.

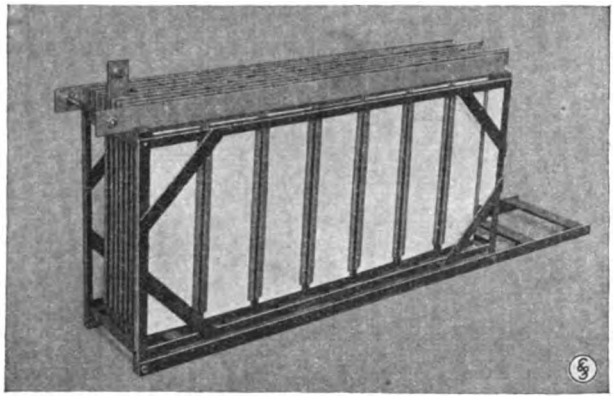


Abb. 21. Kupferoxydul-Gleichrichter für 6 V, 100 A.

Im Anschluß an die Verwendung des Trockengleichrichters zum Laden von Batterien jeder Art sollen noch kurz die Gebiete gestreift werden, für die der Gleichrichter in Verbindung mit Sammlerbatterien Vorteile bietet. Schon bei der Krafterzeugung in Kleinzentralen zur Ausnutzung kleiner Wasser- oder Windkräfte kann er zur Aufladung der Akkumulatorenbatterien herangezogen werden. Fernsprechämter und Signalanlagen besitzen heute ausschließlich Sammlerbatterien, die durch Trockengleichrichter aufzuladen sind. Alle Fernsprechämter können in dieser Weise ausgebaut werden. Der große Kreis der Rundfunkhörer begnügt sich kaum noch mit Akkumulatoren. Hier beherrscht das Netzanschlußgerät mit eingebautem Gleichrichter fast ausnahmslos das Feld. Auch die Sammler für kleine Elektromobile, Elektrokarren in der Industrie, für Reichspost, Reichsbahn, Straßenreinigung, Müllabfuhr usw. können mit diesem Gleichrichter aufgeladen werden. In jeder Garage mit elektrischer Beleuchtung kann der Trockengleichrichter zum Laden von Autobatterien angeschlossen werden. Insbesondere in Verbindung mit Hilfsbatterien in Starkstromanlagen, für Notbeleuchtung, Fernsteuerung, Fernmessung[4] usw. ist der Trockengleichrichter hervorragend geeignet. Er überwacht selbstregelnd ständig die Reservebereitschaft der Batterie und trägt damit zu einer erhöhten Sicherheit bei Störungen in Starkstromanlagen bei. In Amerika hat man die Bedeutung der selbstregelnden Pufferschaltung schon frühzeitig erkannt und unter der Bezeichnung „Floating System“ ausgiebig in Eisenbahnsignalanlagen davon Gebrauch gemacht[5]. Die Anregung, sich dabei die Überlegenheit der Trockengleichrichter zunutze zu machen, ist an anderer Stelle hier gegeben worden[5].

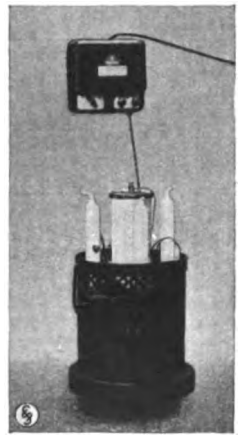


Abb. 22. Anschluß einer elektrolytischen Kleinzelle über Protos-Trockengleichrichter.

Technische Elektrochemie.

In der Galvanoplastik, so z. B. zur Herstellung von Klischees, werden Gleichstromleistungen verlangt, die wirtschaftlich über einen Trockengleichrichter direkt dem Wechselstromnetz entnommen werden können. Der spezifische Widerstand solcher Bäder kann im Mittel zu 0,93 Ω angenommen werden. Bei einer Entfernung zwischen Kathode und Anode von 15 cm und bei 1 A/dm² Stromdichte beträgt die Badspannung 1,4 V. In der Schnellgalvanoplastik kann man bis 5 A/dm² gehen und in 1½ h ein Klischee von 1,1 mm Dicke erzeugen; die Badspannung beträgt hierbei 6 V[6]. Auch die Herstellung von Negativ-Grammophonplatten zur weiteren Abformung ist auf galvanoplastischem Wege mit Hilfe der Trockengleichrichter möglich. Es genügen hierzu 2 ... 3 A/dm² und 4 V. Auf gleiche Art und Weise können Prägeplatten für Lederpressungen und Formen für Wasserzeichen hergestellt werden. Die Galvanotechnik kennt weiter die Herstellung von kleinen nahtlosen Rohren, von Blechen und Metallblättern, außerdem Niederschlagseinrichtungen für Parabolspiegel u. a. m. Hierfür zur Verwendung kommende Bäder lassen sich zweckmäßig aus dem Trockengleichrichter speisen. Von der Verwendung galvanischer Elemente ist man heute überall, wo Stromanschluß besteht, gänzlich abgekommen. An ihre Stelle ist der Kleinumformer getreten, demgegenüber der Trockengleichrichter einen weiteren wesentlichen Fortschritt bedeutet.

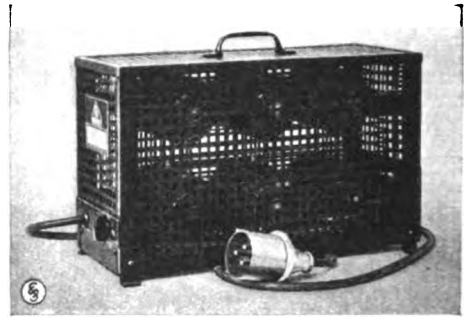


Abb. 23. Kupferoxydul-Gleichrichter für direkten Anschluß an Drehstrom.

In gleich vorteilhafter Weise ist der Trockengleichrichter für Bäder zur Erzeugung festhaftender Niederschläge der Galvanostegie geeignet. Auch hier werden galvanische Elemente oder Akkumulatoren nur noch in Ausnahmefällen verwendet. Es kommen Spannungen von 10 V und Ströme von mehreren hundert Ampere in Frage. Der Trockengleichrichter wird dabei an das vorhandene Wechselstromnetz, z. B. 220 V, über einen Transformator angeschlossen.

Abb. 21 zeigt einen Gleichrichter für 6 V, 100 A. Die Gleichstromklemmen können direkt, z. B. an die zum Galvanisieren von Kleinzeug verwendeten Trommel- oder Schaukelapparate angeschlossen werden. Neuerdings werden vielfach Wanderbäder hierfür verwendet. Auf diese Weise kann man Gegenstände jeder Art verkupfern, verzinken, vernickeln oder verchromen. Insbesondere die Verchromung hat in der letzten Zeit an Bedeutung gewonnen, da es technisch brauchbare Verfahren hierfür gibt. Auch Niederschlagsbäder für Silber und Gold können über den Trockengleichrichter in einfacher Weise gespeist werden. Hierher gehört auch die Elektrolyse von Alkalichloriden und anderen wäßrigen Lösungen. Abb. 22 zeigt eine elektrolytische Kleinzelle für Chlorgaserzeugung im Anschluß an ein Wechselstromnetz mit Hilfe eines Protos-Kupferoxydul-Gleichrichters[7].

Erzeugung von Magnetfeldern.

Während die technische Elektrochemie von sich aus Gleichstrom vorschreibt, so ist sie es wiederum, die allein eine wirtschaftliche Energiespeicherung in Form von elektrischer Energie gestattet. Die bisher behandelten Gebiete der Ladung und der Verwendung des Trockengleichrichters in der technischen Elektrochemie stehen somit ursächlich in Zusammenhang. Außerdem fordert die Elektrotechnik Gleichstrom meist da, wo es sich um die Erzeugung von magnetischen Feldern mit ausgeprägten Polen handelt. Hierher gehören alle Erregungseinrichtungen für Maschinen und Apparate, wie Magnetscheider, Hub-, Brems- und Haltemagnete, magnetische Kupplungen, Polradmaschinen u. a. m.

Die Erregungseinrichtungen sind meist zum direkten Anschluß an 220 V Gleichstrom vorgesehen. Hierfür haben die SSW einen Trockengleichrichter entwickelt (Abb. 23), der, an ein Wechselstromnetz von 220 V angeschlossen, 220 V Gleichstrom liefert. Mittel- und Effektivwert von Gleich- bzw. Wechselstrom verhalten sich

[4] Keinath, ETZ 1929, S. 1509.
[5] Schaper, ETZ 1929, S. 1768.
[6] K. Arndt, Technische Elektrochemie. Stuttgart 1929.
[7] Vgl. F. Petz, Chemiker-Zg. 1929, Nr. 63.

Digitized by Google

bei dreiphasiger Ausführung wie 0,95 : 0,71 = 1,333, so daß der Mittelwert des gleichgerichteten Stromes unter Berücksichtigung des Spannungsabfalles im Gleichrichter noch 220 V beträgt. Abb. 24 zeigt beispielsweise eine Schleifmaschine, bei der die Aufspannvorrichtung über einen Trockengleichrichter direkt vom Netz aus gespeist wird. Der Trockengleichrichter läßt sich leicht jeder Maschine anpassen, wodurch die in großen Fabrikräumen teure Anlage einer selbständigen Gleichstromversor-

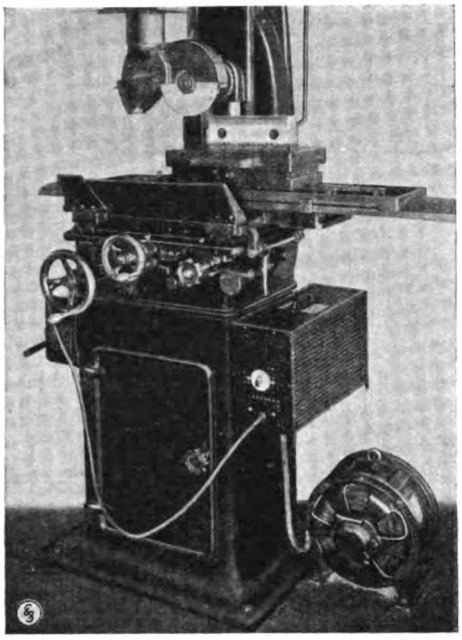


Abb. 24. Schleifmaschine mit Trockengleichrichter zur Speisung der magnetischen Aufspannplatte.

gung in Fortfall kommt. Trockengleichrichter gestatten eine weitgehende Aufteilung auf die einzelnen Antriebe, so daß die Einzelspeisung auch innerhalb derselben Maschine am wirtschaftlichsten wird. In das gleiche Gebiet fallen auch die Haltemagnete für Hebe- und Transportanlagen bzw. die Betätigungseinrichtungen für Schalter, Relais, Schütze u. a. m. In diesem Zusammenhang soll auch die Verwendungsmöglichkeit des Trockengleichrichters in Verbindung mit kleinen regelbaren Antrieben erwähnt werden, ebenso die Möglichkeit, ihn als Polaritätsprüfer und Rückstromschutz einzubauen.

Die Meßtechnik macht in gleicher Weise Gebrauch von dem Trockengleichrichter; zur Anwendung kommen kleine Leistungen mit entsprechend kleinen Gleichrichtereinheiten. Auch als Hilfseinrichtung kann er hier eingebaut werden, wie z. B. für den Zeitgeber in den von S & H entwickelten kombinierten Wirk- und Blindstromzähler[8] (Abb. 25). Von größerer Bedeutung ist er für die direkte Messung, so können z. B. Drehspuleninstrumente für Gleichstrom bei vollem Skalenausschlag für einen bedeutend kleineren Leistungsverbrauch ausgeführt werden als normale Wechselstrominstrumente. Röhrengleichrichter erfordern eine Hilfstromquelle und besitzen andere Nachteile, die der Kupferoxydul-Gleichrichter mit einem Schlage beseitigt. Die Abhängigkeit des Gleichrichters von der Temperatur tritt bei den geringen Belastungen kaum in Erscheinung und kann selbst dann noch durch besondere Hilfmittel ausgeglichen werden[9].

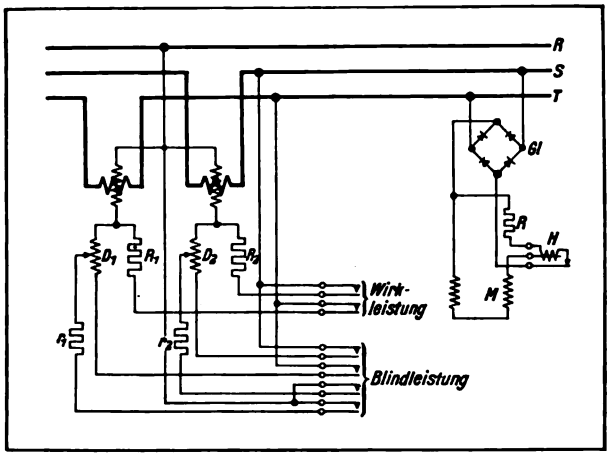


Abb. 25. Wirk- und Blindstromschreiber mit Trockengleichrichter.

Die Übersicht über die technischen Aufgaben, die der Trockengleichrichter zu lösen vermag, erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit; sie zeigt aber zur Genüge, daß die Gebiete der Speicherung elektrischer Energie, der technischen Elektrochemie und der Erzeugung magnetischer Felder gleich wichtig sind. Keine der vorher bekannten Gleichrichterarten kann die hier gestellten Aufgaben auf gleich einfache Weise lösen. Der solide Aufbau, der gute Wirkungsgrad besonders bei Niederspannung sind beachtliche Vorzüge; die Zuverlässigkeit gibt vielfach für die Verwendung den Ausschlag, da kein anderer Gleichrichter bekannt ist, der den Kupferoxydul-Gleichrichter an Lebensdauer übertrifft. Gegenüber den bekannten Trockengleichrichtern zeichnet er sich durch außerordentliche Stabilität im Betrieb aus, weil es sich bei der Gleichrichtung um einen Vorgang handelt, der ohne schädliche Nebenwirkung zustandekommt. Die Überlegenheit gegenüber anderen Gleichrichterarten wird dadurch am meisten erhellt, daß die Zahl der in Betrieb befindlichen Geräte trotz der kurzen Zeit, die der Kupferoxydul-Gleichrichter auf dem Markt ist, in die hunderttausende geht.

[8] Vgl. Keinath, Siemens-Z. Bd. 7, S. 229 (1927).
[9] Vgl. Keinath, ETZ 1929, S. 1511.

Die Bestimmung der Kurzschluß-Ausschaltleistung an Netzpunkten*.

Von **Manfred Tunkel**, Berlin.

Übersicht. In den „Regeln für die Konstruktion, Prüfung und Verwendung von Wechselstrom-Hochspannungsgeräten für Schaltanlagen, R.E.H./1929" des VDE sind Formeln zur näherungsweisen Berechnung der Kurzschluß-Ausschaltleistung für Schalter in Starkstromnetzen angegeben. Die nachfolgenden Ausführungen sollen die Grundlagen und Überlegungen wiedergeben, welche zu den Vorschlägen des Unterausschusses für Kurzschlußströme für die Berechnung der Ausschaltleistung geführt haben, wie sie im § 27 der R.E.H./1929 festgelegt worden sind. Grundlegend für die angegebenen Formeln für die Ausschaltleistung ist eine Betrachtung des Kurzschlußvorganges an den Klemmen des Generators und an einem fern vom Kraftwerk liegenden Netzpunkt. In Verbindung mit Zahlenangaben für die relative Größe und die zeitliche Dämpfung des Stoßkurzschlußstromes wird die Ausschaltleistung für diese beiden Grenzfälle berechnet. Nach Wahl eines geeigneten Maßes für die Entfernung der Kurzschlußstelle von den Generatorklemmen wird die Ausschaltleistung für Netzstellen mit verschiedenen Entfernungen vom Kraftwerk durch Berechnung der dort auftretenden Stoß- und Dauerkurzschlußströme an einer Reihe von Zahlenbeispielen ermittelt; die sich ergebenden Kurven werden durch eine einfache Formel interpoliert.

1. Einleitung, Aufgabestellung.

Die meisten Betriebstörungen in elektrischen Starkstromnetzen treten entweder unmittelbar oder infolge des Zusammenbruchs einer Isolation als Kurzschlüsse auf. Hierbei arbeiten die Energiequellen des Netzes auf die Kurzschlußstelle, an welcher je nach Größe der speisenden Kraftwerke Ströme vom vielfachen Wert des Nennstromes auftreten können. Die Leistung der angeschlossenen Kraftwerke wirkt sich an der Störungsstelle aus und kann leicht zu weitergehenden Schäden an Netzteilen Anlaß geben, die von der Störung nicht unmittelbar betroffen

* Gehört zur Aufsatzreihe über die Herleitung der Kurzschluß-Berechnungsmethode des VDE (vgl. ETZ 1930, S. 193). Vorhergehende Aufsätze: ETZ 1930, S. 194, 238, 269; 926.

Digitized by Google

waren. Der kranke Netzteil muß daher so schnell wie möglich von dem gesunden Teil abgetrennt werden, wobei der die Abtrennung bewirkende Ölschalter die über die Fehlerstelle fließende Leistung auszuschalten hat.

Die Sicherheit des Netzbetriebes hängt in erster Linie von der zuverlässigen Arbeitsweise des Schalters ab, der beim Ausschalten von Kurzschlüssen oft bis an die Grenze seiner Leistungsfähigkeit beansprucht wird. Es ist daher notwendig, die Größe der Ströme und Spannungen, welche ein Schalter beim Ausschalten von Kurzschlüssen zu beherrschen hat, genauer zu untersuchen. Als Ergebnis der Untersuchungen sollen Grundlagen gewonnen werden für die Berechnung der Kurzschluß-Ausschaltleistung der an den verschiedenen Netzstellen aufgestellten Schalter, deren Beanspruchung wesentlich durch die Größe dieser Ausschaltleistung bestimmt ist.

Nun ist allerdings die Ausschaltleistung kein unmittelbares Maß für die Beanspruchung und Leistungsfähigkeit eines Schalters. Die an den Schalter zu stellenden Anforderungen liegen vielmehr darin, daß er in der Lage sein muß, die beim Abschaltvorgang freiwerdende Energie, welche in der Hauptsache als die der elektrischen Schaltarbeit äquivalente Wärmemenge auftritt, so aufzunehmen und weiterzuleiten, daß keine Veränderung am Schalter bestehen bleibt, die seine sofortige Wiederverwendung in Frage stellt. Die Größe der Schaltarbeit hängt bei gegebener Ausschaltleistung von den Einzelheiten des Ausschaltvorganges, in erster Linie von der Lichtbogendauer ab. Wenn wir daher einem Schalter eine bestimmte Ausschaltleistung, seine Nennausschaltleistung zuweisen, so bedeutet das, daß er die größtmögliche Schaltarbeit aufnehmen kann, welche bei gegebener Spannung einem bestimmten Produkt aus Spannung und Ausschaltstrom bei normalem Verlauf des Ausschaltvorganges entspricht. Der Schalter muß seine Nennausschaltleistung bei beliebiger Aufstellung im Kraftwerk oder in einem fernen Netzausläufer unabhängig von den besonderen Eigenschaften des Netzes stets störungsfrei beherrschen können.

Die Größe der Kurzschluß-Ausschaltleistung an einer Netzstelle hängt außer von der relativen Lage der Kurzschlußstelle zum Kraftwerk, welche für die Impedanz der Kurzschlußstrombahn maßgebend ist, vom Schaltverzug, von der besonderen Art des Kurzschlusses (1-, 2- oder 3poliger Kurzschluß), von der Phasenlage der Spannung im Augenblick des Kurzschlusses, welche die Größe der Ausgleichströme bestimmt, sowie von einer Reihe von Nebenumständen (Vorbelastung, metallischer oder Lichtbogen-Kurzschluß) ab, die rechnerisch entweder gar nicht oder nur durch große Komplikationen erfaßt werden können. Eine genaue Berechnung der Kurzschlußleistung ist daher kaum möglich, ebenso wie auch für den Zusammenhang zwischen der Ausschaltleistung und der Schaltarbeit sowie der Schalterbeanspruchung noch keine genaueren Unterlagen vorliegen. Die Aufgabe der Berechnung der Ausschaltleistung an Netzstellen muß sich daher auf die Ableitung einer Näherungsformel beschränken, welche unter Zugrundelegung einfacher Annahmen bei mittleren Betriebsverhältnissen keine übertriebene Genauigkeit beansprucht. Diese Formel soll bei der Projektierung von Anlagen und beim nachträglichen Einbau von Schaltern in bestehende Anlagen eine Abschätzung der zu erwartenden Ausschaltleistungen ermöglichen und Anhaltspunkte für die Auswahl der in Frage kommenden Schalter geben. Sie muß mit Rücksicht auf diesen Zweck einfach sein, so daß sie ohne komplizierte Rechnungen brauchbare Ergebnisse liefert.

2. Der Kurzschlußvorgang im Kraftwerk und weitab vom Kraftwerk.

Es sollen nun die beiden Vorgänge betrachtet werden, welche auftreten, wenn ein Wechselstromgenerator einmal an seinen Klemmen, das andere Mal unter Zwischenschaltung beträchtlicher Impedanzen kurzgeschlossen wird. Der erste Fall entspricht dem Kurzschluß im Kraftwerk, etwa an den Sammelschienen, der zweite Fall dem Kurzschluß an einer weitab vom Kraftwerk liegenden Netzstelle, wobei zwischen Generator und Kurzschlußstelle die Impedanzen der Leitungen und Transformatoren liegen.

Wird ein auf die Spannung U erregter Generator plötzlich an den Klemmen kurzgeschlossen, so geht sein Feld unter Vermittlung des Stoßkurzschlußstromes von dem vor dem Kurzschluß vorhandenen Zustand in den dem Dauerkurzschluß entsprechenden Zustand über. Der Stoßkurzschlußstrom nimmt seinen größtmöglichen Wert an, wenn eine Generatorphase im Augenblick ihres Spannungsdurchganges durch Null kurzgeschlossen wird, und enthält einen Gleichstrom- und einen Wechselstromanteil. Der Gleichstromanteil I_{sg} des Stoßkurzschlußstromes klingt innerhalb einiger Wechselstromperioden ab und ist meistens nach etwa $^1/_{10}$ s verschwunden[1]. Der Wechselstromanteil des Stoßkurzschlußstromes mit der Anfangsamplitude I_{sw} geht im Verlauf einiger Sekunden in den Dauerkurzschlußstrom I_d über. Dieser Übergang des Wechselstromanteiles des Stoßkurzschlußstromes zum Dauerkurzschlußstrom erfolgt nach derselben Zeitfunktion wie der Übergang des vor dem Kurzschluß vorhandenen Generatorfeldes zum Feld im Dauerkurzschlußzustand. Diese Feldänderung als Folge der Ankerrückwirkung des Dauerkurzschlußstromes bewirkt, daß die vor dem Kurzschluß vorhandene EMK der Maschine während des Ausgleichvorganges nach dem gleichen Zeitgesetz wie das induzierende Generatorfeld absinkt und in den stationären Wert der EMK beim Dauerkurzschluß U_d übergeht.

Schließt man hingegen den Generator über beträchtliche zwischengeschaltete Impedanzen kurz, entsprechend einem Kurzschluß weitab vom Kraftwerk, so ändern sich die Verhältnisse im Generator gegenüber dem Zustand vor dem Kurzschluß nur sehr wenig, denn dieser Vorgang stellt für den Generator nur eine geringfügige Belastungänderung dar. Infolgedessen behält die Generatorspannung nahezu ihren Wert vor dem Kurzschluß bei. Der Strom an der Kurzschlußstelle geht unter Vermittlung eines gleichstromartigen Ausgleichstromes in den Dauerkurzschlußstrom über. An der Kurzschlußstelle besteht in diesem Falle nach dem Abklingen des Gleichstrom-Stoßkurzschlußstromes, welches auch jetzt nach wenigen Wechselstromperioden, also etwa nach $^1/_{10}$ s erfolgt ist, der Dauerkurzschlußstrom I_d unter der Wirkung der bei nahezu gleicher Generator-EMK unveränderten Netzspannung U.

3. Definition und Berechnung der Kurzschluß-Ausschaltleistung.

Durch die Definition der Ausschaltleistung soll der zeitliche Mittelwert der Leistung erfaßt werden, welche zu Beginn der Trennung der Schaltstücke über den Schalter fließt. Der Effektivwert des Wechselstromes, der zu Beginn der Trennung der Schaltstücke im Schaltgerät fließt, wird als Ausschaltstrom I_k bezeichnet. Der Ausschaltstrom ergibt in Verbindung mit dem Effektivwert der im gleichen Zeitpunkt im Stromkreis wirksamen Spannung U_k die Ausschaltleistung

$$N_k = I_k U_k, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

wozu bei dreipoligem Kurzschluß noch der Faktor $\sqrt{3}$ hinzutritt.

Bei Schaltern der üblichen Ausführung beginnt der Ausschaltvorgang zu einer Zeit nach dem Eintritt des Kurzschlusses, bei der sich, wie später (Zahlentafel 2) gezeigt werden wird, Strom, Generatorfeld und wirksame Spannung innerhalb der unter normalen Verhältnissen auftretenden Lichtbogendauer nur wenig ändern. Es kann daher bei den Betriebsverhältnissen der Praxis mit ausreichender Genauigkeit an Stelle der wirksamen Spannung bei Trennung der Schaltstücke auch der Wert der wiederkehrenden Spannung nach vollendeter Ausschaltung zur Berechnung der Ausschaltleistung verwendet werden. Dieser letztere Wert ist bei Versuchen leichter der Messung zugänglich. Im allgemeinen müssen die Werte von I_k und U_k auf Grund der Konstanten der Maschinen, Transformatoren und Leitungen je nach Art des Kurzschlusses für die Verwendungstelle des Schalters und unter Annahme eines bestimmten Schaltverzuges berechnet werden, sofern man sie nicht wie bei Ausschaltversuchen aus den Oszillogrammen des Schaltvorganges entnehmen kann.

An Stelle der sehr variablen Werte I_k und U_k sollen nun die stets bekannten Werte des Dauerkurzschlußstromes I_d und der Netzspannung U eingeführt und hierzu Gl. (1) in der Form

$$N_k = \frac{I_k}{I_d}\,\frac{U_k}{U}\, I_d\, U = \alpha\, I_d\, U \ldots \quad \ldots \quad (2)$$

geschrieben werden, so daß also die Abhängigkeit der Ausschaltleistung von der Lage der Kurzschlußstelle im Netz und der Auslösezeit in dem Faktor α enthalten ist. Zur Berechnung des Faktors α muß man den zeitlichen Verlauf des Stromes und der Spannung während der Kurzschlußperiode an der Verwendungstelle des Schalters für den in Frage kommenden Einzelfall kennen.

[1] R. Rüdenberg, Kurzschlußströme beim Betrieb von Großkraftwerken, S. 31. Verlag Julius Springer, Berlin 1925.

Digitized by Google

Um eine Näherungsformel mit erweitertem Geltungsbereich zu gewinnen, soll der Wert von α unter Zugrundelegung von bestimmten Voraussetzungen für mittlere Verhältnisse berechnet werden. Dabei ist angenommen, daß ein etwa vorhandener Schnellregler bei Eintritt des Kurzschlusses unwirksam gemacht wird, so daß die Erregung des Generators unverändert bleibt. Nach den vorhergegangenen Überlegungen kann α für den ersten Grenzfall des Kurzschlusses in der Nähe des Generators berechnet werden, wenn über die relative Größe des Stoßkurzschlußstromes im Verhältnis zum Dauerkurzschlußstrom oder Nennstrom sowie über den zeitlichen Verlauf des Stoßkurzschlußstromes geeignete Annahmen gemacht werden, die mit der Erfahrung im Einklang stehen. Für Maschinen der üblichen Ausführung gelten beim Kurzschluß an den Generatorklemmen für die auf den Nennstrom bezogene Größe des Stoßkurzschlußstrom-Höchstwertes I_s/I_n, des Anfangswertes des Wechselstromanteils des Stoßstromes I_{sw}/I_n und des Dauerkurzschlußstromes I_d/I_n die in der Zahlentafel 1 angeführten Werte. Dabei sind die Zahlen für die relative Größe des Dauerkurzschlußstromes, welche Mittelwerte aus zahlreichen Messungen der Siemens-Schuckertwerke bei Klemmenkurzschluß von mittleren und großen Maschinen mit Leistungen von 150 ... 32 000 kVA aus den letzten 10 Jahren darstellen, auf eine Erregung des Generators bezogen, welche der Vollast bei $\cos\varphi = 0{,}8$ entspricht.

Zahlentafel 1. Relative Größe der Kurzschlußströme beim Klemmenkurzschluß von Generatoren.

	Turbogeneratoren			Schenkelpolgeneratoren		
Kurzschluß	1 pol.	2 pol.	3 pol.	1 pol.	2 pol.	3 pol.
I_s/I_n	15	15	15	15	15	15
I_{sw}/I_n	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5
I_d/I_n	5,0	3,0	2,0	6,25	3,75	2,5
I_{sw}/I_d	1,7	2,83	4,25	1,36	2,26	3,4
I_s/I_d	3	5	7,5	2,4	4	6

Für die Stoßkurzschlußströme ist vorausgesetzt, daß der Kurzschluß beim Nulldurchgang der Wechselspannung stattfindet, wobei die Stoßströme ihre größtmöglichen Werte annehmen. Der für die Größe der Stoßströme bei Turbogeneratoren und Schenkelpolgeneratoren mit Käfigdämpfung maßgebende Wert der relativen Ständerstreuspannung ε_s ist zu 12 % angenommen worden. Der Anfangswert des Wechselstrom-Stoßkurzschlußstromes, welcher während der ersten Halbperiode nur unwesentlich gedämpft ist, berechnet sich näherungsweise zu[2]

$$I_{sw} = I_n \frac{1}{\varepsilon_s}, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

in diesem Fall mit $\varepsilon_s = 0{,}12$ zu

$$I_{sw} = 8{,}5\, I_n, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3a)$$

und der Stoßkurzschlußstrom-Höchstwert, der eine halbe Periode nach dem Kurzschluß auftritt, zu

$$I_s = 1{,}8\, I_n \frac{1}{\varepsilon_s}, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3b)$$

also in diesem Fall zu

$$I_s = 15\, I_n. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3c)$$

Ein Stoßkurzschlußstrom-Höchstwert vom 15fachen Wert der Amplitude des Nennstromes ist der für Maschinen nach den R.E.M./1923 u. 1930 zugelassene Höchstwert.

Für Maschinen mit größerer Ständerstreuung ist das Verhältnis des Anfangswertes des Wechselstrom-Stoßkurzschlußstromes zum Nennstrom entsprechend Gl. (3) kleiner und hat bei 15 % Ständerstreuung den Wert 6,7. Bei derartigen Maschinen ist auch das Verhältnis des dreipoligen Dauerkurzschlußstromes zum Nennstrom kleiner als die Werte der Zahlentafel 1 und geht bei Turbogeneratoren bis auf 1,3 ... 1,5 und bei Schenkelpolgeneratoren bis auf 1,7 ... 2,2 herunter, da eine vergrößerte Streuung auch die Dauerkurzschlußströme herabsetzt. Die Größe der Stoßströme, welche nur von der Streuung der kurzgeschlossenen Phasenwicklung abhängt, ist für den drei-, zwei- und einpoligen Kurzschluß annähernd gleich. Hingegen ist die Größe der Dauerkurzschlußströme wesentlich durch die Ankerrückwirkung der kurzgeschlossenen Wicklungsteile des Ständers mitbestimmt, wobei man den zwei- und einpoligen Dauerkurzschlußstrom im Mittel als das 1,5- bzw. 2,5fache des dreipoligen rechnen kann[3].

Für die Darstellung des zeitlichen Verlaufs des Wechselstromgliedes des Stoßkurzschlußstromes beim Klemmenkurzschluß dient eine Zeitfunktion δ nach Zahlentafel 2, welche den Überschuß des Wechselstromanteiles des Stoßkurzschlußstromes über den Dauerkurzschlußstrom widergibt.

Zahlentafel 2. Zeitlicher Verlauf des Überschusses δ des Wechselstromanteiles des Stoßkurzschlußstromes über den Dauerkurzschlußstrom.

Zeit in s	0	0,1	0,25	0,5	0,75	1,0	1,5	2,0	2,5	3	4	5
Turbogeneratoren:												
3 polig. . . %	100	60	43	33	26	20	12	7	5	3	1	—
2- u. 1 polig %	100	73	60	51	44	37	27	20	14	10	5	3
Schenkelpolgeneratoren:												
3 polig. . . %	100	69	54	44	36	30	21	14	10	6	3	1
2- u. 1 polig %	100	77	66	58	52	45	35	27	21	16	10	6

Diese Zahlentafel ist auf Grund von Mittelwerten aus zahlreichen Messungen[4] zusammengestellt worden. Wir können mit diesen Werten für den Fall des Klemmenkurzschlusses die Zeitwerte des Kurzschlußstromes I_k und der Generator-EMK U_k angeben. Es ist

$$I_k = I_d + (I_{sw} - I_d)\,\delta \quad \ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

oder

$$\frac{I_k}{I_d} = 1 + \left(\frac{I_{sw}}{I_d} - 1\right)\delta. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

Hierbei umfaßt I_k nur den Wechselstromanteil des Kurzschlußstromes, was, wie später gezeigt werden wird, für die vorliegenden Zwecke ausreicht. Nach früheren Überlegungen dürfen wir für den Verlauf der Generator-EMK die gleiche Zeitfunktion δ annehmen, wobei dem Anfangswert des Wechselstrom-Stoßkurzschlußstromes I_{sw} die Nennspannung U, dem Zeitwert des Kurzschlußstromes I_k der Zeitwert der Generator-EMK U_k und dem Dauerkurzschlußstrom I_d die EMK beim Dauerkurzschluß U_d zuzuordnen sind. Der Zeitwert der Generator-EMK berechnet sich also mit den Gleichungen

$$\frac{I_{sw}}{I_d} = \frac{U}{U_d} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

und

$$\frac{I_k}{I_d} = \frac{U_k}{U_d} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (7)$$

aus Gl. (5) zu

$$\frac{U_k}{U} = \frac{I_d}{I_{sw}} + \left(1 - \frac{I_d}{I_{sw}}\right)\delta. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (8)$$

Zur zahlenmäßigen Ausrechnung von mittleren Werten sind die Größen I_{sw}/I_d bzw. deren reziproke Werte für den jeweiligen Kurzschlußfall der Zahlentafel 1 und die Werte δ für den jeweiligen Schaltverzug (R.E.H., § 32) der Zahlentafel 2 zu entnehmen. Da für Zeiten kleiner als $^1/_{10}$ s das Gleichstromglied des Stoßkurzschlußstromes einen maßgebenden Einfluß auf die Größe des Gesamtstromes hat, gelten die Gleichungen (5) und (8) sowie die nachfolgenden Rechnungen nur für Zeiten, die größer sind als $^1/_{10}$ s nach erfolgtem Kurzschluß. Dies genügt für die Zwecke der vorliegenden Untersuchung, da kleinere Werte des Schaltverzuges als $^1/_{10}$ s bei den heute üblichen Schaltern infolge ihrer Eigenzeit und der Verzögerung der Auslöser praktisch nicht vorkommen.

Auf Grund der Gl. (5) und (8) ist der zeitliche Verlauf von Strom und Spannung für den drei- und zweipoligen Klemmenkurzschluß von Turbo- und Schenkelpolgeneratoren berechnet worden. Das Ergebnis zeigt die Zahlentafel 3, welche außerdem noch den durch Gl. (2) bestimmten Faktor

$$\alpha = \frac{I_k}{I_d}\,\frac{U_k}{U} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (9)$$

enthält.

Der Fall des einpoligen Kurzschlusses ist nicht berücksichtigt, da er nur bei geerdetem Sternpunkt des Generators oder Transformators auftritt und vorläufig keine größere Bedeutung hat.

[2] R. Rüdenberg, wie Fußnote 1, S. 32. 37 u. 38.

[3] R. Rüdenberg, wie Fußnote 1, S. 18.

[4] Wie Fußnote 1, S. 42/43.

Digitized by Google

Die Abb. 1 zeigt den Faktor α für die verschiedenen Fälle des Klemmenkurzschlusses in Abhängigkeit vom Schaltverzug, der die Summe aus der Eigenzeit des Schalters und der willkürlich einstellbaren Verzögerungszeit seines Relais ist. Mit Hilfe dieser Kurven kann die Ausschaltleistung bei bekanntem Dauerkurzschlußstrom und Betriebspannung nach Gl. (2) für Werte des Schaltverzuges von $^1/_{10}$ ... 4 s berechnet werden; für größere Werte des Schaltverzuges gelten die in der Zahlentafel 3 für die Zeit ∞ angegebenen α-Werte.

Im zweiten Grenzfall des Kurzschlusses weitab vom Kraftwerk ist nach früheren Überlegungen

$$\frac{U_k}{U} = \frac{I_k}{I_d} = 1 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (10)$$

und daher auch

$$\alpha = 1 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (11)$$

für alle Ausschaltzeiten größer als $^1/_{10}$ s.

Aus der Abb. 1 geht hervor, daß die Ausschaltleistung beim Klemmenkurzschluß während der Kurzschlußperiode sehr stark veränderlich ist, da der Faktor α innerhalb der Grenzen von etwa 0,2 ... 2 schwankt. In der Nähe des Generators ist daher auch die Schalterbeanspruchung in den gleichen Grenzen, nämlich in einem Bereich von 1 : 10 vom Schaltverzug abhängig. Um eine Überbeanspruchung des Schalters zu vermeiden, muß seine durch die Konstruktion bedingte Nenn-Ausschaltleistung der durch die Netzverhältnisse bestimmten Kurzschluß-Ausschaltleistung an seiner Verwendungsstelle entsprechen, u. zw. bei dem Mindestschaltverzug (R.E.H., § 32), der dem Schalter eigentümlich ist. Denn wenn die Vorrichtung zur Verzögerung der Auslösung mit Absicht, durch Zufall oder infolge Versagens unwirksam ist, löst der Schalter zu einem Zeitpunkt nach eingetretenem Kurzschluß aus, welcher der Summe aus der Mindestauslösezeit und seiner Eigenzeit entspricht. Der Mindestschaltverzug kann zwar bei Primärauslösung bis zu $^1/_{10}$ s herab betragen; da jedoch bei Schaltern für erhebliche Ausschaltleistungen meist Sekundärauslösung über Relais mit ihren Zwischenkontakten angewendet wird, so kann man für derartige Schalter nach Messungen verschiedener Firmen heute mit einer unteren Grenze des Mindestschaltverzuges von ¼ s rechnen.

Für diesen Zeitpunkt liegen, wie Abb. 1 und Zahlentafel 3 zeigen, die Werte für den Faktor α für sämtliche in Betracht kommenden Fälle des Klemmenkurzschlusses so eng zusammen, daß wir mit einem gemeinsamen Mittelwert von etwa 1,5 rechnen können. Wir erhalten somit für die beiden Grenzfälle

beim Kurzschluß in der Nähe des Kraftwerkes bei ¼ s Schaltverzug $\alpha = 1{,}5$,

beim Kurzschluß weitab vom Kraftwerk sowohl für $^1/_{10}$ s Schaltverzug als auch für größere Zeiten $\alpha = 1$.

Zahlentafel 3. Zeitlicher Verlauf von Strom und wirksamer Spannung bei Klemmenkurzschluß während der Kurzschlußperiode.

Zeit	Turbogeneratoren						Schenkelpolgeneratoren					
	dreipol. Kurzschluß			zweipol. Kurzschluß			dreipol. Kurzschluß			zweipol. Kurzschluß		
sec.	I_k/I_d	U_k/U	α	I_k/I_d	U_k/U	α	I_k/I_d	U_k/U	α	I_k/I_d	U_k/U	α
0,1	2,95	0,69	2,03	2,34	0,83	1,94	2,66	0,78	2,08	1,97	0,87	1,71
0,25	2,40	0,57	1,37	2,10	0,74	1,55	2,30	0,68	1,56	1,83	0,81	1,48
0,5	2,04	0,49	1,00	1,93	0,68	1,31	2,06	0,61	1,26	1,73	0,77	1,33
0,75	1,85	0,43	0,80	1,81	0,64	1,16	1,86	0,55	1,02	1,66	0,73	1,21
1,0	1,65	0,39	0,64	1,68	0,59	0,99	1,72	0,51	0,88	1,57	0,69	1,08
1,5	1,39	0,33	0,46	1,50	0,53	0,80	1,50	0,44	0,66	1,44	0,64	0,92
2	1,23	0,29	0,36	1,37	0,48	0,66	1,34	0,39	0,52	1,34	0,59	0,79
2,5	1,16	0,27	0,31	1,26	0,44	0,55	1,24	0,36	0,45	1,27	0,56	0,71
3	1,10	0,26	0,29	1,18	0,42	0,50	1,14	0,34	0,39	1,20	0,53	0,64
4	1,03	0,24	0,25	1,09	0,39	0,43	1,07	0,32	0,34	1,13	0,49	0,55
∞	1,00	0,24	0,24	1,00	0,35	0,35	1,00	0,29	0,29	1,00	0,44	0,44

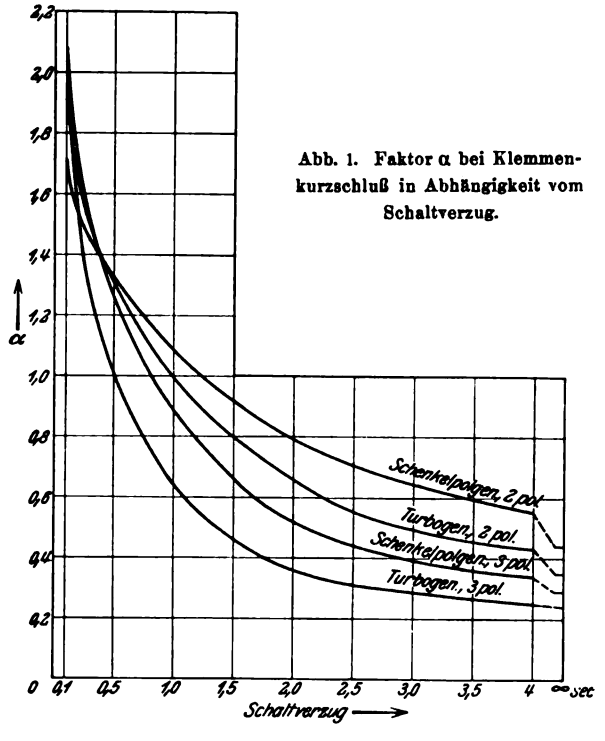


Abb. 1. Faktor α bei Klemmenkurzschluß in Abhängigkeit vom Schaltverzug.

Gl. (5) und (8) zeigen, daß die Größe von Strom und Spannung im Ausschaltmoment außer von der Zeitfunktion δ nur von dem Wert I_{sw}/I_d abhängt. Die Werte der Zahlentafel 3 und somit auch der für den Kurzschluß in der Nähe des Kraftwerkes bei ¼ s Schaltverzug berechnete Mittelwert von $\alpha = 1{,}5$ beruhen auf den Werten I_{sw}/I_d der Zahlentafel 1, welche, wie dort erläutert, Maschinen mit einer Ständerstreuung von 12 % entsprechen. Bei Maschinen mit 15 % Ständerstreuung nimmt mit den früher angegebenen Zahlenwerten das Verhältnis I_{sw}/I_d bei dreipoligem Kurzschluß von Turbogeneratoren Werte bis zu 5,2, beim dreipoligen Kurzschluß von Schenkelpolgeneratoren Werte bis zu 4 an. In diesen Fällen ist für einen Schaltverzug von ¼ s für Turbogeneratoren $\alpha = 1{,}51$ und für Schenkelpolgeneratoren $\alpha = 1{,}73$. Die Abweichung des letzteren Wertes von dem Mittelwert $\alpha = 1{,}5$ kann eben noch als erträglich gelten, zumal meist Maschinen mit relativ größerem und kleinerem Dauerkurzschlußverhältnis im Netz parallel laufen.

4. Einfluß der Entfernung der Kurzschlußstelle vom Kraftwerk.

Es bleibt nun noch zu ermitteln, in welcher Weise sich der Faktor α und damit die Ausschaltleistung ändert, wenn die Kurzschlußstelle von den Klemmen des Generators mit $\alpha = 1{,}5$ bei zunehmender Impedanz der Kurzschlußstrombahn zu einem weit entfernten Netzpunkt mit $\alpha = 1$ rückt.

Der Faktor α hängt, wenn man sich zwecks Vernachlässigung des Gleichstrom-Stoßkurzschlußstromes wieder auf Werte des Schaltverzuges größer als $^1/_{10}$ s beschränkt, vom Verhältnis des Wechselstrom-Stoßkurzschlußstromes zum Dauerkurzschlußstrom sowie von der zeitlichen Dämpfung des Wechselstrom-Stoßkurzschlußstromes ab. Nun wird bei verschiedenen Werten der Reaktanz der Kurzschlußstrombahn die Größe des Anfangswertes des Wechselstrom-Stoßkurzschlußstromes bei Turbogeneratoren und Schenkelpolgeneratoren mit Dämpferwicklung von der Streuung des Ständerstromkreises, der Dauerkurzschlußstrom außerdem noch von der Läuferstreuung und der Ankerrückwirkung bestimmt, während die Dämpfung des Wechselstrom-Stoßkurzschlußstromes in erster

Digitized by Google

Linie von den Daten des Läuferkreises abhängt. Man kann hiernach für einen bestimmten Kurzschlußfall im Netz sowohl die Größe des Wechselstrom-Stoßkurzschlußstromes aus der Streuspannung des Ständers und der Reaktanz der Transformatoren und Leitungen bis zur Kurzschlußstelle als auch die Dauerkurzschlußströme aus der Generatorstreuung, Ankerrückwirkung und der Netzreaktanz berechnen[5]. Aus dem so ermittelten Wert I_{sw}/I_d ergibt sich dann in Verbindung mit den Dämpfungszahlen der Zahlentafel 2 für den jeweiligen Wert der Ausschaltzeit der α-Wert für die betreffende Netzstelle. Jedoch läßt sich auf Grund der letzten Ausführungen kein für die Zwecke der vorliegenden Untersuchung ausreichend einfaches und allgemeingültiges Verfahren zur Berechnung des Faktors α für Kurzschlußstellen verschiedener Lage im Netz angeben.

Es soll daher ein anderer Weg eingeschlagen werden, indem ein geeignetes Maß für die Entfernung der Kurzschlußstelle von den Generatorklemmen gewählt und der Faktor α als eine möglichst einfache Funktion dieses Entfernungsmaßes dargestellt wird. Da für den Unterschied der Kurzschlußströme in der Nähe und weitab vom Kraftwerk im wesentlichen die zwischen Generator und Kurzschlußstelle liegende Netzreaktanz als Summe der Reaktanzen der zwischengeschalteten Leitungen und Transformatoren maßgebend ist, so wird auch hier das Verhältnis der Summe von Generatorstreureaktanz x_n zur Generator-Bohrungsfeld x_s und der Netzreaktanz x_n zur Generatorstreureaktanz x_s als „numerische Kurzschluß-entfernung a" durch die Gleichung

$$a = \frac{x_s + x_n}{x_s} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (12)$$

eingeführt[6]. Der Faktor α ist nun als Funktion der numerischen Kurzschlußentfernung a so auszudrücken, daß bei ¼ s Schaltverzug für den Fall des Klemmenkurzschlusses, wobei $a = 1$ ist,

$$\alpha = 1{,}5$$

und beim Kurzschluß weitab vom Kraftwerk mit $a = \infty$

$$\alpha = 1$$

wird. Für Zwischenwerte von a soll sich dabei α möglichst gut dem in Wirklichkeit auftretenden Wert anschmiegen.

Zu diesem Zweck sind die Anfangswerte des Wechselstromanteiles des Stoßkurzschlußstromes für verschiedene Werte der numerischen Kurzschlußentfernung entsprechend verschiedenen Werten der äußeren Reaktanzen berechnet worden[7]. Für die gleichen Werte der äußeren Reaktanzen sind ebenfalls die Dauerkurzschlußströme unter Verwendung der Normalcharakteristik[8] und der bekannten Werte der Streu- und Ankerreaktanz ermittelt worden. Aus dem so bestimmten Verhältnis I_{sw}/I_d ist nach den Gl. (5), (8) und (9) der Wert von α als Funktion der numerischen Kurzschlußentfernung für ¼ s Schaltverzug ermittelt worden. Diese Rechnung ist für eine größere Anzahl von Maschinen verschiedener Leistung und Herkunft sowohl für den dreipoligen als auch für den zweipoligen Kurzschlußfall durchgeführt worden. Das Ergebnis der Rechnung zeigt Abb. 2, wobei die Mittelwerte von α für den zwei- und dreipoligen Kurzschluß von 6 Turbogeneratoren und 6 Schenkelpolgeneratoren aufgetragen sind. Dabei sind die gleichen Maschinen gewählt worden, welche auch zur Bestimmung der Normalcharakteristik für große Synchronmaschinen und der Sättigungsfaktoren des drei- und zweipoligen Kurzschlusses gedient haben[9].

Den Verlauf von α als Funktion von a, wie ihn Abb. 2 zeigt, versuchen wir nun durch eine möglichst einfache Funktion von a anzunähern. Diese Funktion soll die vier Mittelwertskurven von α für Turbogeneratoren und Schenkelpolgeneratoren mit einer Genauigkeit von etwa 10 % darstellen und so verlaufen, daß sie für $a = 1$ den Wert $\alpha = 1{,}5$ und für $a = \infty$ den Wert $\alpha = 1$ ergibt. Diese Forderungen werden in ausreichendem Maße von der Funktion

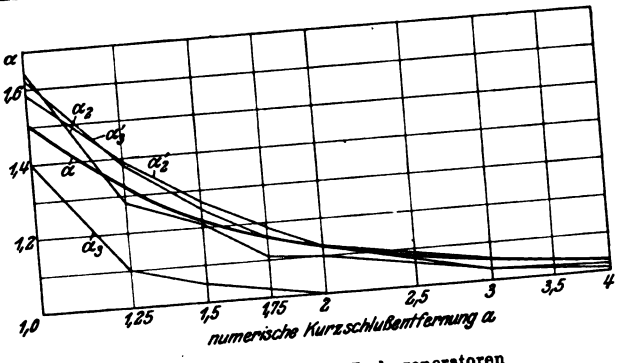
$$\alpha = 1 + \frac{0{,}5}{a^2} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (13)$$

erfüllt, wie es die diese Funktion darstellende Kurve in Abb. 2 zeigt.

[5] Vgl. F. Ollendorff, ETZ 1930, S. 194.
[6] F. Ollendorff, ETZ 1930, S. 238.
[7] Wie Fußnote 1, S. 32.
[8] F. Ollendorff, ETZ 1930, S. 196.
[9] F. Ollendorff, ETZ 1930, S. 197 u. 240.

5. Einfluß von Spannungsschwankungen auf die Ausschaltleistung.

Je nach dem Belastungszustand schwankt die Spannung an einem Netzpunkt innerhalb gewisser Grenzen um die Nennspannung, welche den Spannungsmittelwert an den Verbraucherklemmen darstellt. Infolge des Spannungsabfalls des Belastungstromes in den zwischen Erzeugern und Verbrauchern liegenden Leitungen und Transformatoren muß die Spannung an der Erzeugerstelle bis zu 10 % über ihren Nennwert gesteigert werden können. Die Ausschaltleistung an einer derartigen Erzeugerstelle wird daher größer sein als an der Verbraucherseite. Aus diesem Grunde sind die an der Erzeugerseite der Leitungen liegenden Schalter meist am stärksten gefährdet. Um diesem Umstand Rechnung zu tragen, soll daher allgemein bei



α_3 3pol. Kurzschluß von Turbogeneratoren
α_2 2 „ „ „ „
α_3' 3 „ „ „ Schenkelpolgeneratoren
α_2' 2 „ „ „ „
$\alpha = 1 + \frac{0{,}5}{a^2}$.

Abb. 2. Faktor α bei ¼ s Schaltverzug in Abhängigkeit von der numerischen Kurzschlußentfernung.

der Berechnung der Ausschaltleistung mit einer Spannung an der Verwendungsstelle des Schalters gerechnet werden, die um 10 % über der Betriebspannung des Netzes liegt. Der Dauerkurzschlußstrom zur Berechnung der Ausschaltleistung soll dabei für eine Erregung des Generators ermittelt werden, die seinem Nennbetriebszustand entspricht, also für eine Spannung, die 5 % über der Betriebspannung des Netzes liegt[10]. Wenn in Wirklichkeit diese Spannungserhöhung an einer Netzstelle, an welcher Schalter aufgestellt sind, nicht besteht, so ist damit für einen auf dieser Grundlage gewählten Schalter eine zusätzliche Sicherheit gewonnen, welche bei der nur näherungsweise möglichen Vorausberechnung sowohl der Ausschaltleistung als auch der Schalterbeanspruchung nur erwünscht sein kann.

6. Die R.E.H.-Formel für die Ausschaltleistung.

Für die näherungsweise Berechnung der Kurzschluß-Ausschaltleistung an einer Netzstelle mit einer numerischen Kurzschlußentfernung a zu einer Zeit von ¼ s nach Eintritt des Kurzschlusses erhalten wir aus den Gl. (2) und (13) unter Berücksichtigung der Ausführungen in Abschnitt 4 die Formeln

für zweipoligen Kurzschluß

$$N_k^{(2)} = 1{,}1\, U\, I_d^{(2)} \left(1 + \frac{0{,}5}{a^2}\right) \quad \ldots\ldots \quad (14)$$

und für dreipoligen Kurzschluß

$$N_k^{(3)} = 1{,}1 \sqrt{3}\, U\, I_d^{(3)} \left(1 + \frac{0{,}5}{a^2}\right) \quad \ldots\ldots \quad (15)$$

Hierin bedeuten U die Betriebspannung des Netzes an der Verwendungstelle des Schalters, $I_d^{(2)}$ bzw. $I_d^{(3)}$ den zwei- bzw. dreipoligen Dauerkurzschlußstrom an der Verwendungstelle des Schalters, berechnet auf Grund der um 5 % erhöhten Generatornennspannung. Ferner bedeutet a die numerische Kurzschlußentfernung als Verhältnis der Summe von Generatorstreureaktanz (einschließlich Bohrungsfeld) und Netzreaktanz zwischen den Generator-

[10] F. Ollendorff, ETZ 1930, S. 195.

Digitized by Google

klemmen und dem Kurzschlußpunkt zur Generatorstreureaktanz entsprechend Gl. (12). Die Netzreaktanz erfaßt die Reaktanz der Leitungen und Transformatoren, bei deren Vorhandensein sämtliche Reaktanzen der Netzteile mit verschiedenen Spannungen auf die gleiche Spannung, zweckmäßig auf die des Schalters zu beziehen sind.

Aus den Gl. (14) und (15) kann das Verhältnis der Kurzschluß-Ausschaltleistungen beim 2- und 3poligen Kurzschluß berechnet werden. Es ist nämlich an einem gegebenen Netzpunkt

$$\frac{N_k^{(3)}}{N_k^{(2)}} = \frac{\sqrt{3}\, I_d^{(3)}}{I_d^{(2)}}. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (16)$$

In der Nähe des Generators, wo die Größe der Dauerkurzschlußströme wesentlich durch die Generatorstreuung und Ankerrückwirkung bestimmt wird, ist der zweipolige Dauerkurzschlußstrom stets größer als der dreipolige[11]. Im Mittel kann beim Klemmenkurzschluß das Verhältnis

$$\frac{I_d^{(2)}}{I_d^{(3)}} = 1{,}5 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (17)$$

angenommen werden. Daher ist auch

$$\frac{N_k^{(3)}}{N_k^{(2)}} = \frac{\sqrt{3}}{1{,}5} = 1{,}15, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (18)$$

d. h. die Ausschaltleistung bei dreipoligem Kurzschluß ist hier im Mittel 15 % größer als die bei zweipoligem Kurzschluß. Nur in den seltenen Fällen, wo das Verhältnis $I_d^{(2)}/I_d^{(3)}$, welches von den jeweiligen Eigenschaften des Generators abhängt, größer als 1,73 ist, ergibt sich für die Ausschaltleistung bei zweipoligem Kurzschluß ein größerer Wert als für die bei dreipoligem Kurzschluß.

Beim Kurzschluß in sehr großer Entfernung vom Kraftwerk, wobei die Netzreaktanz groß ist gegenüber der Generatorreaktanz, ist die Größe des Dauerkurzschlußstromes wesentlich durch die Netzreaktanz bestimmt. Da bei Vernachlässigung der Generatorstreu- und Ankerreaktanz gegenüber der Netzreaktanz der zweipolige Dauerkurzschlußstrom proportional $U/2x_n$ und der dreipolige Dauerkurzschlußstrom proportional $U/\sqrt{3}x_n$ ist, so ist in diesem Grenzfall

$$\frac{I_d^{(2)}}{I_d^{(3)}} = \frac{\sqrt{3}}{2} = 0{,}87, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (19)$$

d. h. an Netzpunkten mit extrem großer numerischer Kurzschlußentfernung wird der zweipolige Dauerkurzschlußstrom kleiner als der dreipolige. Das Verhältnis der Ausschaltleistungen ist hier nach Gl. (16) und (19)

$$\frac{N_k^{(3)}}{N_k^{(2)}} = 2, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (20)$$

d. h. die Ausschaltleistung bei dreipoligem Kurzschluß ist hier doppelt so groß wie die bei zweipoligem Kurzschluß.

7. Zahlenbeispiel.

Das Rechnungsverfahren soll an dem gleichen Netzbeispiel (Abb. 3) erläutert werden, welches zur Darlegung der Berechnungsmethoden für Dauerkurzschlußströme diente[12]. Dort sind für die Netzstelle *a* mit der numerischen Kurzschlußentfernung 1 bei einer Spannung von 6 kV und Tagesbetrieb die Dauerkurzschlußströme zu

$$I_d^{(3)} = 1750 \text{ A} \quad \text{und} \quad I_d^{(2)} = 2610 \text{ A}$$

berechnet worden.

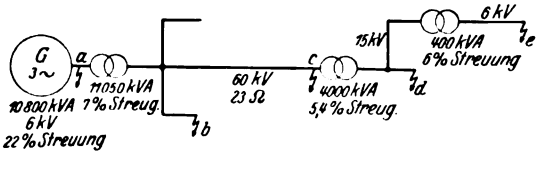


Abb. 3. Netzbild zum Zahlenbeispiel.

Beim Kurzschluß unmittelbar hinter einem bei Punkt *a* liegenden Schalter sind die Ausschaltleistungen

bei dreipoligem Kurzschluß

$$N_k^{(3)} = 1{,}1\sqrt{3} \cdot 6000 \cdot 1750 \cdot \left(1 + \frac{0{,}5}{1^2}\right) = 30 \text{ MVA},$$

bei zweipoligem Kurzschluß

$$N_k^{(2)} = 1{,}1 \cdot 6000 \cdot 2610 \cdot \left(1 + \frac{0{,}5}{1^2}\right) = 25{,}8 \text{ MVA}.$$

Für die Netzstelle *e* mit einer numerischen Kurzschlußentfernung von 8,85 sind die Dauerkurzschlußströme unter den gleichen Voraussetzungen

$$I_d^{(3)} = 598 \text{ A} \text{ und } I_d^{(2)} = 625 \text{ A}.$$

Beim Kurzschluß unmittelbar hinter einem bei Punkt *e* liegenden Schalter sind die Ausschaltleistungen

bei dreipoligem Kurzschluß

$$N_k^{(3)} = 1{,}1\sqrt{3} \cdot 6000 \cdot 598 \cdot \left(1 + \frac{0{,}5}{8{,}85^2}\right) = 6{,}8 \text{ MVA},$$

bei zweipoligem Kurzschluß

$$N_k^{(2)} = 1{,}1 \cdot 6000 \cdot 625 \cdot \left(1 + \frac{0{,}5}{8{,}85^2}\right) = 4{,}1 \text{ MVA}.$$

In Übereinstimmung mit den Ausführungen in Abschnitt 5 ist für den Netzpunkt *a* mit der numerischen Kurzschlußentfernung 1 das Verhältnis der Dauerkurzschlußströme

$$\frac{I_d^{(2)}}{I_d^{(3)}} = 1{,}49$$

und das Verhältnis der Ausschaltleistungen

$$\frac{N_k^{(3)}}{N_k^{(2)}} = 1{,}16.$$

Für den Netzpunkt *e* mit der numerischen Kurzschlußentfernung 8,85 ist

$$\frac{I_d^{(2)}}{I_d^{(3)}} = 1{,}05$$

und

$$\frac{N_k^{(3)}}{N_h^{(2)}} = 1{,}66.$$

Der durch Gl. (19) und (20) dargestellte Grenzfall würde etwa bei einer Netzreaktanz entsprechend einer numerischen Kurzschlußentfernung von $a = 32$ erreicht werden.

8. Andersartige Definition der Ausschaltleistung.

Würde man die Ausschaltleistung entsprechend den Normen mancher anderen Länder nicht aus der im Augenblick der Ausschaltung im Schalter wirksamen Spannung, sondern aus der vollen Netzspannung berechnen, so würde die auf dieser Grundlage berechnete Ausschaltleistung in dem Maße größer ausfallen als die nach den R.E.H. berechnete, wie die im Schalter im Abschaltmoment wirksame Spannung kleiner ist als die Netzspannung.

Wird diese abweichend berechnete Ausschaltleistung mit N_k' bezeichnet, so ist

$$\frac{N_k'}{N_k} = \frac{U}{U_k}.$$

Beim Kurzschluß an den Klemmen des Generators ist nach Zahlentafel 3 für einen Schaltverzug von ¼ s bei Turbogeneratoren

für den 3poligen bzw. 2poligen Kurzschluß

$$U_k/U = 0{,}57 \quad \text{„} \quad 0{,}74.$$

[11] Wie Fußnote 1, S. 17.
[12] ETZ 1930, S. 270, Abb. 33.

Digitized by Google

Die entsprechenden Werte für Schenkelpolgeneratoren sind

für den 3poligen bzw. 2poligen Kurzschluß

$U_k/U = 0{,}68$ „ 0,81,

d. h. im Mittel ist die Spannung im Ausschaltmoment etwa 75 % der Betriebspannung und demnach sowohl für Turbo- als auch für Schenkelpolgeneratoren

$$\frac{N_k'}{N_k} = 1{,}33 .$$

Beim Kurzschluß weitab vom Kraftwerk ist nach früheren Überlegungen die im Ausschaltmoment im Schalter wirksame Spannung gleich der vollen Betriebspannung. Es ist also hier

$$\frac{U_k}{U} = 1$$

und daher auch

$$\frac{N_k'}{N_k} = 1 .$$

Es sollen nun, um die Auswirkung der ausländischen Berechnungsweise der Ausschaltleistung genauer zu erfassen, folgende drei Begriffe unterschieden werden:

Die wahre Ausschaltleistung, der der Ölschalter beim Versuch oder Betrieb tatsächlich gewachsen ist, wobei ein ausreichender Abstand von Explosion oder Überschlag gewahrt bleiben muß. Diese Schaltleistung berechnet sich aus dem zulässigen Ausschaltstrom und der im Stromkreis wirksamen Spannung während der Unterbrechung.

Die Nenn-Ausschaltleistung des Schalters. Dieselbe berechnet sich:

entsprechend den R.E.H. als wahre Ausschaltleistung, die ¼ s nach Eintritt des Kurzschlusses vorhanden ist,

entsprechend der ausländischen Vorschrift aus dem Ausschaltstrom zur Zeit des tatsächlichen Ausschaltens und der vollen Netzspannung, die vor dem Ausschalten vorhanden war.

Die Kurzschluß-Ausschaltleistung an einer Netzstelle. Diese wird entsprechend den vorhergegangenen Ausführungen aus der Netzspannung und dem Dauerkurzschlußstrom an der betreffenden Netzstelle berechnet. Da Strom und wirksame Spannung nach dem Kurzschluß abklingen, was sich nicht nur nach den Generatorverhältnissen, sondern auch nach denen der Leitungsbahn bis zur Kurzschlußstelle richtet, so ist die Berechnung für Kraftwerksnähe und Kraftwerksferne verschieden. Nahe am Kraftwerk ist die Spannung nach ¼ s nach den vorhergegangenen Überlegungen im Mittel auf 75 % abgeklungen, der Ausschaltstrom beträgt nach dieser Zeit das etwa 2fache des Dauerkurzschlußstromes, so daß die Kurzschluß-Ausschaltleistung dieser Netzstellen proportional 1,5 $U I_d$ ist. Fern vom Kraftwerk klingen Strom und wirksame Spannung nicht wesentlich ab, so daß die Kurzschluß-Ausschaltleistung dort porportional $U I_d$ ist.

Wenn die zur Bestimmung der Ausschaltleistung maßgebenden Versuche fern vom Kraftwerk durchgeführt werden, so ist sowohl bei der ausländischen als auch bei der deutschen Definition Übereinstimmung der Nenn-Ausschaltleistung mit der wahren Ausschaltleistung vorhanden. Denn hier ist die Ausschaltleistung der Netzstelle ohne weiteres identisch mit der wahren und der Nenn-Ausschaltleistung. Wenn die Versuche zur Feststellung der Ausschaltleistung jedoch nahe beim Kraftwerk ausgeführt werden, dann sind nach der deutschen Definition die wahre und die Nenn-Ausschaltleistung identisch. Dagegen wird in der ausländischen Definition das Absinken der wirksamen Spannung auf 75 % der Netzspannung nicht berücksichtigt, so daß der Versuchschalter eine Nennleistung erhält, die das 1,33fache der wahren Ausschaltleistung des Versuches beträgt.

Da die maßgebenden Versuche im allgemeinen in besonderen Prüfanlagen vorgenommen werden, entsprechend den Verhältnissen nahe am Generator, so werden die derart ermittelten ausländischen Zahlen für die Nennleistung der Schalter 33 % über den wahren Ausschaltleistungen liegen. Wenn diese Schalter im praktischen Betriebe nahe am Kraftwerk arbeiten, wird dies auf das Verhalten der Schalter ohne Bedeutung sein, denn die Kurzschluß-Ausschaltleistung der Netzstelle ist hier auch nur 75 % der nach der ausländischen Definition berechneten Nennausschaltleistung des Schalters. Fern vom Kraftwerk jedoch berechnet man sowohl nach der ausländischen als auch nach der deutschen Definition die Ausschaltleistung dieser Netzstellen übereinstimmend richtig, nämlich wie oben gesagt proportional dem Produkt $U I_d$. Der ausländische Schalter mit seiner 33 % zu groß angegebenen Nennleistung wird daher an dieser Stelle in Wirklichkeit zu schwach sein und kann überbeansprucht werden. Dagegen werden Schalter, die nach den deutschen Vorschriften geprüft und benannt sind, sowohl nahe als auch fern vom Kraftwerk richtig arbeiten, wenn die Kurzschluß-Ausschaltleistung dieser Netzstellen ebenfalls nach den deutschen Vorschriften berechnet wird.

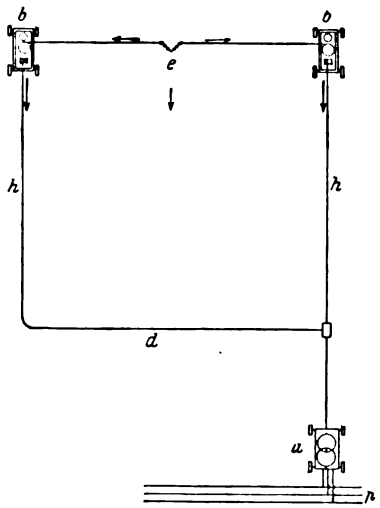
Beispiel: Um den Unterschied noch klarer zu machen, soll ein Beispiel betrachtet werden, bei dem der Schalter entsprechend den obigen Darlegungen nahe am Kraftwerk arbeitet. Es handle sich um einen Einphasenschalter, der die wahre Ausschaltleistung von 75 MVA besitzt und der für eine Netzspannung von 20 kV bestimmt ist. Die Spannungserhöhung von 10 % ist hier nicht berücksichtigt, um runde Zahlenwerte zu erhalten. Tatsächlich arbeitet dieser Schalter im Augenblick des Ausschaltens mit 75 % von 20 kV = 15 kV wirksamer Spannung und unterbricht dabei einen Strom von 75 MVA/15 kV = 5 kA. Der Dauerkurzschlußstrom wäre in diesem Falle 2,5 kA, da der unterbrochene Strom nahe am Kraftwerk nach ¼ s das Doppelte des Dauerkurzschlußstromes ist. Die Ausschaltleistung berechnet sich nach der deutschen Definition sowohl aus den tatsächlich unterbrochenen Spannungen und Strömen zu 15 kV · 5 kA = 75 MVA als auch nach der R.E.H.-Formel zu 20 kV · 2.5 kA · 1,5 = 75 MVA. Während der Schalter in Wirklichkeit genau so arbeitet wie eben beschrieben, berechnet sich nach der ausländischen Norm seine Nennleistung aus der Netzspannung und dem unterbrochenen Strom zu 20 kV · 5 kA = 100 MVA, also zu 133 % der tatsächlichen Unterbrechungsleistung. Setzt man diesen Schalter an eine Außenstelle des Netzes, die etwa durch andere parallelgeschaltete Zentralen die Kurzschlußleistung von 100 MVA erhält, was sich dort zusammensetzt aus der Netzspannung von 20 kV und dem Dauerkurzschlußstrom von 5 kA, so kann der Schalter dort gefährdet sein, da er 5 kA bei voller Spannung nicht mehr unterbrechen kann.

Aus diesen Überlegungen ergibt sich, daß zwei untereinander gleiche Schalter, von denen der eine in Deutschland und der andere im Ausland hergestellt und benutzt würde und die beide nahe am Generator geprüft werden, im Ausland 33 % mehr Nennleistung als in Deutschland erhalten würden. Man kann daher für das Ausland, das nach seinen Normen kaufen will, die deutschen Nennleistungen um 33 % erhöhen, um auf die gleichen Zahlenwerte zu kommen, wie sie im Ausland üblich sind. Ein Umrechnungsfaktor der Leistungen von 1,33 genügt zwar für den Verkauf von Schaltern; technisch liegt die Sache aber so, daß die mit 33 % größerer Leistung benannten Schalter bei Benutzung in der Nähe der Kraftwerke richtig arbeiten werden, da man nach den ausländischen Normen auch die Kurzschluß-Ausschaltleistung dieser Netzstellen 33 % größer als tatsächlich vorhanden ausrechnet. Dagegen werden so benannte Schalter — ebenso wie auch alle ausländischen — gefährdet sein, wenn man sie weitab vom Kraftwerk mit ihrer vollen Nennleistung beansprucht, denn sie sind dort in Wirklichkeit um das angegebene Maß zu klein.

Digitized by Google

Elektrisches Pflügen.

Der jährliche Stromverbrauch in der Landwirtschaft beträgt zur Zeit durchschnittlich 20 ... 25 kWh/ha. Dieser Verbrauch kann noch gesteigert werden und es gibt heute schon Güter, die bei weitgehender Anwendung des Elektromotors als Antriebskraft für Regenanlagen usw. auch auf 100 kWh und mehr kommen. Im großen und ganzen aber



Buchstabenerklärung zu Abb. 1 ... 5.

- a fahrbarer Transformator
- b, d Windewagen
- c, g Ankerwagen
- e Kipp-Pflug
- f verankerte Umlenkrolle
- h Speisekabel
- i Ankerseil
- k bewegl. Umlenkrolle
- l Anker
- m Elektroschlepper
- n Wagen mit Kabeltrommel
- v Seilklemme

Abb. 1. Zweimaschinenpflug.

dürfte eine erhebliche Steigerung des durchschnittlichen Gesamtverbrauches erst zu erwarten sein, wenn es gelingt, die Elektrizität zur Ackerarbeit, die den größten Arbeitsaufwand in der Landwirtschaft erfordert, heranzuziehen. Vor dem Kriege waren recht erfreuliche Ansätze hierzu zu bemerken, als auf einer Anzahl großer Güter Elektropflüge mit bestem Erfolg eingeführt wurden. Leider ließen die Fortschritte der Verbrennungsmotorentechnik während des Krieges und die dadurch außerordentlich geförderte Entwicklung der Motorpflüge und -schlepper das Interesse an den elektrisch betriebenen Pflügen erlahmen, obwohl die meisten derselben sich gut bewährt hatten und der Elektromotor gerade für den Acker vor dem Verbrennungsmotor eine ganze Anzahl großer Vorzüge voraus hat. Erst neuerdings finden sich wieder, vor allem im Auslande, Stimmen für den Elektropflug, und es wurden im vorigen Jahre auch wieder Elektropflüge auf ausländischen landwirtschaftlichen Ausstellungen gezeigt.

Zu den bekanntesten Vorkämpfern für den Elektropflug gehört der Engländer Borlase Matthews, der auf der Weltkraftkonferenz in Basel über dieses Problem referierte und im J. Inst. El. Engs. einen Vortrag über das elektrische Pflügen veröffentlichte[1], wobei er etwa folgende Gedankengänge entwickelte.

Mechanisierung der Landwirtschaft ist eines der Mittel, welche uns über die allgemeine Weltkrise in der Landwirtschaft hinwegbringen können. Die Elektrizität findet ja schon weitgehend Anwendung bei der Hofarbeit, wenig aber auf dem Acker. Im ganzen dürften in Europa etwa 200 Elektropflüge laufen. Gegen den Elektropflug scheinen die erforderlichen Freileitungen und die Tatsache zu sprechen, daß Elektropflüge nur auf größeren Gütern zu finden sind, Einwendungen, die mit besserem elektrischen Aufschluß des flachen Landes gegenstandslos werden dürften. Nach einer kurzen Abhandlung über den Zweck der Bodenbearbeitung wird dann der Kraftbedarf für das Pflügen unter den verschiedenen Bodenverhältnissen berechnet, wobei sich ähnliche Werte ergeben, wie sie auch in Deutschland bei der Berechnung von Motorpflügen usw. zugrunde gelegt werden. Dabei wird ein interessanter Versuch, den Bodenwiderstand herabzusetzen, gestreift, indem man Pflugschar negativ, Pflugsech positiv auflädet. Das überraschende Ergebnis, das Matthews auf seinem eigenen Gute beobachten konnte, scheint darauf zu beruhen, daß negativ geladene Bodenkolloide auf dem Pflugschar Wasser abscheiden, welches natürlich die Reibung vermindert.

Die Stromzuführung zur Maschine auf dem Acker erfolgt bis zum Feldrand durch Hochspannungsleitungen. Da wird der Strom in festen oder fahrbaren Transformatorenstationen in die Gebrauchspannung umgeformt und mit biegsamen Kabeln bis zur Maschine selbst weitergeleitet. Als geeignetste Motoren für elektrische Pflüge sind Drehstrommotoren für 900 ... 1000 U/min mit Schleifringanlasser und Stern-Dreieck-Schaltung anzusehen; Fernsteuerung derselben erleichtert dem Führer die Bedienung der ganzen Anlage. Empfehlenswert sind blockierbare Schaltgeräte, die nur in stromlosem Zustand geöffnet werden können. Selbstschalter sind nur mit besonderen Verzögerungseinrichtungen im Pflugbetrieb zu gebrauchen, da sie bei den unvermeidlichen Erschütterungen zu oft ansprechen.

Die bis jetzt ausgeführten Elektropflüge werden in zwei Gruppen eingeteilt:

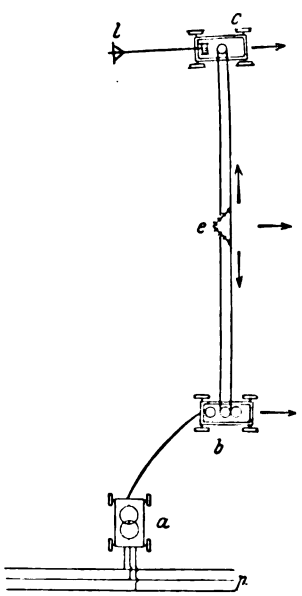


Abb. 2. Einmaschinenpflug mit Ankerwagen.

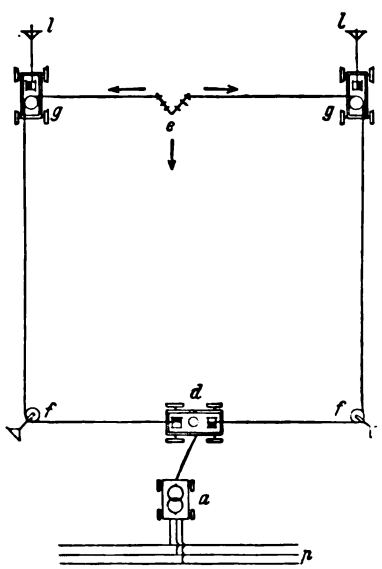


Abb. 3. Einmaschinenpflug mit Umlaufseil.

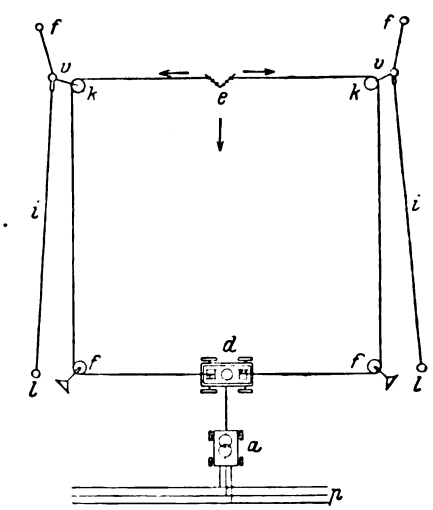


Abb. 4. Einmaschinenpflug mit Umlaufseil nach dem Vorschlag von Matthews.

[1] B. Matthews, J. Inst. El. Engs. London Bd. 66, S. 1179.

Digitized by Google

1. Seilpflüge, geeignet für große Güter, Unternehmer und Genossenschaften,
2. Einzelpflüge für Landwirte und auch für Gärtner (Fräse).

Am bekanntesten sind Seilpflüge nach dem Zweimaschinensystem (Abb. 1), also zwei Windewagen, zwischen denen an einem Seil der eigentliche Kipp-Pflug hin- und hergezogen wird. Ihre Konstruktion baut sich auf den Erfahrungen im Dampfpflugbau auf. Sie können praktisch für die größten Flächen gebaut werden, ihre Leistung ist nur begrenzt durch das Gewicht und die Schwierigkeit der Verständigung zwischen den Windewagen bei zu großer Seillänge. Solche Pflüge sind hauptsächlich in Deutschland in Betrieb, u. zw. für 80 PS Leistung, 400 m Furchenlänge und 0,9 bzw. 1,5 m/s Seilgeschwindigkeit (Elektropflüge der Siemens-Schuckertwerke). In Italien wird eine ähnliche Type gebaut, jedoch nur mit 36 PS Leistung. Auch Frankreich baute einige Elektroseilpflüge, u. zw. bis zu Leistungen bis zu 150 PS. Hier finden wir bei einzelnen Anlagen neben dem Elektromotor auch einen Verbrennungsmotor eingebaut, welcher den Transport der Windewagen von und zum Felde übernimmt und bei ausbleibendem Strom auch als Reserve dienen kann.

Aus dem Bestreben, die Anschaffungskosten herabzusetzen, sind die Einmaschinenpflüge entstanden. Ein Windewagen (Abb. 2) wird mit zwei Kabeltrommeln ausgerüstet, an Stelle des zweiten Windewagens tritt ein sogenannter Ankerwagen. Dem Vorteil des Einmaschinensystems, den geringeren Anschaffungskosten, stehen die Schwierigkeiten entgegen, die der Ankerwagen auf nicht geeignetem Gelände macht. Solche Einmaschinenpflüge werden in Deutschland und in Italien gebaut (in Deutschland ist man heute davon abgekommen).

Als Abarten dieses Systems kann man die Methode bezeichnen, mit einem Windewagen den Pflug durch ein Seil hin und her zu ziehen (Abb. 3), das um vier in den Ecken des Feldes verankerte Seilscheiben — davon sind zwei fest und zwei an je einem Ankerwagen versetzbar angeordnet — verlegt ist. Hierbei hat man den Vorteil, daß die Anker selbst während der Bearbeitung des ganzen Schlages nicht versetzt werden müssen und daß auch der Windewagen so lange still steht. Er kann infolgedessen ganz in nächster Nähe der Anschlußstelle der Feldleitung aufgestellt werden, wodurch Zuleitungskabel gespart wird. Noch etwas einfacher ist ein ähnliches Verfahren, das der Verfasser selbst auf seinem Gute anwendet (Abb. 4). An Stelle der zwei Ankerwagen treten hier zwei Scheiben, die an je einem zwischen zwei Anker angespannten Seile hängen. Diese Anker können, wenn das Feld regelmäßig jedes Jahr bearbeitet wird, ein für allemal im Boden verbleiben. (Die beiden letzten Methoden sind aus verschiedenen Gründen nur bei Maschinen mit kleinen Leistungen durchführbar.)

Für aussichtsreich hält der Verfasser elektrische Traktoren, bei denen das Zuleitungskabel von einer auf dem Fahrzeug selbst untergebrachten Kabeltrommel auf- und abgerollt wird. Die Kabeltrommel wird dabei von einem besonderen Motor angetrieben, die Einführung des Kabels in die Maschine erfolgt über einen schwenkbaren Ausleger, der ein Wenden des Traktors unter dem Kabel hindurch gestattet. (Der Verfasser erwähnt den Schweden Forsbladt als Erfinder. Tatsächlich haben aber die SSW ähnliche Stromzuführungen schon früher gebaut.) Eine andere Einrichtung schlägt der Schotte Mc. Dowall vor (Abb. 5). Die Kabeltrommel sitzt hier auf einem Wagen, der in der Mitte der Furchenlänge aufgestellt wird. Das Kabel rollt entsprechend der Bewegung des Traktors von dieser Trommel über einen hohen Ausleger ab. Der Wagen selbst wird beim Vorbeifahren des Traktors jeweils um eine Arbeitsbreite durch diesen selbst verschoben. — Eine Maschine, deren besonders gute Eigenschaften für die Bodenbearbeitung hervorgehoben wird, ist die Fräse. Die kleinen Elektrofräsen werden durch ein Kabel gespeist, das über einen an einem versetzbaren

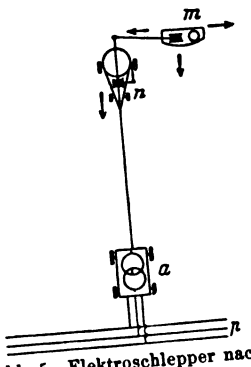


Abb. 5. Elektroschlepper nach Vorschlag von Mc. Dowall.

Mast aufgehängten Flaschenzug läuft und durch ein an diesem Flaschenzug angebrachtes Gegengewicht gespannt gehalten wird.

Die Kosten des elektrischen Pflügens, die ja letzten Endes die praktische Brauchbarkeit entscheiden, werden an Hand einer Aufstellung, bei der alle preisbildenden Faktoren für englische Verhältnisse berücksichtigt sind, berechnet und dabei festgestellt, daß der elektrische Antrieb billiger arbeitet als Traktor, Dampfpflug oder gar Pferde.

Zum Schluß werden die Vorteile des elektrischen Pflügens folgendermaßen zusammengefaßt:

1. Unbegrenzte Leistungsfähigkeit ohne Rücksicht auf vorhandene Betriebstoffe.
2. Geringere Arbeitskosten.
3. Fortfall von Wasser- und Brennstoffbeschaffung.
4. Freiwerden der sonst für die Zugtiere benötigten Nahrungsmengen.
5. Arbeitsmöglichkeit auch bei schlechtem Wetter.
6. Sehr gleichmäßige Arbeit.
7. Einfachste Bedienung im Vergleich zum Dampf- und Motorpflug.
8. Elektropflug ist auch auf hängigem Gelände zu verwenden, auf dem der Dampfpflug z. B. nicht mehr arbeiten kann.
9. Schonung des Vorgewendes.
10. Bessere Ausnutzung der Überlandwerke.

Das ganze Problem ist nach Ansicht des Verfassers für die Elektroindustrie, für die Elektrizitätswerke und auch für den Landwirt wichtig und wert, daß sich die interessierten Kreise eingehender damit beschäftigen. *Kd.*

Anlauferwärmung von Kurzschlußankermotoren.

Von Dr.-Ing. **Michael Liwschitz**, Berlin.

(Schluß von S. 965.)

Anders liegen die Verhältnisse beim Doppelkäfiganker. Hier ist beim Anlauf im wesentlichen nur mit dem Materialgewicht des Anlaufkäfigs zu rechnen. Wird der Anlaufkäfig zu warm, so kann der Laufkäfig seine Funktion (die Erzeugung des Anlaufmomentes) nicht übernehmen, weil er infolge seiner großen Streuinduktivität bei größeren Schlüpfen nicht genügend Strom führt. Bei schwierigen Anlaufverhältnissen kann der Anlaufkäfig schadhaft werden, ohne daß der Laufkäfig zu warm wird. In Abb. 10 zeigen die Kurven *a* und *l* Erwärmungsmessungen an den Stäben eines Doppelkäfigankers für 22 kW und $n = 1500$ U/min. Die Kurven sind in ähnlicher Weise aufgenommen worden wie die Kurven Abb. 9 (S. 965), d. h. mittels Thermoelementen bei stillstehendem Anker. Der Ständerstrom war gleich dem Nennstrom, die Stäbe des Anlaufkäfigs waren gegen das Eisen isoliert. Die Erwärmung der Stäbe des Anlaufkäfigs (Kurve *a*) liegt wesentlich höher als die der Stäbe des Laufkäfigs (Kurve *l*). Zum Vergleich ist in Abb. 10 für die gleichen Stromverhältnisse die Staberwärmung (Kurve *h*) eines Stromverdrängungsankers mit hohen schmalen Stäben gleicher Leistung und Drehzahl wie der Doppelkäfiganker eingetragen. Nach 20 s Einschaltdauer beträgt die Staberwärmung des Stromverdrängungsankers mit hohen schmalen Stäben rd. 30 °, die Erwärmung der Stäbe des Anlaufkäfigs des Doppelkäfigankers rd. 135 ° und die der Stäbe des Laufkäfigs des Doppelkäfigankers nur 13 °. Wie aus der Abb. 10 hervorgeht, ist bei kleinerer Drehzahl für die Erwärmung des Doppelkäfigankers nur das Materialgewicht des Anlaufkäfigs maßgebend.

Das Materialgewicht des Laufkäfigs macht sich bei Doppelkäfigankern erst am Ende der Anlaufperiode bemerkbar, wenn der größte Teil der Anlaufwärme (s. Abb. 7, S. 964) bereits im Anlaufkäfig aufgespeichert ist. Theoretisch ist beim Doppelkäfiganker die Größe V bzw. G_2 in der Gl. (4) eine mit dem Schlupf veränderliche Größe, und es läßt

Digitized by Google

sich beweisen, daß bei ihm an Stelle der Gl. (4) zu setzen ist

$$\Delta T_2 = \left(\frac{\pi}{60}\right)^2 n_s^2 G D^2 \frac{1}{s_a G_a} \int_{\sigma_e}^{\sigma_a} \frac{d\sigma}{\frac{1}{\sigma}\left(1 - \frac{M_g/M_n}{M_\sigma/M_n}\right)\frac{r_a}{R_{2\sigma}}}, \quad (7)$$

wo

s_a die spezifische Wärme des Materials des Anlaufkäfigs,

G_a das Gewicht der Anlaufwicklung,

r_a den ohmschen Widerstand der Anlaufwicklung und

$R_{2\sigma}$ den resultierenden ohmschen Widerstand beider Käfige[2] beim Schlupf σ

bedeuten. Praktisch ergibt die Berechnung der Erwärmung ΔT_2 nach dieser Gleichung einen um nur 15 ... 20 % kleineren Wert als nach den Gl. (1) und (4), wenn man dort nur die Anlaufwicklung als im Anlauf wirksam in Betracht zieht. Wir wollen daher auch beim Doppelkäfiganker mit den einfacheren Gl. (4) und (1) rechnen und das Mitwirken der Laufwicklung durch einen Abzug von 15 % berücksichtigen.

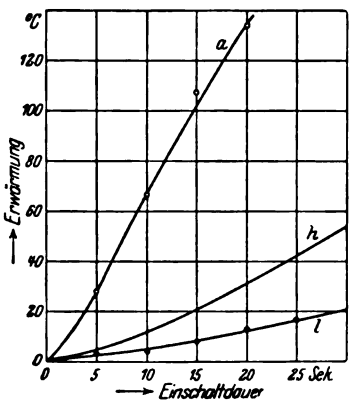


Abb. 10. Erwärmung des Anlauf- und des Laufkäfigs eines Doppelkäfigankers im Vergleich mit der Staberwärmung eines Stromverdrängungsankers mit hohen schmalen Stäben.

Bei den Doppelkäfigankern für n = 750 ... 1500 U/min beträgt das Gewicht des Anlaufkäfigs (gleiches Material bei beiden Käfigen vorausgesetzt) angenähert 40 % des Gesamtgewichtes beider Käfige; bei den Doppelkäfigankern für n = 3000 U/min ist es angenähert gleich 25 % des Gesamtgewichtes beider Käfige. Ein Motor bestimmter Leistung und Drehzahl in der Ausführung mit Doppelkäfiganker verhält sich beim Anlauf demnach so, als wenn er nur 40 % (n = 750 ... 1500) bzw. 25 % (n = 3000) der Wärmekapazität hätte, die er bei gleichem Material in der Ausführung mit gewöhnlichem Kurzschlußanker oder mit Stromverdrängungsanker mit hohen schmalen Stäben haben würde. Beim einmaligen Anlassen (gleicher Wert von $\mathfrak{A}_2$ vorausgesetzt) wird die Erwärmung des Anlaufkäfigs des Doppelkäfigankers unter Berücksichtigung des Abzuges von 15 % für das Mitwirken des Laufkäfigs

$$\frac{0{,}85}{0{,}4} = 2{,}1 \ (n = 750 \ldots 1500) \text{ bzw. } \frac{0{,}85}{2{,}5} = 3{,}4 \ (n = 3000)$$

mal so groß wie die des gewöhnlichen Kurzschlußankers oder des Ankers mit hohen schmalen Stäben.

a) Gewöhnlicher Kurzschlußanker. Die Abb. 11, 12 und 13 zeigen die Läufererwärmung der gewöhnlichen Kurzschlußankermotoren bei Lastanlauf, u. zw. für die Drehzahlen 1000, 1500 und 3000. Das zu beschleunigende Schwungmoment ist, wie es vielen praktischen Fällen entspricht, zu 150 % des Schwungmomentes des Motorankers angenommen. Als Material der Läuferwicklung ist Kupfer vorausgesetzt. Die Werte der Abb. 11, 12 und 13 sind berechnet aus den entsprechenden Kurven der Abb. 8 durch Multiplikation der Werte dieser Kurven mit 1,5 und außerdem mit den Faktoren, die man für die verschiedenen Gegenmomente der Abb. 2 entnimmt. So hat der Motor mit gewöhnlichem Kurzschlußanker für 30 kW bei n = 1500 U/min nach einmaligem Hochlaufen ohne Gegenmoment und ohne äußere Schwungmassen eine Erwärmung der Läuferwicklung von 1,6 °. Beim Gegenmoment $M_g/M_n = 0{,}3$ in der Sternschaltung (bzw. $M_g/M_n = 0{,}9$ in der Dreieckschaltung) beträgt das Verhältnis $\varkappa = \frac{\mathfrak{A}_2}{\mathfrak{A}_{20}} = 4{,}1$. Nach einmaligem Hochlaufen mit dem Gegenmoment $M_g/M_n = 0{,}3$ und äußeren Schwungmassen, deren Schwungmoment gleich 50 % des Schwungmomentes des Motorankers ist, beträgt demnach die Erwärmung der Läuferwicklung 1,6 · 1,5 · 4,1 = 9,8 °.

b) Stromverdrängungsanker mit hohen schmalen Stäben. Die Abb. 14, 15 und 16 zeigen die Läufererwärmung der Motoren mit hohen schmalen Stäben (aus Kupfer) im Läufer bei Lastanlauf für die Drehzahlen 1000, 1500 und 3000. Die Werte dieser Bilder sind berechnet mit Hilfe der Kurven der Abb. 8 und 4. Wie für die Abb. 11 ... 13 ist auch hier angenommen, daß das zu beschleunigende Schwungmoment gleich 150 % des Schwungmomentes des Motorankers ist. Entsprechend den kleineren Werten des Verhältnisses $\varkappa = \frac{\mathfrak{A}_2}{\mathfrak{A}_{20}}$ der Abb. 4 im Vergleich zu denen der Abb. 2 ist bei gleicher Drehzahl, gleicher Leistung und gleichem Gegenmoment die Erwär-

[2] Näheres s M. Liwschitz, Wiss. Veröff. Siem.-Konz. Bd. 8, S. 145.

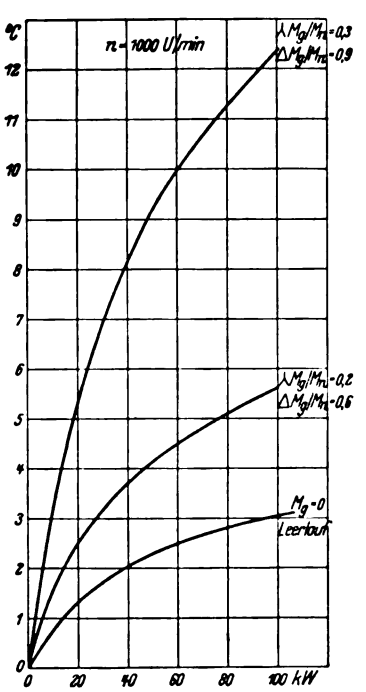


Abb. 11. Läufererwärmung der gewöhnlichen Kurzschlußankermotoren für n = 1000 U/min in Abhängigkeit von Leistung und Gegenmoment.

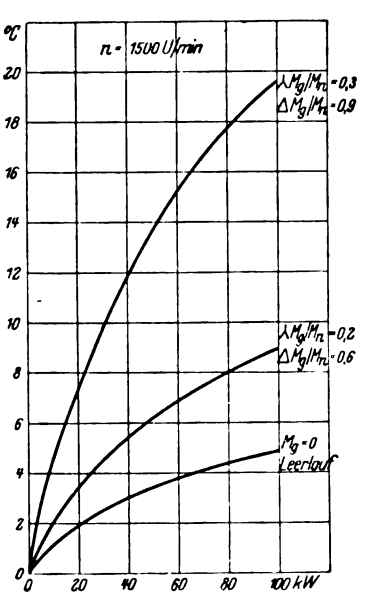


Abb. 12. Läufererwärmung der gewöhnlichen Kurzschlußankermotoren für n = 1500 U/min in Abhängigkeit von Leistung und Gegenmoment.

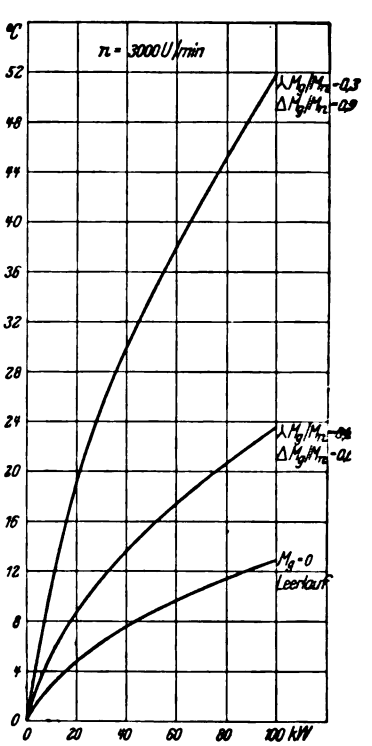


Abb. 13. Läufererwärmung der gewöhnlichen Kurzschlußankermotoren für n = 3000 U/min in Abhängigkeit von Leistung und Gegenmoment.

Digitized by Google

mung des Stromverdrängungsankers mit hohen schmalen Stäben kleiner als die des gewöhnlichen Kurzschlußankers.

c) Doppelkäfiganker. Die Abb. 17 ... 22 zeigen die Läufererwärmung der Motoren mit Doppelkäfiganker bei Lastanlauf ebenfalls für die Drehzahlen 1000, 1500 und 3000; als Material der beiden Käfige ist wiederum Kupfer angenommen. Der Berechnung der Kurven der Abb. 17 ... 19 sind Abb. 8 und die Kurve *b* der Abb. 6, der Berechnung der Kurven der Abb. 20 ... 22 die Abb. 8 und die Kurve *c* der Abb. 6 zugrunde gelegt. Die Abb. 17 ... 19 entsprechen also Motoren, deren Anzugsmoment in der Sternschaltung gleich ist dem 0,8fachen Nennmoment, die Abb. 20 ... 22 solchen, deren Anzugsmoment in der Sternschaltung gleich ist dem 0,6fachen Nennmoment. Das zu beschleunigende Schwungmoment ist wiederum zu 150 % des Schwungmomentes des Motorankers angenommen. Die den Abb. 6 und 8 entnommenen Werte sind entsprechend dem oben über die Wärmekapazität des Doppelkäfigankers Gesagten multipliziert mit dem Faktor 1,5 . 2,1 bei den Drehzahlen 1000 und 1500 bzw. mit dem Faktor 1,5 . 3,4 bei der Drehzahl 3000. Es ist also für den Anlaufkäfig das gleiche Material (Kupfer) vorausgesetzt wie beim gewöhnlichen Kurzschlußanker und Stromverdrängungsanker mit hohen schmalen Stäben.

Vergleicht man nun an Hand der Abb. 11 ... 22 die Erwärmungszahlen der 3 verschiedenen Ankerarten, so findet man, daß der Doppelkäfiganker unter sonst gleichen Verhältnissen die größte Erwärmung aufweist. Trotzdem er infolge seines höheren Anlaufmomentes ein kleineres Verhältnis $\varkappa = \frac{\mathfrak{A}_2}{\mathfrak{A}_{20}}$, d. h. eine kleinere Anlaufwärme hat als die beiden anderen Ankerarten, fällt seine Erwärmung doch höher aus, weil die Wärmekapazität seiner Anlaufwicklung viel kleiner ist als bei den anderen.

Wir betrachten als Beispiel einen Motor für 30 kW und $n = 1500$ U/min bzw. $n = 3000$ U/min beim Anlauf mit dem Gegenmoment $M_g/M_n = 0{,}3$ in der Sternschaltung. Nimmt man für den Doppelkäfiganker an, daß sein Anzugsmoment in der Sternschaltung gleich ist dem 0,8fachen Nennmoment (Abb. 18, 19), so verhalten sich die Läufererwärmungen der 3 Ankerarten (in der Reihenfolge: gewöhnlicher Kurzschlußanker, Stromverdrängungsanker mit hohen schmalen Stäben und Doppelkäfiganker) wie 9,7 : 7 : 8,8 bei $n = 1500$ U/min bzw wie 25,2 : 16,8 : 35,5 bei $n = 3000$ U/min. Beträgt das Anzugsmoment des Doppelkäfigankers in der Sternschaltung das 0,6fache des Nennmomentes (Abb. 22), so verhalten sich bei $n = 3000$ U/min die Erwärmungen wie 25,2 : 16,8 : 44,5. Eine Erwärmung von 44,5 ° nach einmaligem Hochlaufen bildet keine Gefahr für den Motor, auch dann nicht, wenn er aus irgendwelchen Gründen 3- oder 4mal hintereinander anlaufen muß und die Erwärmung von 44,5 ° auf den 3- bis 4fachen Wert ansteigt. Jedoch tritt diese Erwärmung schon auf bei einem Gegenmoment, das dem 0,3fachen Nennmoment gleich ist. Ist das Gegenmoment größer, was meistens der Fall ist, so wird die Erwärmung wesentlich höher. Beim Anlauf in der Sternschaltung mit einem Gegenmoment $M_g/M_n = 0{,}5$ (und einem Anzugsmoment $M_a/M_n = 0{,}8$) beträgt die Erwärmung des 30 kW-Motors für $n = 3000$ U/min nach einmaligem Hochlaufen (Abb. 19) 71° und die des 100 kW-Motors für $n = 3000$ U/min 148 °. Ein mehrmaliges Anlaufen hintereinander ist beim 100 kW-Motor nicht mehr zulässig.

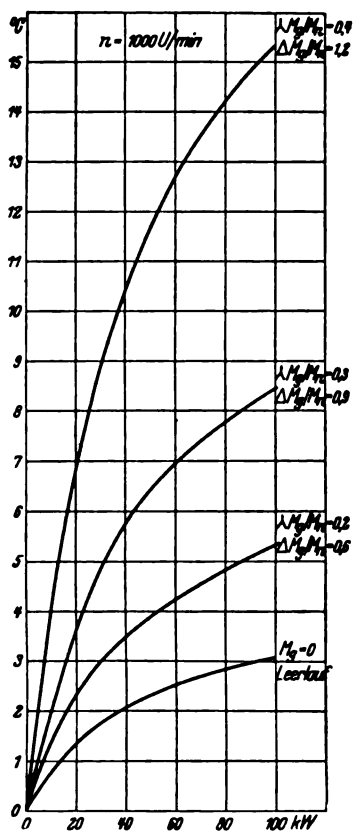


Abb. 14. Läufererwärmung der Stromverdrängungsanker-Motoren mit hohen schmalen Stäben für $n = 1000$ U/min in Abhängigkeit von Leistung und Gegenmoment.

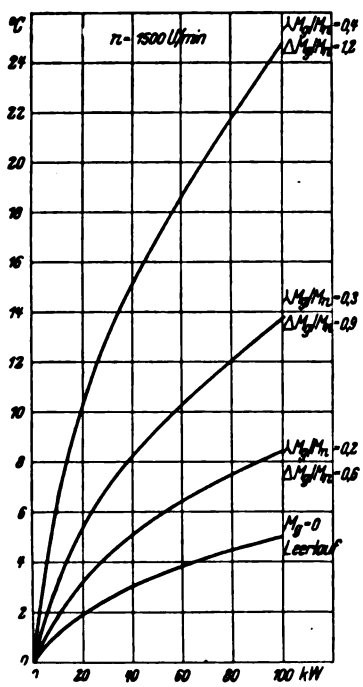


Abb. 15. Läufererwärmung der Stromverdrängungsanker-Motoren mit hohen schmalen Stäben für $n = 1500$ U/min in Abhängigkeit von Leistung und Gegenmoment.

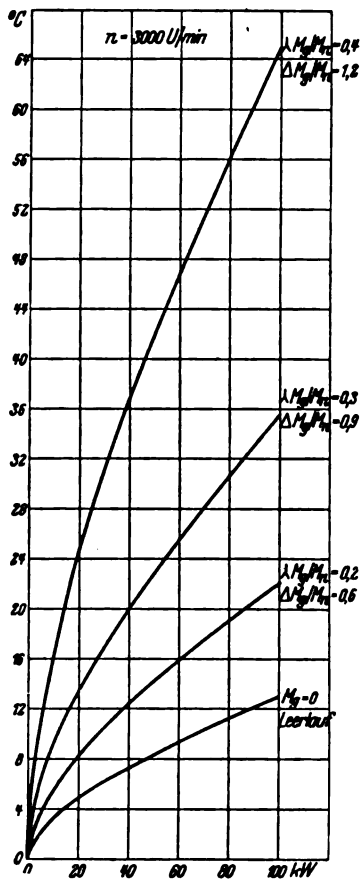


Abb. 16. Läufererwärmung der Stromverdrängungsanker-Motoren mit hohen schmalen Stäben für $n = 3000$ U/min in Abhängigkeit von Leistung und Gegenmoment.

Bis zur Drehzahl $n = 1500$ U/min einschließlich besteht bei vernünftigem Entwurf der Maschine und unter Voraussetzung normaler Anlaufverhältnisse auch beim Doppelkäfigankermotor keine besondere Gefahr, daß die Erwärmung der Anlaufwicklung unzulässig hohe Werte annimmt. Bei den Doppelkäfigankermotoren kleinerer Leistung für $n = 3000$ U/min ist es zweckmäßig, bei denen größerer Leistung erforderlich, die Anlauferwärmung der Anlaufwicklung herabzudrücken. Wenn auch die Kurven der Abb. 17 ... 22 nur begrenzte Gültigkeit haben, weil einerseits die Annahme eines konstanten Gegenmomentes nur selten zutrifft, anderseits das Verhältnis des Gewichtes des Anlaufkäfigs zum Gesamtgewicht beider Wicklungen von dem für diese Kurven angenommenen (40 % bzw. 25 %) abweichen kann, so zeigen sie doch deutlich, daß beim Doppelkäfiganker für $n = 3000$ U/min besondere Maßnahmen zur Herabsetzung der Erwärmung im Anlauf gerechtfertigt sind. Als solche Maßnahmen kommen in Betracht das Gießen oder Spritzen des Läuferkäfigs aus Aluminium und die Ausführung des Anlaufkäfigs mit einer höheren Wärmekapazität (mit größerem $s\,G_2$) als der

Digitized by Google

des Kupferkäfigs[3]. Im ersten Falle wird eine gute metallische Verbindung zwischen dem Käfig und dem Läufereisen erreicht, so daß die Anlaufwärme nach dem Eisen abgeführt wird. Im zweiten Falle wird eine kleinere Erwärmung praktisch dadurch erzielt, daß das Gewicht des Anlaufkäfigs vergrößert wird. Wie aus der oben angegebenen Zusammenstellung der elektrischen Leitfähigkeit, des spezifischen Gewichts und der spezifischen Wärme der verschiedenen Materialien hervorgeht, eignet

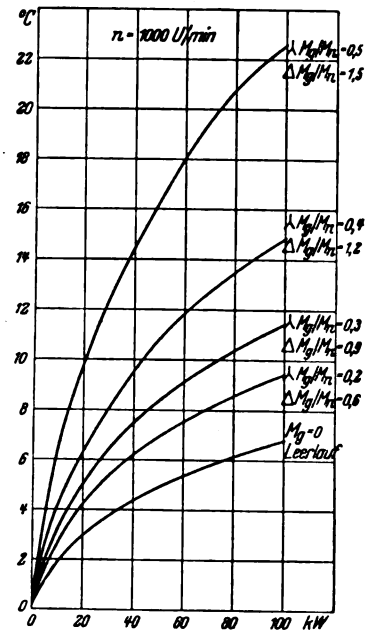


Abb. 17. Läufererwärmung der Doppelkäfigankermotoren für $n = 1000$ U/min in Abhängigkeit von Leistung und Gegenmoment (Drehmomentenverlauf nach Kurve *b*, Abb. 6).

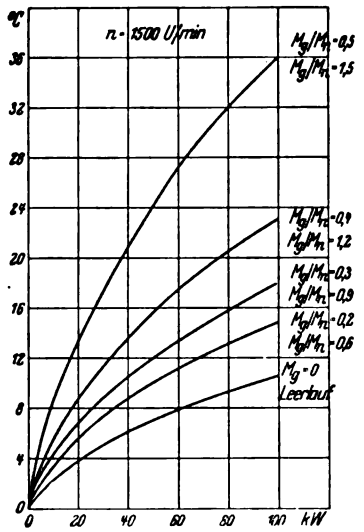


Abb. 18. Läufererwärmung der Doppelkäfigankermotoren für $n = 1500$ U/min in Abhängigkeit von Leistung und Gegenmoment (Drehmomentenverlauf nach Kurve *b*, Abb. 6).

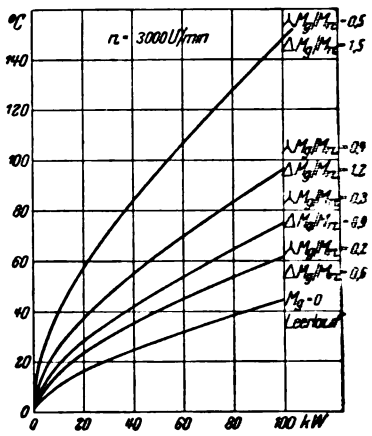


Abb. 19. Läufererwärmung der Doppelkäfigankermotoren für $n = 3000$ U/min in Abhängigkeit von Leistung und Gegenmoment (Drehmomentenverlauf nach Kurve *b*, Abb. 6).

sich Messing oder Bronze gut als Material für den Anlaufkäfig. Bei Messing ist der Quotient $\lambda/s\gamma = 0{,}47$, bei Bronze 0,28 gegenüber 1,61 bei Kupfer, d. h. der Anlaufkäfig aus Messing hat unter sonst gleichen Verhältnissen eine etwa 3.4mal größere Wärmekapazität, der aus Bronze eine etwa 5,8mal größere Wärmekapazität als der Käfig aus Kupfer. Wird daher beim Doppelkäfiganker als Leitermaterial für den Anlaufkäfig Messing bzw. Bronze statt Kupfer gewählt, so wird beim einmaligen Anlassen mit einem und demselben Gegenmoment die Erwärmung des Anlaufkäfigs statt 3,4mal (bei Kupfer) nur $\frac{3{,}4}{3{,}4} = 1$mal (bei Messing) bzw. $\frac{3{,}4}{5{,}8} \approx 0{,}6$mal (bei Bronze) so groß wie die des gewöhnlichen Kurzschlußankers oder des Ankers mit hohen schmalen Stäben. Einen Nachteil bildet hierbei der Umstand, daß sowohl Messing als auch Bronze sich nicht so einwandfrei verarbeiten lassen wie Kupfer.

II. Anlaufwärme und Anlauferwärmung der Ständerwicklung.

Die Erwärmung der Ständerwicklung im Anlauf ist meistens wesentlich kleiner als die der Läuferwicklung. Die Wärme, die nach einmaligem Hochlaufen in der Ständerwicklung entwickelt wird, ist

$$\mathfrak{A}_1 = \left(\frac{\pi}{60}\right)^2 n_s^2\, G\, D^2\, \frac{R_1}{R_{2\sigma'}} \int_{\sigma_e}^{\sigma_a} \frac{\mathrm{d}\sigma}{\frac{1}{\sigma}\left(1 - \frac{M_\sigma/M_n}{M_\sigma/M_n}\right)\frac{R_{2\sigma'}}{R_{2\sigma'}}} \text{ Wattsek.} \qquad (8)$$

Hierin bedeuten

R_1 den Widerstand der Ständerwicklung,

$R_{2\sigma'}$ den auf den Primärkreis reduzierten Widerstand der Läuferwicklung (Anlaufwicklung) beim Schlupf σ und

$R_{2\sigma'}$ den auf den Primärkreis reduzierten Widerstand der Läuferwicklung beim Schlupf $\sigma = 0$ (bei Gleichstrom).

Aus den Gl. (1) und (8) ergibt sich für das Verhältnis der Anlaufwärme der Ständerwicklung zu der der Läuferwicklung

$$\frac{\mathfrak{A}_1}{\mathfrak{A}_2} = \frac{R_1}{R_{2\sigma'}} \frac{\int_{\sigma_e}^{\sigma_a} \frac{\mathrm{d}\sigma}{\frac{1}{\sigma}\left(1 - \frac{M_\sigma/M_n}{M_\sigma/M_n}\right)\frac{R_{2\sigma'}}{R_{2\sigma'}}}}{\int_{\sigma_e}^{\sigma_a} \frac{\mathrm{d}\sigma}{\frac{1}{\sigma}\left(1 - \frac{M_\sigma/M_n}{M_\sigma/M_n}\right)}} \qquad (9)$$

Dementsprechend gilt für das Verhältnis der Erwärmung der Ständerwicklung nach einmaligem Hochlaufen zu der der Läuferwicklung

$$\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} = \frac{s_2 G_2}{s_1 G_1} \frac{R_1}{R_{2\sigma'}} \frac{\int_{\sigma_e}^{\sigma_a} \frac{\mathrm{d}\sigma}{\frac{1}{\sigma}\left(1 - \frac{M_\sigma/M_n}{M_\sigma/M_n}\right)\frac{R_{2\sigma'}}{R_{2\sigma'}}}}{\int_{\sigma_e}^{\sigma_a} \frac{\mathrm{d}\sigma}{\frac{1}{\sigma}\left(1 - \frac{M_\sigma/M_n}{M_\sigma/M_n}\right)}} \qquad (10)$$

1. Gewöhnlicher Kurzschlußankermotor. Beim gewöhnlichen Kurzschlußankermotor ist $R_{2\sigma} = R_{2\sigma'}$ und das Verhältnis der beiden Integrale der Gl. (10) gleich 1. Bei Verwendung von Kupfer als Material der Läuferwicklung ist $s_2 = s_1$ und $\frac{G_2}{G_1}\frac{R_1}{R_{2\sigma'}}$ bei Motoren kleinerer Leistung gleich etwa 0,2, bei Motoren größerer Leistung gleich etwa 0,5. Beim gewöhnlichen Kurzschlußankermotor mit Kupfer im Läufer beträgt also die Erwärmung der Ständerwicklung nach einmaligem Hochlaufen etwa $^1/_5 \ldots {}^1/_2$ der Erwärmung der Läuferwicklung. Ist der Läuferkäfig aus Aluminium oder Messing hergestellt, so beträgt die Erwärmung der Ständerwicklung etwa $(^1/_5 \ldots {}^1/_2) \cdot 1{,}3$ (bei Aluminium) bzw. etwa $(^1/_5 \ldots {}^1/_2) \cdot 3{,}4$ (bei Messing) der Erwärmung der Läuferwicklung.

2. Stromverdrängungsanker-Motor mit hohen schmalen Stäben. Beim Stromverdrängungsanker-Motor mit hohen schmalen Stäben ist normalerweise $s_2 = s_1$; $\frac{G_2}{G_1}\frac{R_1}{R_{2\sigma'}}$ ist gleich etwa 0,2 bei Motoren kleinerer Leistung und gleich etwa 0,5 bei Motoren größerer Leistung. Das Verhältnis der beiden Integrale der Gl. (10) ist nicht gleich 1, sondern für fast alle in Betracht kommenden Gegenmomente gleich etwa 0,5. Beim Stromverdrängungsankermotor mit hohen schmalen Stäben beträgt also die Erwärmung der Ständerwicklung nach einmaligem Hochlaufen nur etwa $^1/_{10} \ldots {}^1/_4$ der Erwärmung der Läuferwicklung.

[3] Die „Vorschriften für die Ausführung schlagwettergeschützter elektrischer Maschinen, Transformatoren und Geräte" schreiben vor: Bei 2poligen Motoren mit besonderer kurzgeschlossener Anlaßwicklung im Läufer — wie z. B. Doppelkäfigmotoren — muß die Anlaßwicklung entweder gegossen (gespritzt) oder die spezifische elektrische Leitfähigkeit des für die Stäbe verwendeten Werkstoffes muß kleiner als 20 sein.

Digitized by Google

3. Doppelkäfigankermotor. Beim Doppelkäfigankermotor ist wie bei den beiden anderen Ankerarten die Erwärmung der Ständerwicklung

$$\Delta T_1 = \left(\frac{\pi}{60}\right)^2 n_s^3 G D^2 \frac{1}{s_1 G_1} \frac{R_1}{R_{2\sigma}'} \int_{\sigma_e}^{\sigma_a} \frac{d\sigma}{\frac{1}{\sigma}\left(1 - \frac{M_g/M_n}{M_\sigma/M_n}\right)\frac{R_{2\sigma}}{R_{2\sigma}'}}, \quad (11)$$

und somit nach Gl. (7) das Verhältnis der Erwärmung der Ständerwicklung nach einmaligem Hochlaufen zu der der Läuferwicklung

$$\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} = \frac{s_a G_a}{s_1 G_1} \frac{R_1}{R_{2\sigma}'} \frac{\int_{\sigma_e}^{\sigma_a} \frac{d\sigma}{\frac{1}{\sigma}\left(1 - \frac{M_g/M_n}{M_\sigma/M_n}\right)\frac{R_{2\sigma}}{R_{2\sigma}'}}}{\int_{\sigma_e}^{\sigma_a} \frac{d\sigma}{\frac{1}{\sigma}\left(1 - \frac{M_g/M_n}{M_\sigma/M_n}\right)\frac{r_a}{R_{2\sigma}}}} \quad (12)$$

Das Verhältnis der beiden Integrale beträgt im Mittel etwa 0,6. Ist das Material der Anlaufwicklung Kupfer, so ist $s_a = s_1$ und $\frac{G_a}{G_1}\frac{R_1}{R_{2\sigma}'}$ ist gleich 40 % bzw. 25 % des Wertes, den diese Größe beim gewöhnlichen Kurzschlußankermotor in Kupferausführung hat, wobei der erste Wert zu den Drehzahlen 1000 und 1500 und der zweite Wert zu der Drehzahl 3000 gehört. Beim Doppelkäfigankermotor für $n = 1000$ und 1500 beträgt also die Erwärmung der Ständerwicklung nach einmaligem Hochlaufen etwa $^1/_{21}$ ... $^1/_8$, bei dem für $n = 3000$ U/min etwa $^1/_{33}$ ... $^1/_{13}$ der Erwärmung der Läuferwicklung. Wir betrachten als Beispiel einen Motor für 30 kW und $n = 3000$ U/min mit einer Anlaufwicklung aus Kupfer. Bei diesem beträgt die Erwärmung der Ständerwicklung nach einmaligem Hochlaufen mit dem Gegenmoment $M_g/M_n = 0{,}3$ in der Sternschaltung etwa 13 ° bei Ausführung des Läufers als gewöhnlicher Kurzschlußanker (Abb. 13), etwa 4 ° bei Ausführung des Läufers als Stromverdrängungsanker mit hohen schmalen Stäben (Abb. 16) und 3 ° bei Ausführung des Läufers als Doppelkäfiganker (Abb. 19).

Hinsichtlich der Erwärmung der Ständerwicklung beim Anlauf sind die Stromverdrängungsanker-Motoren günstiger als der gewöhnliche Kurzschlußankermotor. Eine Gefahr für die Ständerwicklung beim Hochlaufen besteht jedoch normalerweise bei keiner der drei Ankerarten.

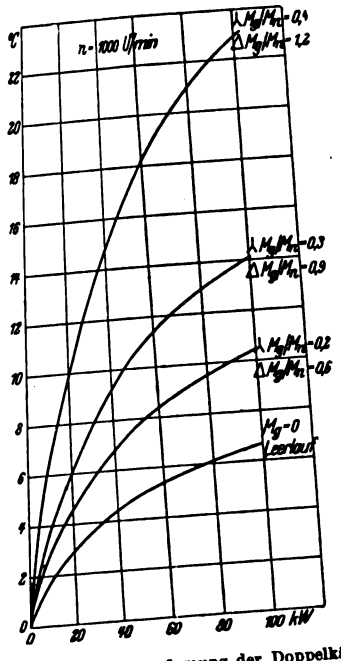


Abb 20. Läufererwärmung der Doppelkäfigankermotoren für $n = 1000$ U/min in Abhängigkeit von Leistung und Gegenmoment (Drehmomentenverlauf nach Kurve *c*, Abb. 6).

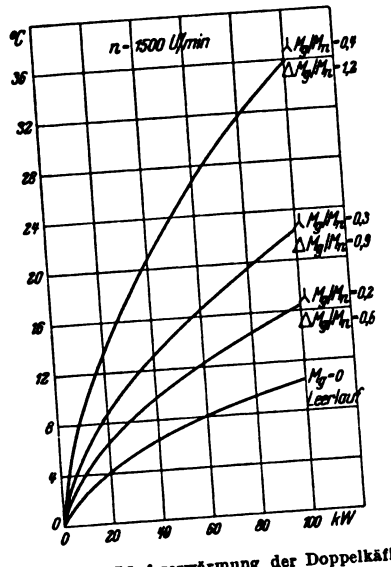


Abb. 21. Läufererwärmung der Doppelkäfigankermotoren für $n = 1500$ U/min in Abhängigkeit von Leistung und Gegenmoment (Drehmomentenverlauf nach Kurve *c*, Abb. 6).

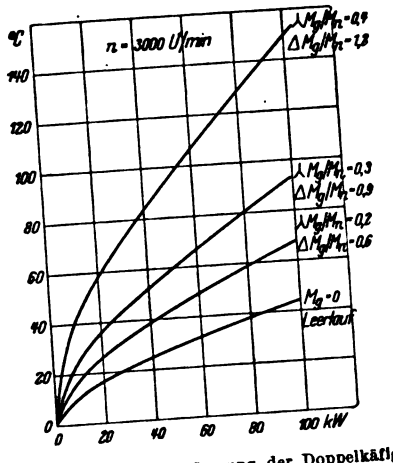


Abb. 22. Läufererwärmung der Doppelkäfigankermotoren für $n = 3000$ U/min in Abhängigkeit von Leistung und Gegenmoment (Drehmomentenverlauf nach Kurve *c*, Abb. 6).

Industrielle Wasserkraftanlagen in Norwegen*.

Von Dipl.-Ing. **Erik Finne**, Oslo.

Die Ausnutzung der Wasserkräfte Norwegens hat bis zu einem gewissen Grade immer in enger Beziehung zu der Verwertung des großen Holzreichtums des Landes gestanden. Anfänglich gewann man die Kraft mittels Wasserräder einfachster Konstruktion und, dem damaligen Stand der Entwicklung entsprechend, in beschränktem Maß. Mehr Nachfrage nach ihr brachten dann die Erfindung der Turbine und die Errichtung von Holzschleifereien. Gerade für diesen Industriezweig lagen die Verhältnisse in Norwegen außerordentlich günstig, weil das in den ausgedehnten Wäldern geschlagene, an und für sich billige Holz sich fast immer auf dem Wasserwege zu den Verwendungsstellen transportieren ließ.

Die Kraftabgabe war aber an den Ort der Gewinnung gebunden, was zur Folge hatte, daß eine wirtschaftliche Verwendung der meisten Energiequellen nicht in Frage kommen konnte. Erst mit der Elektrizität und durch die Erfindungen auf elektrothermischem und elektrochemischem Gebiet waren die Möglichkeit und die Bedingungen für ein wirtschaftliches Ausbauen der Wasserkräfte Norwegens geschaffen. Zwar hatte man sich technische Erfahrung im Bau von Kraftanlagen schon vorher angeeignet, doch stellten die späteren Ausführungen die bis dahin errichteten Werke ganz in den Schatten. In diesem Aufsatz sollen deswegen unter industriellen Wasserkraftanlagen solche großen Umfangs auf elektrothermischem und elektrochemischem Gebiet verstanden werden.

* Der Artikel ist uns schon längere Zeit vor der Zweiten Weltkraftkonferenz zugegangen, wurde aber mit Rücksicht auf die Ausführungen des Herrn Norberg Schulz in dem der Konferenz gewidmeten Heft 24 zurückgestellt. Als Ergänzung zu diesen dürfte er bei denjenigen unserer Leser, die an der IEC-Tagung teilgenommen haben, besonderes Interesse finden. Vgl. auch ETZ 1929, S. 572.

Digitized by Google

In Norwegen gibt es eine ganze Reihe von Wasserkräften mit Gefällstufen von etwa 100 000 PS und mehr[1]. Sie befinden sich im westlichen Teil des Landes, nicht unweit der Fjorde, und haben insofern eine sehr geeignete Lage für die mit Wasserkraft arbeitende Exportindustrie.

Abb. 1 gibt eine Übersicht über die in Norwegen bis Ende 1928 ausgebauten Wasserkräfte mit im ganzen 2,3 Mill PS, von denen auf die elektrothermische und elektrochemische Industrie der recht ansehnliche Betrag von etwa 0,88 Mill PS, auf die Holzindustrie dagegen nur 0,21 Mill PS entfielen. Die Lage der bedeutendsten industriellen Wasserkraftanlagen ergibt sich aus Abb. 2.

Die großindustrielle Verwertung hat etwa 1906 eingesetzt; bis dahin war es jedem Staatsangehörigen erlaubt, Wasserkräfte beliebiger Größe in Norwegen nutzbar zu machen. Heute können solche über 1000 PS oder das Recht zu ihrer Verwertung nicht mehr ohne Konzession erworben werden. Nach dem Gesetz vom 14. XII. 1917 ist es dem König vorbehalten, die Bewilligung dafür zu erteilen, u. zw. nicht auf eine längere Dauer als 60 Jahre.

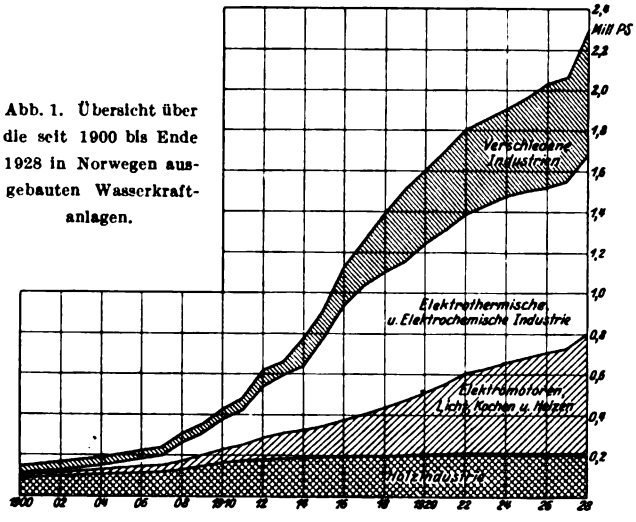


Abb. 1. Übersicht über die seit 1900 bis Ende 1928 in Norwegen ausgebauten Wasserkraftanlagen.

Die Veranlassung zu einer gesetzlichen Regelung des Betriebs von Wasserkraftwerken in Norwegen wurde u. a. durch die damals im Bau befindliche Stickstoffanlage der Norsk Hydro gegeben. Daher möchte ich zunächst dieses Werk kurz besprechen.

1. Gewinnung von Stickstoff.

Die Aufgabe, synthetischen Stickstoff herzustellen, fand ihre Lösung u. a. durch den elektrischten Lichtbogenofen von Birkeland-Eyde. Auf deren Methode fußend, hat die Norsk Hydro-Elektrisk Kvaelstofaktieselskab etwa im Jahre 1906 den Bau einer Versuchsanlage am Notodden begonnen. Mit dem Ausbau der vorhandenen Wasserkräfte am Svaelgfos und Lienfos wuchs die Fabrikanlage von Notodden allmählich heran, bis auf deren Entwicklung die mächtige Anlage am Rjukan folgte mit einer Hydrozentrale von 194 500 PS bei Vemork und einer anderen von 161 000 PS bei Saaheim (Abb. 3). Diese Werke, deren Jahresproduktion 33 000 t gebundenen Stickstoff beträgt, machte die Gesellschaft damals zur Führerin auf dem Gebiet des synthetischen Stickstoffs[2].

Die Wissenschaft hatte sich schon seit einiger Zeit mit dem Problem der direkten Vereinigung von Stickstoff und Wasserstoff zu Ammoniak beschäftigt, zu dessen technischer Lösung es aber erst kam, als Prof. Haber mit der Badischen Anilin- & Sodafabrik (Haber-Bosch-Verfahren) in Verbindung trat. Die dann während des Krieges von der I. G. Farbenindustrie in Deutschland errichtete gewaltige Anlage hat mit ihrer Erzeugung die der Norsk Hydro um das Vielfache überholt. Das Jahr 1927 brachte eine Verbindung letzterer mit der I. G. Farbenindustrie, und im Oktober 1929 war der Betrieb von Norsk Hydro zum größten Teil nach der Methode der I. G. F. umgestellt und einer bedeutenden Erweiterung mit einem neuen Werk auf Häröen am Eidangerfjord (Abb. 4) unterzogen. Die Anlage am Rjukan dient seitdem in der Hauptsache zur elektrolytischen Gewinnung von Wasserstoff, den man dann

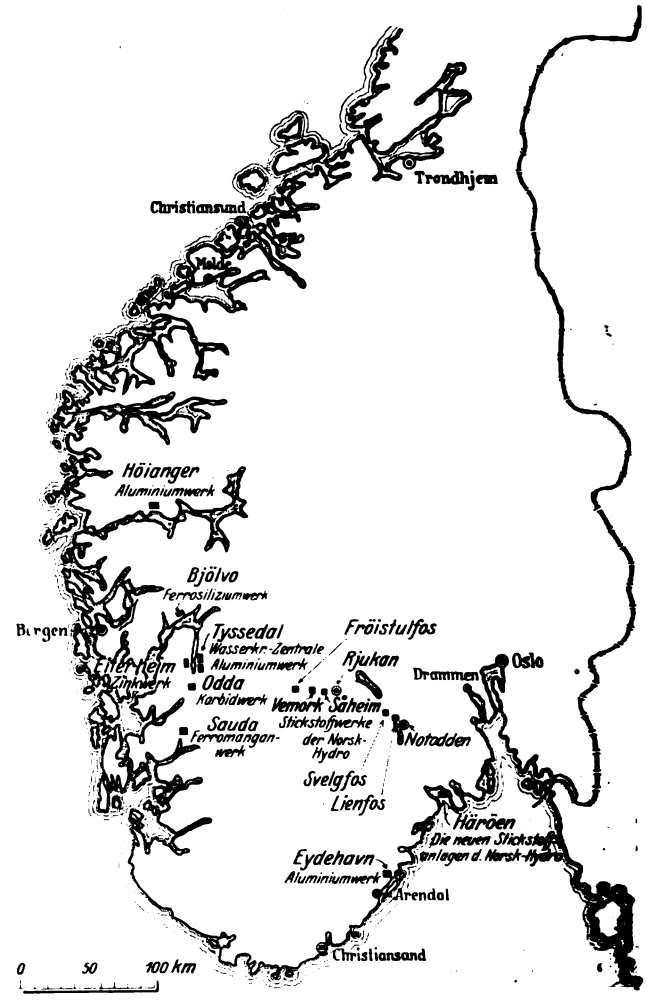


Abb. 2. Lage der wichtigsten industriellen Wasserkraftwerke Norwegens. Norsk Hydro-Elektrisk Kvaelstof AS.: Vemork (194 500 PS), Saaheim (161 000 PS mit 34 200 PS in Fröistulfos), Svaelgfos (60 000 PS), Lienfos (20 400 PS), Häröen. — Det Norske Nitrid AS.: Aluminiumwerke in Eydehavn (25000 PS) und Tyssedal (30 000 PS). — Electric Furnace Products Co., Ltd.: Ferromanganwerk in Sauda (40 000 PS). — AS. Odda Smelteverk: Karbidwerk in Odda (30 000 PS). — AS. Det Norske Zinkkompani: Zinkwerk von Elterheim (30 000 PS). — AS. Bjölvefossen: Ferrosiliziumwerk in Bjölvo (20 000 PS). — AS. Norsk Aluminium Co.: Aluminiumwerk in Hölanger (26 000 PS). — AS. Tyssefaldene: Wasserkraftzentrale Tyssedal (0,1 Mill PS).

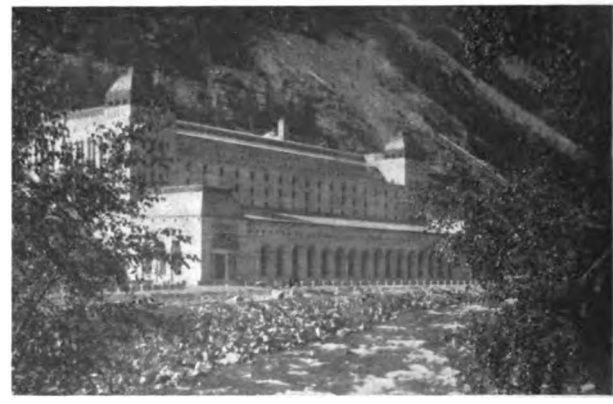


Abb. 3. Wasserkraftwerk der Norsk Hydro-Elektrisk Kvaelstofaktieselskab bei Saaheim.

zu Ammoniak verarbeitet. Das Produkt wird nach Häröen geschafft und dort zu synthetischem Stickstoff weiterverarbeitet.

[1] Z. B. Övre Tysse mit 150 000 PS, Ulla mit 175 000 PS, Auerlandselv mit 200 000 PS.

[2] Nach einem Vortrag von Generaldirektor Dr. A. Aubert der Norsk Hydro im April 1929.

Digitized by Google

Für die Gewinnung stehen einschl. der obengenannten Werke folgende Wasserkräfte von insgesamt 470 100 PS zur Verfügung:

Fröistulfos . . .	34 200 PS	Svaelgfos I u. II .	60 000 PS
Vemork	194 500 „	Lienfos	20 400 „
Saaheim	161 000 „		

Abb. 4. Neue Salpeterfabrik der Norsk Hydro auf Häröen am Eidangerfjord mit von der AEG erbauter Dampfzentrale im Hintergrund.

Seit der Umgestaltung des Betriebs beträgt die gesamte Erzeugung der Norsk Hydro an Stickstoffprodukten 0,5 Mill t im Jahr mit einem Exportwert von 80 Mill Kr.

Abb. 5. Kraftwerk Tyssedal am Hardangerfjord.

2. Gewinnung von Kalziumkarbid usw.

In Norwegen bestehen verschiedene Karbidwerke; das bei weitem größte ist das von Odda am Hardangerfjord.

Abb. 7. Aluminiumwerk in Eydehavn.

Der elektrische Strom wird in der 100 000 PS-Wasserkraftzentrale Tyssedal (Abb. 5) erzeugt und unter einer Spannung von 10 kV nach Odda übertragen.

Ähnliche Elektroöfen, wie sie für die Karbidgewinnung dienen, finden zum Schmelzen von Ferrosilizium Verwendung. Damit beschäftigt sich ein Werk in Björvo, ebenfalls am Hardangerfjord, von etwa 20 000 PS. Ferner ist die Elektroschmelzanlage in Sauda am Ryfylkefjord (Abb. 6) zu erwähnen, die auf Mangan arbeitet und über zwei Öfen von je 20 000 PS verfügt. Den Strom liefern zwei Wasserkraftwerke von 10 000 bzw. 30 000 PS. Eine dritte Anlage an demselben Fluß mit zwei Maschinensätzen von je 30 000 PS dürfte im Lauf dieses Jahres vollendet werden.

Abb. 6. Manganwerk in Sauda am Ryfylkefjord.

3. Gewinnung von Aluminium.

Die Gewinnung von Aluminium geschieht elektrolytisch, wobei heute als Rohstoffe reine, aus Bauzit erzeugte Tonerde, ferner Kryolith (Natriumaluminiumfluorid) und evtl. Kochsalz dienen, das Einschmelzen durch Widerstandserhitzung.

Von Aluminiumwerken gibt es in Norwegen vier größere Anlagen mit einer Kapazität von insgesamt 105 000 PS, die sich auf die Werke in Eydehavn (Abb. 7), Tyssedal, Höianger (Abb. 8) und am Glomfjord[3] (Abb. 9) mit bzw. 25 000, 30 000, 26 000 und 24 000 PS verteilen.

4. Gewinnung von Zink.

Der elektrolytischen Gewinnung von Zink standen lange Zeit verschiedene Schwierigkeiten entgegen. Durch die 50 000 kW-Anlage der Anaconda Copper Mining Co. an den Great Falls in Montana (U. S. A.)[4] ist sie aber nun im großindustriellen

[3] Im nördlichen Teil von Norwegen gelegen (24 000 PS).
[4] El. World, Bd. 90, 1927, S. 837.

Digitized by Google

Maß verwirklicht. Eine entsprechende Anlage in Eiterheim bei Odda wurde im November 1929 dem Betrieb übergeben. Den Strom liefert die Zentrale Tyssedal.

Die Bedeutung der verschiedenen Industrieprodukte für die Elektrizitätswirtschaft Norwegens ist aus folgender Zusammenstellung ersichtlich:

Produkt	Verfahren	Verbrauch in kWh/t
Aluminium	Elektrolytisch	30 000
Kalziumkarbid	Elektrothermisch	4 000
Ferro-Mangan (76 %)	„	5 000
„ -Silizium (50 %)	„	5 000
„ „ (75 %)	„	10 000
Salpetersäure	„	17 500
Zink	Elektrolytisch	4 000

Die Bedingungen für die Gewinnung der genannten Produkte sind in Norwegen außerordentlich günstig, da den angeführten Werken die elektrische Arbeit zum Preis

Abb. 8. Anlage zur Gewinnung von Aluminium in Hölanger am Soynefjord.

von etwa 0,3 ... 0,5 Öre/kWh oder im Durchschnitt zu etwa 0,4 Öre, entsprechend 35 Kr je 1 kW und Jahr, zur Verfügung steht. Zieht man ferner noch die Größe der in Norwegen wirtschaftlich ausbaubaren Wasserkräfte — sie

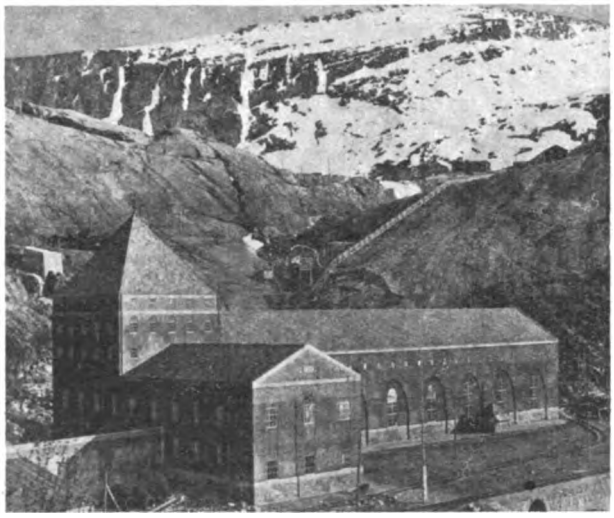
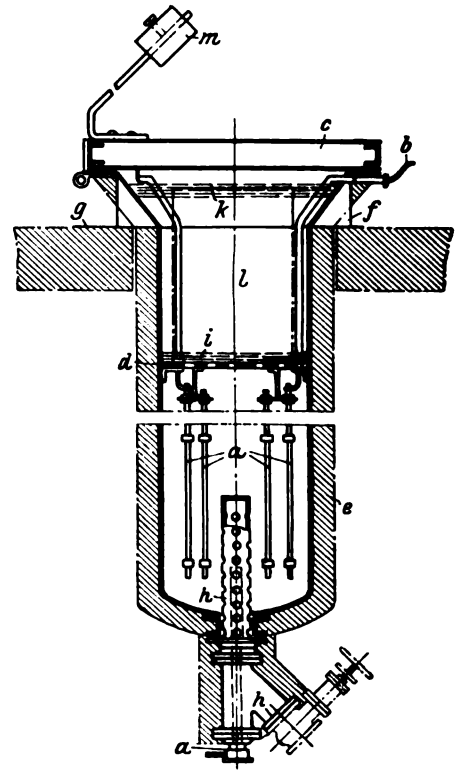


Abb. 9. Das staatliche 80 000 kW-Kraftwerk Glomfjord in Nordland; seine elektrische Arbeit dient z. Z. der Herstellung von Aluminium.

werden auf etwa 10 ... 12 Mill PS geschätzt — in Betracht, so ist vorauszusehen, daß solche industrielle Anlagen, die an große Strommengen gebunden sind, auch in der Zukunft ihren Weg nach Norwegen finden werden, wenn sonst die Verhältnisse im Lande den Anforderungen entsprechen.

Elektrisch beheizter Kessel zum Schmelzen von Kabelfüllmasse.

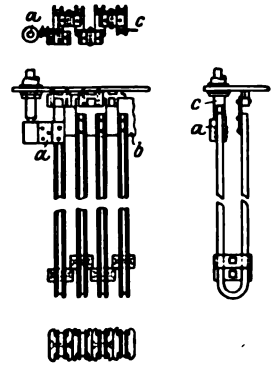
Beim Schmelzen von Kabelfüllmasse und von Asphalt kommt es auf gleichmäßige Wärmeverteilung an. Der in Abb. 1 dargestellte Tank[1] ist so eingerichtet, daß er in einem Stockwerk gefüllt und daß das Schmelzgut in dem darunterliegenden Stockwerk abgelassen werden kann.



a Heizelemente *e* Wärmeisolierung *i, k* Flüssigkeitspiegel
b Zuleitung *f* Stütze *l* Raum für feste Füllmasse
c Deckel *g* Fußboden *m* Gegengewicht
d Auflageplatte *h* Ablaßrohr

Abb. 1. Schmelzkessel für Kabelfüllmasse.

Die Wandung des Tanks besteht aus Kesselblech, das von einer Wärmeschutzisolation umgeben ist. Im Innern befindet sich eine durchbrochene Platte, auf die die feste Füllmasse gelegt wird. Darunter sind die Heizelemente als U-Profile angeordnet, bei denen der nötige Abstand durch Isolatoren gewahrt wird (Abb. 2). Die Stromzu-



a Klemme
b Träger der Heizelemente
c Befestigungskörper

Abb. 2. Heizelemente.

führung geschieht durch den Füllraum hindurch. Der Heizkörper mit der Aufnahmeplatte für die feste Füllmasse kann nach oben herausgezogen werden, ohne den Tank zu leeren. Der Apparat wird in Größen für 50 ... 250 kg Schmelzgut hergestellt von der amerikanischen Firma H. O. Swoboda, Inc. El. and Mech. Engs., Pittsburgh. *fi*

[1] Fuels and Furnaces, Febr. 1930.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Hebezeuge und Massenförderungen.

Amerikanischer Eimerseilbagger. — In Amerika hat in den letzten Jahren die Entwicklung der Löffel- und Eimerseilbagger für große Leistungen ungewöhnliche Fortschritte gemacht. Während man noch vor wenigen Jahren Bagger von etwa 5 m³ Löffel- bzw. Kübelinhalt zu den Größtausführungen zählte, ist man heute bereits zu einem Fassungsvermögen von 9 m³, ja sogar von 12 m³ übergegangen. Für den Antrieb wird allgemein Leonard-Schaltung verwandt, deren höhere Anschaffungskosten durch Ersparnisse im Stromverbrauch und durch die gute Regelfähigkeit bald ausgeglichen werden. Der

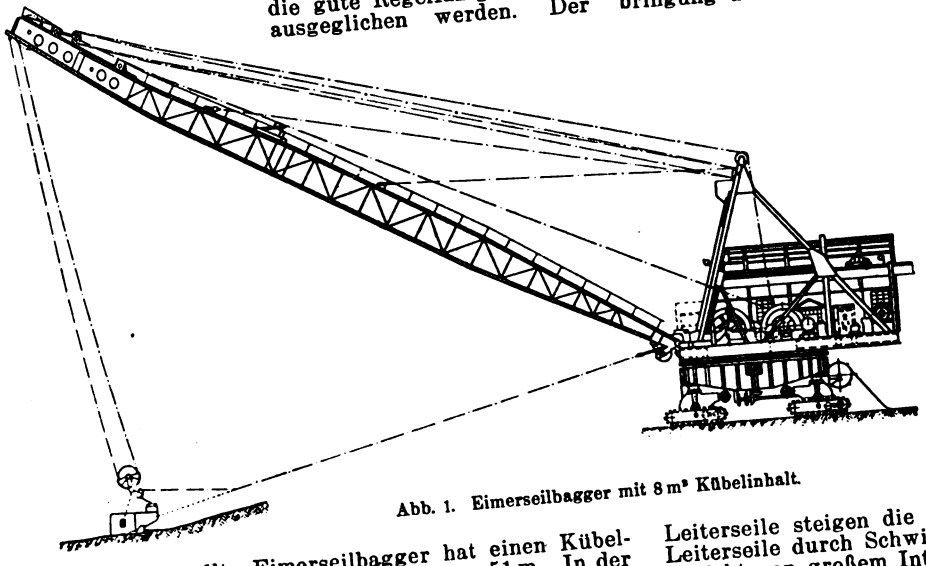
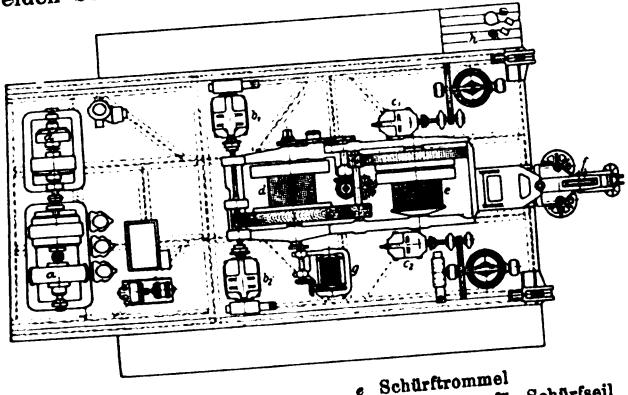


Abb. 1. Eimerseilbagger mit 8 m³ Kübelinhalt.

in Abb. 1 dargestellte Eimerseilbagger hat einen Kübelinhalt von 8 m³ und eine Auslegerlänge von 51 m. In der Mitte der Maschinenplattform (Abb. 2) befindet sich je eine Trommel für das Hub- und Schürfseil, während zu beiden Seiten die Hub- und die Drehwerkmotoren angeordnet sind. Der Umformer steht am Ende der Plattform. Ein 15 t-Laufkran ist ebenfalls vorgesehen; seine Fahrbahn ragt über das Haus hinaus, so daß das Ein- und Ausbringen von Maschinenteilen sehr erleichtert wird. Der Schürfbereich kann bei geschickter Arbeitsweise über die Auslegerlänge von 51 m hinaus noch etwas erweitert werden, wenn man den Kübel über die Auslegerspitze hinausschleudert. Wenn es darauf ankommt, ungewöhnlich große Bodenmassen zu bewältigen, haben sich diese großen Bauarten günstiger erwiesen als die Aufstellung einiger kleinerer Bagger; doch dürfte es noch eine ganze Reihe von Fällen geben, wo unsere neuen deutschen Abraumförderverfahren auch für große Leistungen zweckmäßiger sind. (W. Franke, Z. VDI Bd. 73, S. 577.) *Ka.*



a Umformer
*b*₁, *b*₂ Hubmotoren
*c*₁, *c*₂ Drehwerkmotoren
d Hubtrommel
e Schürftrommel
f Seilführung für Schürfseil
g Einziehwerk
h Führerstand

Abb. 2. Maschinenplattform des Baggers.

Leitungen.

Leitungsschwingungen. — Th. Varney berichtet kurz über Schwingungsversuche an Leitungseilen, wie sie in der Elektrotechnik für Freileitungen mit großen Spannweiten und für hohe Spannungen Verwendung finden. Die Versuche wurden vorgenommen, um die Einwirkung der Schwingungen, wie sie in Freileitungseilen, besonders bei solchen größeren Durchmessers, öfters beobachtet worden sind, zu studieren. Es wird eine einfache Dämpfungsvorrichtung, die an Hängeklemmen angebracht werden kann, beschrieben. Diese Vorrichtung hat sich in dreijährigem Betriebe gut bewährt. Leitungsbrüche an den Klemmen sind während dieser Zeit nicht eingetreten. Vor der Anbringung dieser Vorrichtung waren Brüche bereits nach zwei bis drei Monaten Betriebsdauer der Leitung eingetreten. Es wird eine Theorie über die bei Schwingungen auftretende Zusatzbeanspruchung in den Seilen aufgestellt und an Hand dieser die maximale Beanspruchung in den schwingenden Seilen berechnet. Für unsere europäischen Hochvoltleitungen ist diese Schwingungsfrage von außerordentlich großer Wichtigkeit[1]. An Seilen bis etwa 16 mm Durchmesser sind wohl früher vereinzelt Brüche durch Schwingungen aufgetreten, denen z. B. bei Aluminiumleitungen an Stützenisolatoren durch Umwicklung der Seile an der Befestigungsstelle mit Band begegnet wurde, aber mit der Vergrößerung des Durchmessers der Leiterseile steigen die Gefahren durch Überlastung der Leiterseile durch Schwingungen, so daß der vorstehende Bericht von großem Interesse ist. Ausführlicher Bericht kann durch die Aluminium Company of America, Pittsburgh, Pa., bezogen werden. (Th. Varney, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 47, S. 345.) *By.*

Beleuchtung.

Die amerikanische Beleuchtungstechnik im Jahre 1929. — Die Produktion elektrischer Glühlampen ist im letzten Jahre wieder stark angestiegen. Verkauft wurden 340 Mill große und 292 Mill kleine Lampen, das entspricht einer Zunahme gegenüber 1928 von 5,5 bzw. 14,5 %. Der Verkaufspreis wurde weiter herabgesetzt. Für Bestrahlungszwecke ist die ultravioletts trahlende „sun-lamp" konstruiert worden, bei welcher Licht und Wärme in erster Linie durch einen Wolframglühdraht, die UV.-Strahlung durch einen zwischen Wolframelektroden in Quecksilberdampf brennenden Lichtbogen hervorgerufen wird. Der UV.-durchlässige Lampenkolben hat die normale Kolbenform und normalen Sockel. Verbrauch beim Zünden 9 A bei 30 V und beim stationären Brennen 30 A bei 11 V.

Um bei der Verwendung hochkerziger Speziallampen die lästige Wärmestrahlung unschädlich zu machen, ist eine Armatur entwickelt worden, bei welcher die ganze Lampe in ein gläsernes Gefäß eingetaucht ist, welches mit einer die langwellige Wärmestrahlung absorbierenden Flüssigkeit gefüllt ist. Oberhalb der Lampe befindet sich in der Flüssigkeit eine von Kühlwasser durchflossene Kühlschlange, so daß die Absorptionsflüssigkeit selbst nicht verunreinigt werden kann. Bei einer 1500 W-Lampe konnte auf diese Weise 75 % der der Lampe zugeführten Energie als Wärme abgeführt werden bei einem Lichtverlust von nur 5 ... 7 %. — Das Entfernen des stark lichtabsorbierenden Wolframbeschlages auf der Innenseite stark belasteter Projektionsglühlampen ist mit Erfolg versucht worden durch Einführung grobkörnigen Wolframpulvers in die Lampe, welches beim Schütteln der Lampe den Beschlag auf mechanischem Wege entfernt.

In der Architektur kann ein immer engeres Zusammenarbeiten zwischen Architekt und Lichtingenieur festgestellt werden, so daß sich in steigendem Maße die Beleuchtungseinrichtungen dem ganzen Bau harmonisch

[1] Vgl. a. Thoma, ETZ 1930, S. 765.

Digitized by Google

eingliedern. — In der Automobilscheinwerfer-Beleuchtung sind weitere Verbesserungen erzielt worden, um ein blendungsfreies und trotzdem genügend starkes Scheinwerferlicht zu erhalten. Der Verbrauch der Autolampen von 29 HK hat sich im letzten Jahre verdoppelt, und es ist zu hoffen, daß diejenigen Staaten der USA, welche die Helligkeiten der Lampen bisher noch auf 19 HK beschränkt haben, auch die 29 HK-Lampen zulassen werden. — Die Lichtanlagen der Straßenverkehrsregelung sind weiter verbessert und vereinheitlicht worden. Die größte Anlage ist im letzten Jahre in Pittsburgh eingerichtet worden mit 86 Unterteilungen.

In der Flugbeleuchtung wurden die Normen der USA jetzt auch von der kanadischen Regierung übernommen, doch werden hier die Leuchtfeuer vorläufig noch weiter auseinander aufgestellt[1]. Für die Richtungsfeuer mit 500 W-Lampen wurden in den USA die Scheinwerferdurchmesser von 38 cm auf 46 cm erhöht. Als Abschlußscheiben dienen 2 Fresnel-Linsen, eine große weiße und eine kleinere farbige. Die Feuer an Orten, an denen keine Landung vorgenommen werden soll, erhalten rotes Licht, die Feuer an kleineren Zwischenplätzen, an denen auch gelandet werden kann, grünes Licht. An Orten, an denen der große rotierende 61 cm-Scheinwerfer nicht aufgestellt werden kann, finden Leuchten Verwendung, bei denen sich in einer Fresnel-Optik 2 Lampen übereinander befinden, deren Blinken durch eine besondere Vorrichtung erreicht wird. (Gen. El. Rev. Bd. 33, S. 60.) *Schb.*

Elektrische Antriebe.

Einzelantrieb oder Gruppenantrieb von Werkzeugmaschinen? — An Hand des Ergebnisses zahlreicher durchgeführter Vergleichsmessungen weist K. Meller die wirtschaftliche Überlegenheit der Elektro-Werkzeugmaschine gegenüber der Transmissions-Werkzeugmaschine nach. Eine Gegenüberstellung der Wirkungsgrade, die an Drehbänken und Bohrwerken gemessen sind, zeigt Abb. 3. Man sieht daraus den Wirkungsgrad in Abhängigkeit von der Nutzleistung bei verschiedener Ausnutzung der Werkzeugmaschine. Hierbei stellt der Ausnutzungsfaktor c das Verhältnis der tatsächlichen Arbeitszeit zur gesamten Schichtzeit dar. Da im Durchschnitt die meisten Maschinen nur etwa eine Ausnutzung von 0,5, also von 50 %, aufweisen, zeigt die Gegenüberstellung die wesentlich günstigeren Wirkungsgrade, die sich bei der Verwendung des technisch richtigen Einzelantriebes ergeben. Weiterhin werden Zerspanungsvergleiche an Werkzeugmaschinen mit Einzelantrieb und mit Transmissionsantrieb gezeigt, ebenso der Einfluß der Transmission und Riemen auf die Beleuchtung. Die wesentlichsten Werkzeugmaschinentypen werden mit ihrem wirtschaftlichen Einzelantrieb dargestellt. (K. Meller, Siemens-Z. Bd. 9, S. 677.) *Sb.*

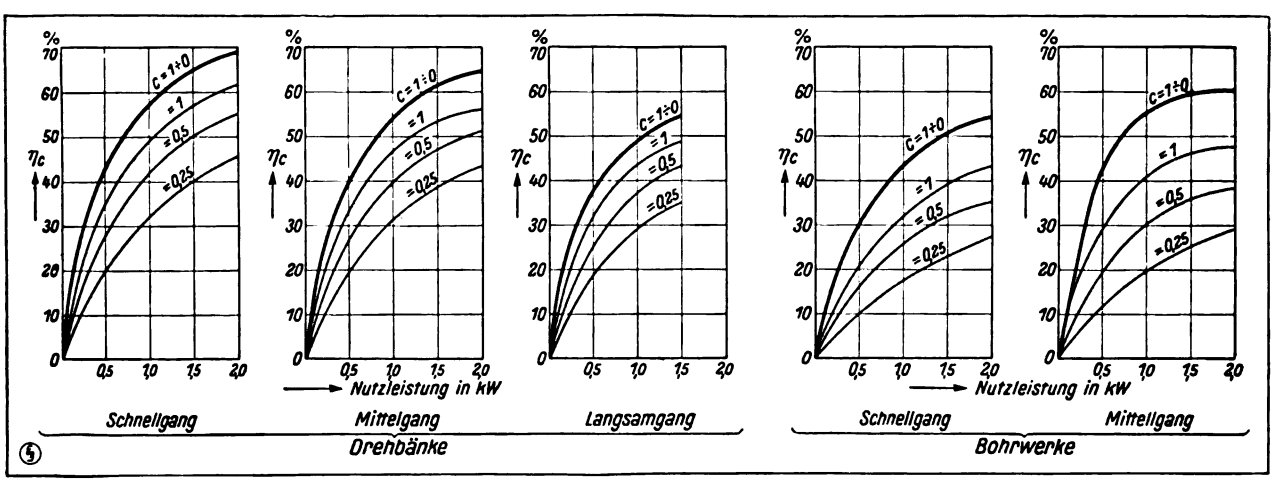
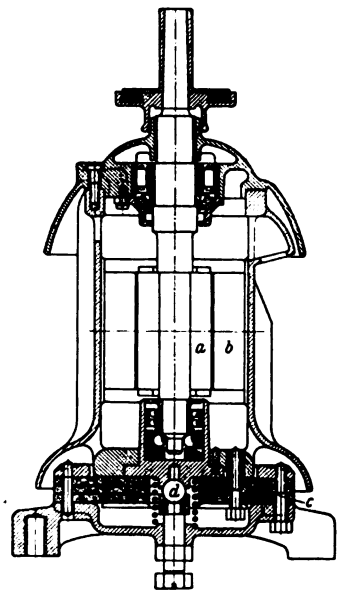


Abb. 3. Gesamtwirkungsgrade von Drehbänken und Bohrwerken.

Motoren zum Antrieb von Spinnzentrifugen. — Die zur Herstellung künstlicher Seide verwendeten Spinnzentrifugen haben entweder ein nachgiebiges Verbindungsglied zwischen Motor und Spindel[2] oder sind, wenn eine starre Verbindung besteht, elastisch abgestützt. Bei der letzteren Ausführung ist die mit der Entwicklung von stabilisierenden Gegenmomenten verbundene erforderliche Präzessionsbewegung nur unter Mitnahme des Motorgehäuses möglich, das durch die Lager mit dem drehenden Teil verbunden ist. Dabei wird allerdings ein Teil des Gegenmomentes in Beschleunigungsarbeit der nicht umlaufenden Teile verwandelt. Abb. 4 stellt eine derartige Konstruktion dar. Das Fehlen nachgiebiger Verbindungsteile zwischen Motor und Topfwelle gibt eine höhere Sicherheit gegen Betriebstörungen, und bei geeigneter Abfederung kann man die zum Beschleunigen der nicht umlaufenden Teile erforderliche Arbeit so klein machen, daß der größte Teil des stabilisierenden Gegenmomentes nutzbar wird. Im übrigen läßt die Konstruktion den Schutz der Motorwicklung gegen herunterfließende Säure erkennen. Die Lufteintritts- und -austrittsöffnungen des Gehäuses sind überdeckt. Das Kriechen der Salze, die auf Metalle und Isolation zersetzend wirken, kann durch passenden Anstrich praktisch verhindert werden. Eine Steigerung der Drehzahl über 8000 ... 10 000 U/min, wie sie von manchen Seiten im Interesse einer Erhöhung der Erzeugung erstrebt wird, bietet schon rein spinntechnisch Schwierigkeiten. Auf jeden Fall empfiehlt es sich, in diesem Fall von der starren Bauart abzusehen und die theoretisch bessere Ausführung mit geteilter Welle anzuwenden. (H. Schulmann, Z. VDI Bd. 73, S. 1393.) *Ka.*



a Anker *c* Gummistützung
b Ständer *d* Kugelstütze

Abb. 4. Antriebsmotor für Spinnzentrifuge.

Werkstatt und Baustoffe.

Eine verstellbare Profillehre. — Profile nach bereits verhandenen Mustern nachzuliefern, ist sehr oft eine recht undankbare Aufgabe; noch so peinliches Abmessen und Nachzeichnen genügen oft nicht, um das nachzuliefernde Stück genau dem vorhandenen anzupassen. Diesem Übelstande hilft eine Erfindung ab, mittels welcher man ohne Mühe die kompliziertesten Profile abnehmen kann. Das Werkzeug ist eine verstellbare Lehre[1] und besteht aus

[1] Vgl. a. ETZ 1930, S. 513 u. 579.
[2] Vgl. ETZ 1927, S. 237.

[1] DRP. angem.

Digitized by Google

einem Aluminiumrahmen mit feinen 0,175 mm dicken Streifen aus Hartmessing oder nicht rostendem Stahl, welche durch zwei Klemmschrauben festgehalten werden (Abb. 5). Um von einem Gegenstande die genauen Umrisse abzunehmen, wird das Gerät leicht gegen das betreffende Profil gepreßt, worauf sich die Messingstreifen diesem genau anpassen. Durch Festschrauben der beiden Klemmen werden die Streifen festgehalten und die Lehre ist, wie aus Metall geschnitten, in positiver und negativer Form da, wie Abb. 5 zeigt. Die Verwendungsmöglichkeit dieser Lehre in der Werkstatt ist recht vielseitig, nachstehend seien einige Möglichkeiten genannt: Abnahme der Konturen eines Gegenstandes und Nachzeichnen desselben auf Papier, Holz usw., Anfertigung von Modellen und Werkzeugen, Einpassen eines Holz- und Metallteiles in einen komplizierten Gegenstand, Abnehmen der genauen Maße und Formen eines Maschinenteiles, Nachkontrolle einer in der Drehbank sitzenden Arbeit, Prüfung auf Abnutzung eines Werkzeuges, Maschinenteiles, von Rädern oder Schienen; in Porzellan- und Tonwarenfabriken dient die Lehre zur Anfertigung von Formen oder zum Kopieren von Gegenständen. Die Lehre wird wie folgt geliefert:

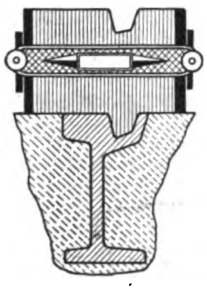


Abb. 5. Verstellbare Profillehre.

Meßbreite:	100,	150,	225,	300	mm
Höhe:	100,	100,	190,	190	„ .

Für die Feinmechanik, die Uhren- und Schlüsselindustrie ist die verstellbare Profillehre in einer Meßbreite von 50 und einer Höhe von 80 mm vorgesehen. Nähere Auskunft über das Gerät erteilt E. Walter, Berlin-Wilmersdorf, Badensche Straße 46. *fi*

Verschiedenes.

Experimentelle und histologische Untersuchungen über die Blutstillung durch Hochfrequenzstrom[1]. — Hochfrequenzströme mit entsprechend hoher Frequenzziffer gestatten ein nahezu blutfreies Operieren. Untersuchungen über den Mechanismus dieser Blutstillung fehlen bis jetzt. Im Experiment lassen sich auch große Gefäße wie die Schenkelschlagader des Hundes in der Leistenbeuge durch Koagulation von einer Klemme aus zum Verschluß bringen, doch nur um den Preis ausgedehnter Gewebsnekrosen und auf die Gefahr einer Nachblutung hin. Die Domäne der Hochfrequenzchirurgie sind die kleinen Gefäße und die Kapillaren, deren Blutung vor allem Blutverlust bei der Operation und Unübersichtlichkeit des Operationsfeldes bedeuten. An parenchymatösen Organen, wie Leber, Milz, Niere, Gehirn, machte bisher die Blutung aus diesen Kapillaren größere Eingriffe fast unmöglich. Hier bedeutet die Einführung des messerlosen elektrischen Schneidens einen grundsätzlichen Fortschritt. Bei der Durchtrennung mit der Operationselektrode, an der in der Sekunde 20 000 Funken und mehr überspringen, werden die Wände der Kapillaren durch einen feinen Koagulationssaum ausgefällter Eiweißsubstanzen verschlossen. Auch bei kleinen Gefäßen gelingt dieser Verschluß, bei größeren Gefäßen tritt unter dem thermischen Reiz eine Kontraktion und Retraktion des Gefäßendes ein. Auf diese Weise wird ein wirksamer Verschluß durch gegenseitige Verflechtung der Wandschichten als 2. Verschluß nach dem Koagulationssaum angebahnt. Der endgültige Gefäßverschluß erfolgt durch die normale Blutpfropfbildung, die in der Zeit vom 2. bis 3. Tag an die endgültige Blutstillung bewerkstelligt. Die der Durchtrennungslinie benachbarten Zellschichten verfallen dem Untergang. In der Demarkationszone dieses absterbenden Gewebes fällt eine eigenartige mähnenartige Anordnung und Längsausziehung der Zellzüge auf, die als eine Art Strommarke im Gewebe gedeutet wird. Das messerlose Operieren mit der Hochfrequenzelektrode bedeutet einen wichtigen Fortschritt für die Chirurgie, vor allem auch bei der Behandlung bösartiger Geschwülste und beim Operieren im hochgradig entzündlichen Gewebe.

K. H. Bauer, Göttingen.

Die amerikanischen Sicherheitsvorschriften[2]. — Die Vorschriften enthalten Soll- und Muß-Bestimmungen sowie Empfehlungen. Sie umfassen fünf Teile:

1. Regeln für die Einrichtung und die Instandhaltung von elektrischen Zentralen,
2. Regeln für die Errichtung und Instandhaltung von ober- und unterirdischen Speise- und Verteilungsleitungen,
3. Regeln für die Installation und Instandhaltung von elektrischen Verbrauchseinrichtungen,
4. Regeln für den Betrieb von elektrischen Leitungen und Apparaten,
5. Regeln für die Installation von Radioanlagen.

Diesen Regeln ist ein kurzer Abschnitt mit Erläuterungen der besonderen Fachausdrücke sowie ein Abschnitt über Regeln für die Anwendung und Ausführung von Schutzerdungen an Stromsystemen, Stromerzeugern, Stationsblitzableitern, Leitungen und elektrischen Stromverbrauchern sowie Apparaten vorausgesetzt. Diese Erdungen betreffen nicht die Erdungen der Rückleitungen elektrischer Bahnen und Blitzschutzseile. Sie finden außer für Neuanlagen auch für bestehende Anlagen nach einer behördlicherseits festzulegenden Zeit Anwendung. Abweichungen können gegebenenfalls durch die Aufsichtsbehörden zugelassen werden. Von den Bestimmungen seien einige besonders hervorgehoben: In Gleichstromanlagen soll der Mittelleiter an einem oder mehreren Speisepunkten geerdet werden, in Zweileiteranlagen nur in der Zentrale allein! In Wechselstromanlagen erfolgt die Erdung in der Nähe der Station oder durch Anschluß an den an mehreren Stellen geerdeten Phasenleiter oder Nullleiter. Die Erdungen sollen so angeordnet werden, daß im normalen Betriebe nur unbedeutende Ströme durch die Erdleitungen fließen.

Besondere Schutzerdungen an den nicht stromführenden Konstruktionsteilen der Apparate werden nicht gefordert, wenn die Erdung durch Anschluß an die Kabelmäntel, an den geerdeten Leiter des Stromkreises oder an die Metallkonstruktion des Gebäudes erfolgt. Wenn irgend möglich soll die Erdung durch Anschluß an die Wasserleitungen erfolgen. Dies sollte immer gestattet werden, da eine solche Erdung den größten Schutz für Leben und Eigentum bedeutet und kein Nachteil für das Rohrsystem ist.

Im Gegensatz zu den deutschen Vorschriften, die die Bemessung der Erdungen von den abzuleitenden Strömen abhängig machen, verlangen die vorliegenden Vorschriften ganz allgemein für Erdungen an Wasserleitungen maximal 3 Ω, für künstliche Erdungen maximal 25 Ω, und wo dieser Widerstand nicht mit einfachen Mitteln zu erzielen ist, werden die Abmessungen der Erder vorgeschrieben. Alle Erder sollten regelmäßig kontrolliert werden. Blitzableitererdungen sollen getrennt von anderen Erdungen angelegt werden, mindestens 6 m.

Wo und wann geerdet werden soll, wird unter den einzelnen Hauptteilen der Vorschriften angegeben.

Der erste Teil umfaßt 9 Abschnitte: Der erste behandelt die allgemeinen Schutzmaßnahmen in Kraftwerken, Unterwerken, Anordnung und Beschaffenheit der Räume, Beleuchtung derselben, Anzahl der Ausgänge, Treppenausgänge, Feuerschutzanordnung der ölgefüllten Apparate, Schalter, Transformatoren, Überspannungschutz. — Im 2. Abschnitt wird über die Schutzmaßnahmen der Einrichtungsteile, wie mechanischer Schutz der Wellen, Riemen und sonstiger bewegter Teile und Schutzerdung gegen Berührungspannungen an nicht zu den Betriebstromkreisen gehörenden Anlageteilen gesprochen. Es ist hervorzuheben, daß die nicht stromführenden Anlageteile bei Spannungen von mehr als 150 V gegen Erde und in gefährdeten Räumen auch bei geringeren Spannungen geerdet werden müssen. In solchen Räumen mit Spannungen über 150 V gegen Erde können auch andere Schutzmaßnahmen angewendet werden. Die deutschen Vorschriften schreiben nur Erdungen in trockenen Räumen über 250 V vor. Anlagen mit mehr als 750 V müssen mit Einrichtungen versehen werden, die eine Erdung der spannungführenden Teile im spannungslosen Zustande ermöglichen.

Der 3. Abschnitt schließt die rotierenden Anlageteile, wie Generatoren, Motorgeneratoren, Umformer, ein. In Fällen, wo eine Überschreitung der normalen Geschwindigkeit möglich ist, sind Vorrichtungen, die diese Überschreitung begrenzen, vorgeschrieben. — Der 4. Abschnitt betrifft Akkumulatoren. — Der 5. Abschnitt behandelt Transformatoren, Induktionsregler, Regulatoren, Widerstände, Erdschluß-Prüfeinrichtungen und ähnliche Einrichtungen. — Der 6. Abschnitt umfaßt kurz den Schutz der Leitungen gegen elektrische Überlastung, gegen mechanische Beschädigung und gegen Feuer und Blitze. — Der 7., 8. und 9. Abschnitt betreffen Sicherungen, Automaten, Schalterkontroller, Schaltanlagen, Überspannungsableiter, die in Freileitungsanlagen mit mehr als 7500 V vorgesehen werden sollen.

Der zweite Teil enthält in 10 Abschnitten die Regeln für Errichtung und Instandhaltung von oberirdi-

[1] Vortrag vor dem Chirurgenkongreß, Berlin 1930, I. Sitzungstag.
[2] Bureau of Standards, Handbook Nr. 3.

Digitized by Google

schen und unterirdischen Speise- und Verteilungsleitungen (einschließlich Telephonleitungen). Der 1. Abschnitt umfaßt Inhalt, Art und Anwendung der Regeln. — Der 2. Abschnitt enthält kurz die Forderungen allgemeiner Art, die an ober- und unterirdische Leitungen gestellt werden müssen. In ländlichen Gebieten müssen die in Reichhöhe liegenden nicht stromführenden Anlageteile geerdet werden, wenn sie von nicht hierzu bevollmächtigten Personen berührt werden können. Kabelmäntel und Kabel mit nicht mehr als 300 V gegen Erde, wenn sie gegen Übertritt von höheren Spannungen geschützt sind, brauchen nicht geerdet zu werden. — Der 3. Abschnitt behandelt die Beziehungen der verschiedenen Arten von Leitungen zueinander, beispielsweise in bezug auf die relative Höhenlage der Leitungen verschiedener Art, wie Verteilungsleitungen und Speiseleitungen verschiedener Spannungen an denselben oder verschiedenen Masten. — Der 4. Abschnitt behandelt die Abstände der Leitungen voneinander und allen möglichen Konstruktionsteilen, von der Erde, von Bahngleisen, Straßen, Gebäuden, Hydranten usw. Diese Bestimmungen sind sehr umfangreich, von 124 Seiten Freileitungsvorschriften umfassen sie allein 34. — Der 5. Abschnitt behandelt die Einteilung der Leitungen nach Gefahrenklassen — hinsichtlich der zulässigen Beanspruchungen der Konstruktionsteile und der Bemessung der Isolatoren. Für Speise- und Verteilungsleitungen gelten die Klassen A, B, C und N, für die Verteilungsleitungen einschließlich Telephonleitungen gelten die Klassen D, E und N. — Der 6. Abschnitt enthält die Belastungsangaben für die verschiedenen Gefahrenklassen. Je nach der Gegend, in der die Leitungen verlegt werden sollen, werden drei verschiedene Belastungsfälle in bezug auf Wind und Eis angenommen. Es sind demnach sehr viele verschiedene Belastungsfälle bzw. Beanspruchungsfälle zu beachten. Beispielsweise wird die höchste Sicherheit bei Kreuzung von Hauptbahnen mit Leitungen über 750 V verlangt. Vorschriften für Bahn- und Postkreuzungen sind offenbar nicht gesondert herausgegeben, die Bestimmungen für solche Kreuzungen sind in die sonstigen Vorschriften eingefügt. — Im 7. Abschnitt sind, entsprechend den verschiedenen Klassen, die zulässigen Beanspruchungen für Masten und Türme aus Stahl und Holz, für die Fundierungen und Anker, für die Traversen, Isolatorenstützen und Leiterarmaturen, Leitungen und Kabel zusammengestellt. — Der 8. Abschnitt enthält die Vorschriften für die Isolatoren entsprechend den Klassen A und B. Mindestüberschlagspannungen, trocken, für die verschiedenen Betriebspannungen sind in einer Tabelle angegeben. Diese Werte gelten für Leitungen mäßiger Ausdehnung mit geerdeter Neutrale an Holzmasten in offenen Gegenden mit öfters auftretendem Regen und wenig Gewitter. In Gegenden mit schwierigen Witterungsverhältnissen, eisernen Masten, Staub, chemischen Fabriken, längerer Trockenheit muß je nach der Schwere der Verhältnisse höhere Isolation vorgesehen werden. Bei Eisenbahnkreuzungen oder Verteilungsleitungen an Stützenisolatoren müssen 25 % höhere Werte gewählt werden. Es sollen möglichst solche Vorrichtungen eingebaut werden, die einigermaßen geeignet snd, Beschädigungen an Isolatoren durch Lichtbogen zu verhindern.

Der 9. Abschnitt behandelt verschiedene Bestimmungen für oberirdische Leitungen, z. B. Schutz der Maste gegen mechanische Beschädigung, gegen Besteigung, Verankerung, Erdung, Ankerisolatoren für Straßenbeleuchtungen, für Telephon, Alarmleitungen für Bahnoberleitungen, Stromschienen (dritte Schiene) usw. — Der 10. Abschnitt umfaßt die Vorschriften für unterirdische Kabel. Hierunter sind besonders die Bestimmungen für die Ausführung der Kabelkanäle und Einsteigeschächte sehr ausführlich.

Den Regeln für Freileitungen und Kabel sind sieben Anlagen mit Zahlen- und Kurventafeln angefügt:

1. Normale Durchhänge für Kupferleitungen mit den entsprechenden Beanspruchungen und Belastungen,
2. die geringsten zulässigen Durchhänge für Leitungen (merkwürdigerweise auch für Weichkupfer) nach den Klassen A, B, C und die entsprechenden Beanspruchungen,
3. die zulässigen Durchhänge für Kupfer-(Stahl-Aluminium-)Leitungen für eine maximale Belastung von 1000 kg bei einer Verlegungstemperatur von 60 ° F,
4. Tafeln der Festigkeitszahlen der für Leitungen und Kabel angewendeten Metalle,
5. Tafeln der Gewichte der Leiter aus verschiedenen Metallen mit und ohne Eis,
6. Tafeln über Lastenmomente von Holzmasten von verschiedenen Abmessungen bei den verschiedenen zulässigen Beanspruchungen und Fundierungstiefen,
7. Vorschriften für die Prüfung von Dense-Southern-Yellow-Pine-Holz.

Der dritte Teil behandelt in 10 Abschnitten die Regeln für die Ausführung und Instandhaltung von elektrischen Installationen. Sie gelten für Spannungen von 25 ... 750 V und für Anlagen mit ungeschultem Personal. Einrichtungen für mehr als 750 V, von nicht geschultem Personal bedient, sollen auch den Vorschriften für Zentraleneinrichtungen entsprechen. Die stromführenden Teile müssen entweder in dauernd geerdete Metallkästen eingeschlossen oder in anderer Weise sicher geschützt sein. Einrichtungen in abgeschlossenen Räumen, nur dem geschulten Personal zugänglich, fallen nicht unter diese Vorschriften und sind entsprechend den Vorschriften im ersten Teil zu montieren.

Der 1. Abschnitt umfaßt Allgemeine Anforderungen, Erdung, Stromleiter (bis auf einige Ausnahmen wird bei Wechselstrom bis 150 V gegen Erde Erdung der Neutralen gefordert). Alle in Reichhöhe liegenden nicht stromführenden Anlageteile in Anlagen mit mehr als 150 V gegen Erde sollen im allgemeinen geerdet werden. Abstände von blanken stromführenden Leitern, Schutz und Isolierung stromführender Teile. Anwendung von Isolierschemeln und -matten, Schutz durch Abschaltung in gefährlichen Räumen. — Der 2. Abschnitt behandelt die Leitungen, ihren Schutz durch Sicherungen und Selbstschalter, durch Erdung von Leitern, mechanischen Berührungschutz, Bezeichnung von Leitern und Klemmen, Schutz von isolierten Leitern in Reichhöhe, Befestigung der Leitungen in Räumen mit Wasserdampf und mit explosiven Gasen.

Die Abschnitte 3 ... 10 behandeln Sicherungen, Selbstschalter, Schalter und Kontroller. — Schalttafeln, Motoren, elektrische Heizkörper, Batterien. — Transformatoren und Blitzableiter, Beleuchtungskörper und Schilder. — Transportable Einrichtungen, Kabel und Stecker. — Elektrische Industrielokomotiven, Wagen, Krane, Hebezeuge und Elevatoren. — Telephone oder andere Gebrauchsapparate in Stromkreisen in der Nähe von Starkstromleitungen.

Der vierte Teil umfaßt die Betriebsvorschriften für elektrische Anlagen und Leitungen. Sie sind in 6 Abschnitten sehr ausführlich gehalten. Es sei nur hervorgehoben, daß vor der Berührung von stromführenden Teilen mit mehr als 150 V gegen Erde gewarnt wird. — Demnach betrachtet man in Amerika offenbar diese Spannung noch als ungefährlich.

Der fünfte Teil enthält die Vorschriften für die Installation von Radioempfangs- und -sendeanlagen. Sendeanlagen werden in 3 Klassen eingeteilt, in solche für kleine, mittlere und höhere Leistungen, die kleinen Stationen für weniger als 100 W und 400 V, die großen für mehr als 1100 W und 2000 V.

Bei einer Durchsicht der vorliegenden Vorschriften bekommt man den Eindruck, daß sie im Vergleich zu den deutschen Errichtungsvorschriften zum Teil sehr ausführlich gehalten sind. Dies dürfte damit begründet sein, daß selbst in recht großen Städten Hochvoltleitungen mit Verteilungs- und Telephonleitungen oft auf einem Gestänge verlegt sind. Ein Studium der Vorschriften kann jedem verantwortlichen Leiter eines Elektrizitätswerks sowie den Bearbeitern der deutschen Vorschriften empfohlen werden. Besonders in bezug auf die Anwendung von Schutzmaßnahmen und die Sicherung in Betriebsanlagen wird man in Zweifelsfällen wertvolle Anregungen finden. O. H. Bay.

Besucherzahlen der deutschen Technischen Hochschulen. — Die Statistik des Hochschulbesuchs[1] für das Wintersemester 1929/30 zeigt insgesamt eine geringe Zunahme; vor allem ist der Besuch der T. H. Dresden in den letzten Jahren gestiegen. Die Gesamtzahl der Studierenden betrug

im Wintersemester	26/27	27/28	28/29	29/30
	24 059	23 745	24 345	25 597.

Die Veränderung des Zudranges besonders zum elektrotechnischen Studium läßt sich zwar nicht völlig sicher angeben, da die T. H. Dresden die Maschinen- und Elektroingenieure stets als Gesamtsumme nennt; wenn jedoch diese

[1] Letzter Bericht: ETZ 1930, S. 371.

Digitized by Google

Besuch der deutschen Techn. Hochschulen im Wintersemester 1929/30.

Hochschule	Allgem. Wissenschaften	Architektur	Bauingenieurwesen	Bergbau	Hüttenkunde	Chemie und Pharmazie	Elektrotechnik	Maschinenbau	Schiffbau und Flugtechnik	Summe der Studierenden I	Hörer und Gäste II	Ausländer in I u. II III
Aachen	71	92	169	81	221	55	122	213	—	1 024	32	107
Berlin	337	534	1014	173	101	273	1118	1181	303	5 034	572	780
Braunschweig	252	84	141	—	—	189	152	244	—	1 062	210	78
Breslau	35	19	103	28	66	59	116	202	—	628	115	56
Clausthal	14	—	—	147	111	—	—	—	—	272	18	4
Danzig	197	130	342	—	—	152	300	453	193	1 767	286	439*
Darmstadt	582	240	365	—	—	228**	543	743†	—	2 701	472	201
Dresden	1654††	307	346	—	—	296	1076		—	3 679	351	352
Freiberg	—	—	—	143	84	—	—	—	—	227	7	73
Hannover	100	215	410	—	—	98	402	678	—	1 903	273	64
Karlsruhe	71	218	219	—	—	101	252	422	—	1 283	347	124
München	889*†	324	737	7		304	747	1009	—	4 017	167	367
Stuttgart	226	459	369	—	7	166	228	545	—	2 000	623	93
										25 597	3 473	2 738

* Nicht aus Danzig oder dem Deutschen Reich stammend.
** Darunter 80 Papieringenieure.
† Darunter 7 Gasingenieure.
†† Darunter 73 Studierende der Forstwissenschaft.
*† Darunter 176 Studierende der Landwirtschaft.

Hochschule unberücksichtigt bleibt, ergibt sich folgendes Bild:

Zahl der Studierenden der Elektrotechnik (ausschl. Dresden).

W. 1925/26	S. 1926	W. 1926/27	S. 1927	W. 1927/28	S. 1928
4433	4148	4496	4264	4169	4132

W. 1928/29	S. 1929	W. 1929/30
4021	3792	3980

Danach hat also der Zugang an Elektrotechnikern sogar ein wenig abgenommen. *nkl*

Energiewirtschaft.

Die Ablehnung der Harriman-Konzession in Polen[1]. — Die Frage der Harriman-Konzession in Polen hat ihre endgültige Erledigung durch einen Beschluß der polnischen Regierung vom 4. VI. gefunden, demzufolge der Minister für öffentliche Arbeiten unter Berufung auf die ungünstigen Ergebnisse der „administrativen Untersuchung" die Erteilung der Elektrisierungskonzession ablehnt. Es wirkt nicht ganz überzeugend, wenn die polnische Regierung nach fast einjährigen Untersuchungen und mehrmonatigen, nicht zum Abschluß geführten Verhandlungen in ihrer Entscheidung sich ausschließlich auf das Ergebnis der Untersuchungen beruft; denn diese waren schon seit einiger Zeit abgeschlossen und ließen kaum eine strikte Ablehnung der Harriman-Offerte erwarten.

Damit hat eine längjährige, mit gewaltigem Arbeitsaufwand verbundene Aktion ihr Ende erreicht, die schon in den Jahren 1923/24 auf Initiative des damaligen stellvertretenden Direktors der staatlichen Wirtschaftsbank und ehem. Industrie- und Handelsministers, Ingenieur Ossowski, eingeleitet worden war mit dem Zweck, die Elektrisierung wichtiger Gebietsteile Polens mit Hilfe von Kapitalien dieser Bank und des Auslandes gemeinsam durchzuführen. Die Aktion war zeitweise besonders durch den Pilsudzki-Umsturz im Jahr 1926 und infolge der häufigen Regierungsumbildungen stark behindert. Die Auslandskapitalien für diesen Zweck wurden anfänglich durch die American-European Utilities Corp. und später durch den Harriman-Konzern zugesichert. Die staatliche Wirtschaftsbank trat nach Demission ihres Direktors Ossowski von dieser Aktion zurück.

Das Elektrisierungsprojekt, wie es in dem Entwurf Harrimans der polnischen Regierung eingereicht wurde, fand — was hervorgehoben werden muß — grundsätzliche Ablehnung weder in den Kreisen der Technik noch in den maßgeblichen Wirtschaftskreisen. Man verlangte tatsächlich nur gewisse, meist ziemlich weitgehende Abänderungen im Wortlaut der Berechtigungen. Die darüber mit der Regierung gepflogenen Verhandlungen wurden infolge des Rücktritts des Ministers für öffentliche Arbeiten, Moraczewski, der das Harriman-Projekt warm befürwortet hat, abgebrochen und sind nunmehr gegenstandslos geworden.

Das erste unmittelbare Ergebnis der Ablehnung ist das Nichtzustandekommen des Erwerbs der größten Überlandzentrale im heutigen Polen, der „Oberschlesischen Elektrizitätswerke" (OEW) in Ostoberschlesien durch Harriman. Die Übereignung dieser Überlandzentrale sollte erfolgen auf Grund des Liquidationsrechtes der polnischen Regierung in bezug auf ehemals deutsches Eigentum, welches Recht sie Harriman in den Konzessionsbedingungen abgetreten hatte mit der Verpflichtung, dieses Unternehmen vollständig zu polonisieren.

Eine weitere Folge ist die Nichtausnutzung der vorjährigen günstigen Konjunktur auf fast allen Geldmärkten der Welt. Im Fall einer rechtzeitigen Genehmigung der Harriman-Konzession wären die wichtigsten Arbeiten, nämlich der Bau des projektierten großen Wasserkraftwerks und die Legung einer Anzahl von Überlandleitungen bereits in Angriff genommen; die Industrie hätte Aufträge, Fachleute und Arbeiter Beschäftigung und die Städte in absehbarer Zeit billigen Strom für Beleuchtungs- und Industriezwecke. Alles dies ist also ausgeblieben. Dagegen beansprucht Harriman nunmehr eine Entschädigung in Höhe von etwa 2 Mill Zloty, angeblich auf Grund von schriftlichen Zusagen des früheren Ministers für öffentliche Arbeiten Moraczewski. Zwar hat erst in diesen Tagen der Chef der Elektrizitätsabteilung im vorgenannten Ministerium, Ing. Siwicki, erklärt, daß bisher keinerlei bezügliche Ansprüche Harrimans an die Regierung gestellt worden seien, doch liegt, wie mehrere gut informierte polnische Blätter („Polonia", „Express Poranny") behaupten, eine Erklärung des bevollmächtigten Vertreters der Harriman-Gruppe vor, wonach die Firma eine Entschädigungsklage gegen die polnische Regierung anstrengen wird.

Das dritte und vielleicht für Polen schwerwiegendste Resultat der abgelehnten Konzession ist der Umstand, daß die Frage der rationellen, auf breiter Basis planmäßig ausgearbeiteten Elektrisierung des Landes wohl auf lange Zeit hinaus verschoben werden wird. Außer der Offerte Harrimans und dem Antrag, betreffend eine Konzession der Überlandzentrale Grodek, liegen z. Z. keine anderen konkreten Vorschläge, die große Teile Polens umfassen, vor. Ein Schreiben, das ein französischer Elektrizitätskonzern „Französisches Syndikat für die Elektrisierung Polens" (Synelpol) im Mai an die polnische Regierung gerichtet hat, ist — nach Ansicht des Prof. Pomianowski vom Warschauer Polytechnikum — keine Offerte, wie auch die in diesem Schreiben dargelegten Grundlagen für ein Elektrisierungsprojekt wenig Aussichten haben, daß etwaige Verhandlungen mit dem französischen Syndikat zu einem befriedigenden Ergebnis führen werden. Das Syndikat, welches französisches, belgisches, schweizerisches und amerikanisches Kapital vereinigt (bei letzterem glaubt man wieder an die Beteiligung Harrimans), soll nämlich keineswegs günstigere Bedingungen als Harriman gestellt haben. Verhandlungen zwischen der polnischen Regierung und dem Vertreter dieses Syndikats sind aber eingeleitet, doch will letzteres erst dann mit einer bindenden Offerte an die Regierung herantreten, wenn diese Bedingungen akzeptiert werden.

Vermutlich werden die langwierigen Vorverhandlungen über die Harriman-Konzession, der Kampf Harrimans mit der Presse und vornehmlich die Methoden dieses Kampfes, ferner das vielmonatige Warten auf eine Klärung des Regierungstandpunktes und schließlich die unerwartete Unterbrechung der Verhandlungen wenig anregend auf ausländisches Kapital wirken, das klare Situation und schnelle Entscheidung verlangt. Es ist ziemlich wahrscheinlich, daß die kongreßpolnischen und westpolnischen Woiwodschaften, die das Harrimansche Elektrisierungsprojekt in der Hauptsache betraf, bei ihrer künftigen Elektrisierung auf kleinere Teilkonzessionen angewiesen sein werden, was die Verwirklichung des groß angelegten polnischen Elektrisierungsplans zweifellos sehr erschweren dürfte. Zum mindesten erscheint die Ausnutzung der Wasserkräfte Polens zur Elekrizitätsgewinnung für absehbare Zeit ziemlich ausgeschlossen, worauf die polnische Regierung in allen bereits entworfenen Plänen gerade das größte Gewicht gelegt hat. Dr. P.

Die Entwicklung der Elektrizitätsversorgung in Elsaß-Lothringen. — Nach in der G. V. der Organisation der Produzenten und Verteiler elektrischer Arbeit bezüglich Elsaß-Lothringen gemachten Angaben über die Entwick-

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1029.

Digitized by Google

lung dieser Industrie in den drei französischen Departements beläuft sich die Zahl der der Organisation angeschlossenen Gesellschaften auf 33, u. zw. 13 Aktiengesellschaften mit einem Gesamtkapital von 663 Mill Fr, 8 Gesellschaften m. b. H. mit 5 Mill Fr, 7 kommunale Unternehmungen, 2 zwischenkommunale und 3 Privatwerke. Sie verfügen zusammen über 15 Wärmezentralen, 12 Wasserkraftanlagen und bedeutende, an die lothringischen Hochofenwerke angeschlossene Gasfabriken. Die Leistungsfähigkeit dieser Kraftwerke beläuft sich auf rd. 200 000 kW, doch verteilen sie noch aus den Nachbargebieten stammende Energie in der Höhe von 70 000 kW. Bringt man diese Zahlen in Zusammenhang mit denen der Bevölkerung, so entfallen rd. 0,15 kW auf den Kopf der letzteren. Die von den genannten Werken im Jahr 1929 erzeugte und von außen her übernommene Arbeit soll 793 Mill kWh betragen haben.

Verbraucht wurden von den Abnehmern für Beleuchtung 53, für andere Zwecke bei niederer Spannung 66, an Hochspannungstrom 577 Mill, insgesamt also 696 Mill kWh gegenüber 480 Mill kWh in 1928. Mithin ist eine Zunahme um rd. 32 % zu verzeichnen. Die Verteilung erstreckte sich auf rd. 1600 Gemeinden mit 1,74 Mill Einwohnern; da insgesamt 1706 Gemeinden mit 1,795 Mill Einwohnern bestehen, ergibt sich, daß heute rd. 94 % der elsässisch-lothringischen Gemeinden einem elektrischen Netz angeschlossen sind und rd. 96 % der Bevölkerung Strom zur Verfügung steht.

Was die einzelnen Werke angeht, so machen die Arbeiten für das von Kembs rasche Fortschritte; man hofft, es im Winter 1932/33 in Betrieb setzen zu können. Die Usine du Port du Rhin bei Straßburg ist zwecks Erhöhung der Kapazität um 20 000 kW in Erweiterung begriffen. Die „Salec" installiert in ihrem Werk von Markolsheim einen neuen Maschinensatz von 16 000 kW. Die Anlage auf der Napoleonsinsel bei Mülhausen, die den Forces motrices du Haut-Rhin gehört, wurde ebenfalls beträchtlich vergrößert. Auch die Hochspannungsnetze zeigen eine bemerkenswerte Entwicklung. Die „Trédal" arbeitet an ihrer großen Linie für 150 kV von Logelbach nach Graffenstaden und hat ein Konzessionsgesuch für eine gleiche Linie von Logelbach nach Neuville bei Nancy eingereicht. Dasselbe tat die Energie électrique du Rhin bezüglich der Linie Ronchamp—Troyes. Die Elektrisierung des flachen Landes schreitet ebenfalls fort. Dr. Uc.

GEWERBLICHER RECHTSSCHUTZ.

DRP. 500 000. — Am 12. V. hat das Reichspatentamt worauf hier schon kurz hingewiesen wurde[1], das Patent Nr. 500 000 erteilt. Das Tempo, in dem die Patentnummern stiegen, ist seit 1877 entsprechend dem Fortschreiten der Industrialisierung Deutschlands immer schneller geworden. Erst 21 Jahre nach dem ersten Patent, also im Jahr 1898, gelangte man zu Nr. 100 000. Das zweite Hunderttausend erforderte 10 Jahre und wurde 1908 erreicht. Das dritte Hunderttausend wäre ohne die Auswirkung des Weltkrieges im Jahr 1916 erteilt worden; das Sinken der Zahl der Patentanmeldungen in den Kriegsjahren auf etwa die Hälfte verzögerte aber diesen Zeitpunkt um ein Jahr. Das vierte Hunderttausend fiel in den Juni 1924, und jetzt nach weniger als 6 Jahren ist die erste halbe Million voll geworden.

Bei dem starken Anwachsen der Zahl der jährlich eingehenden Patentanmeldungen von rd. 50 000 bei Kriegsausbruch auf fast 73 000 im Vorjahr wird das nächste Hunderttausend erteilter Patente voraussichtlich in 4 bis 5 Jahren erreicht werden. Das Tempo der technischen Entwicklung Deutschlands, das sich in den erteilten Patenten spiegelt, ist also jetzt fünfmal schneller als in den 80er Jahren des vorigen Jahrhunderts.

Diesem Wachsen der Arbeitsleistung des Reichspatentamts entspricht auch das heute besonders erwünschte Wachsen seiner Einnahmen. Von seiner Errichtung bis zum Ende des Haushaltsjahres 1929 hatte es eine Bruttoeinnahme von 304 Mill RM an Verfahrens- und Patentgebühren gehabt, von der nach Abzug seiner Selbstkosten von 153 Mill RM 151 Mill RM an die Reichskasse abgeführt werden konnten. Die Inflationsjahre 1919 bis 1923 sind hierbei nicht gerechnet worden. Im letzten Haushaltsjahr betrug der Überschuß 7,7 Mill RM, und dieser wird voraussichtlich im laufenden Jahr die Höhe von 8 Mill RM erreichen. Da sich ein Fünftel der deutschen Patente im Besitz von Ausländern befindet, bringt also das Reichspatentamt in diesem Jahr für etwa 2 Mill RM die heute für den Reichshaushalt so notwendigen Devisen herein und erfüllt auch in dieser Beziehung eine wichtige volkswirtschaftliche Aufgabe.

Nachrichtenstelle des Reichspatentamts.

[1] ETZ 1930. S. 915.

VEREINSNACHRICHTEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

Geschäftsstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 1 Kurfürst Nr. 5862—64.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Übersicht über die Beschlüsse der mit den Vollmachten einer Jahresversammlung ausgestatteten Ausschußsitzung vom 15. Juni 1930 in Berlin.

Nachstehend sind die von der am 15. Juni 1930 in Berlin abgehaltenen Ausschußsitzung, die mit den Vollmachten einer Jahresversammlung ausgestattet war, gefaßten Beschlüsse zusammengestellt:

Vorstand.

Wiedergewählt wurden auf 2 Jahre die Herren Voith und Zell.

Neu gewählt wurde auf 2 Jahre Herr Rachel.

Zum 2. stellvertretenden Vorsitzenden wurde Herr Zell auf die Dauer von 2 Jahren wiedergewählt.

Ausschuß.

Die ausscheidenden Herren Blochmann, Emde und Scholtes wurden auf 2 Jahre wiedergewählt.

Neu gewählt wurde auf die Dauer von 2 Jahren Herr Sarfert.

Rechnungsrevisoren.

Die beiden Rechnungsrevisoren Froese und Grauert wurden wiedergewählt.

Beitragsfestsetzung.

Für das Jahr 1931 bleiben die für 1930 festgesetzten Bestimmungen bezüglich der Mitgliederbeiträge unverändert bestehen.

Bevollmächtigungen des Vorstandes.

Der Vorstand wird ermächtigt, folgende, z. Z. noch nicht endgültig fertiggestellte Kommissionsarbeiten in Kraft zu setzen:

a) mit dem 1. Januar 1931:

1. Kommission für Maschinen und Transformatoren.
   Genehmigung des Ergebnisses der Überarbeitung der „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Gleichstrom-Lichtbogen-Schweißmaschinen R.E.S.M.".
2. Kommission für Zähler.
   Genehmigung des Ergebnisses der Überarbeitung der „Regeln für Elektrizitätszähler R.E.Z.".
3. Kommission für Meßinstrumente.
   Genehmigung des Ergebnisses der Überarbeitung der „Regeln für Wandler R.E.W.".
4. Kommission für Erdung.
   Genehmigung des Ergebnisses der Überarbeitung der „Leitsätze für Schutzmaßnahmen in Starkstromanlagen mit Betriebspannungen unter 1000 V, L.E.S. 1".
5. Kommission für Isolierstoffe.
   Genehmigung des Ergebnisses der Überarbeitung der „Leitsätze zur Prüfung von Hartpapierplatten"
   und der
   „Leitsätze zur Prüfung von gewickelten Hartpapierrohren mit kreisförmigem Querschnitt".

b) mit dem Tage der Verkündung in der ETZ:

6. Kommission für Fernmeldetechnik.
   Genehmigung von Änderungen der

Digitized by Google

„Regeln für die Bewertung und Prüfung von galvanischen Elementen" vom 1. Januar 1928.

7. Kommission für Hochfrequenztechnik.
Genehmigung von Änderungen der
„Vorschriften für Außenantennen" vom 1. Oktober 1925.

c) nach Fertigstellung:

8. DIN VDE-Normblätter.
Ferner wird der Vorstand ermächtigt, bis zur Jahresversammlung 1931 die endgültig fertiggestellten Normblätter für die Drucklegung freizugeben.

Kommissionsarbeiten.

Die nachstehend aufgeführten Bestimmungen sind angenommen bzw. außer Kraft gesetzt:

1. Kommission für Maschinen und Transformatoren.
Außerkraftsetzung der
„Normalbedingungen für den Anschluß von Motoren an öffentliche Elektrizitätswerke"
(gültig ab 1. Januar 1923) mit dem 1. Juli 1930.

2. Kommission für Installationsmaterial.
Änderung von § 58c) der
„Vorschriften, Regeln und Normen für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial K.P.I./1928".
Der Wortlaut war veröffentlicht in ETZ 1930, S. 69 und 691.

3. Kommission für Isolierstoffe.
„Leitsätze für die Lieferung und Prüfung von Rollenpreßspan." Gültig ab 1. Juli 1930.
Der Wortlaut war veröffentlicht in ETZ 1930, S. 622 und 826.

4. Kommission für Anlasser und Steuergeräte.
Änderung von § 36 der
„Regeln für die Bewertung und Prüfung von Anlassern und Steuergeräten R.E.A./1928" mit dem 1. Juli 1930.
Der Wortlaut war veröffentlicht in ETZ 1930, S. 520.

5. Kommission für Handgeräte.
a) Verlängerung der in § 4 der
„Vorschriften für Christbaum-Beleuchtungen" vorgesehenen Karenzzeit bis zum 31. Dezember 1930.
Der Antrag war veröffentlicht in ETZ 1930, S. 692.
b) Außerkraftsetzung der
„Vorschriften für elektrisches Spielzeug" (gültig ab 1. Januar 1927) mit dem 1. Juli 1930,
der
„Vorschriften für elektrische Fanggeräte" (gültig ab 1. Januar 1927) mit dem 1. Juli 1930
und der
„Vorschriften für elektrische Gas- und Feueranzünder" (gültig ab 1. Januar 1927) mit dem 1. Juli 1930.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Berlin W 57, Kurfürstenstraße 15/16.

Betr.: Unberechtigte Benutzung des VDE-Zeichens.

In dem Prozeß des Verbandes Deutscher Elektrotechniker e. V., Berlin, gegen die Firma Hermann Schulz in Berlin S 42, Wassertorstr. 21, ist vom Landgericht I in Berlin unter dem Aktz. 78. 0. 568/29 / zu 12 am 27. III. 1930 folgende Entscheidung gefällt worden:

„Im Namen des Volkes!
In Sachen
des Verbandes Deutscher Elektrotechniker e. V., Berlin, ..., Klägerin,
. . . . . .
gegen
die Firma Hermann Schulz in Berlin S 42, Inhaber Herm. Schulz, Wassertorstr. 21, ..., Beklagte,
. . . . . .
wegen Anspruchs aus Warenzeichenverletzung — Wert: 1000 RM — hat die 20. Kammer für Handelssachen des Landgerichts I in Berlin auf die mündliche Verhandlung vom 20. III. 1930 . . . . . .
nach Lage der Akten für Recht erkannt:

Das Versäumnisurteil vom 27. Januar 1930 wird aufrechterhalten.

Die Beklagte hat auch die weiteren Kosten des Rechtsstreits zu tragen.

Das Urteil ist gegen Sicherheitsleistung von 50 RM vorläufig vollstreckbar."

Das in der vorstehenden Entscheidung erwähnte Versäumnisurteil vom 27. I. 1930 hat folgenden Wortlaut:

„Versäumnis-Urteil.
Im Namen des Volkes!
In Sachen
des Verbandes Deutscher Elektrotechniker e. V., Berlin, ..., Klägers,
. . . . . .
gegen
die Firma Hermann Schulz in Berlin S 42, Wassertorstraße 21, Inhaber Hermann Schulz, ..., Beklagte,
. . . . . .
wegen Unterlassung
hat die 20. Handelskammer des Landgerichts I in Berlin . . . . . für Recht erkannt:

Die Beklagte wird verurteilt,

1. bei Vermeidung einer vom Gericht festzusetzenden Strafe für jeden Fall der Zuwiderhandlung es zu unterlassen,

a) das für den Kläger geschützte Zeichen VDE auf dem von der Beklagten hergestellten Installationsmaterial, insbesondere auf Sicherungspatronen anzubringen,

b) Installationsmaterial, insbesondere Sicherungspatronen, welche das Zeichen VDE, aber nicht eine Fabrikmarke tragen, für die der Kläger Genehmigung zur Führung des Zeichens erteilt hat, insbesondere Installationsmaterial, welches das VDE-Zeichen und die Fabrikmarke trägt, weiter zu veräußern oder sonst in den Handel zu bringen.

2. Aus dem bei ihr lagernden Installationsmaterial, insbesondere Sicherungspatronen, welches die Fabrikmarke .... trägt, das VDE-Zeichen zu entfernen.

3. Die Kosten des Rechtsstreits werden der Beklagten auferlegt.

4. Das Urteil ist vorläufig vollstreckbar."

Das Urteil hat inzwischen Rechtskraft erlangt.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.
Zimmermann.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

G. Stern †.

Infolge eines tragischen Unfalls ist Ing. Dr. Gotthold Stern, der bei der Entwicklung des österreichischen Elektrizitätswesens seinerzeit eine bedeutende Rolle gespielt hat, am 25. Mai d. J. im 70. Lebensjahre plötzlich und unerwartet verschieden. Dr. Stern, ein gebürtiger Frankfurter, war ursprünglich Physiker und gehörte als Ingenieur zur Zeit, als Déri, Bláthy und Zipernowski ihre epochemachenden Arbeiten auf dem Gebiete der Wechselstromtechnik durchführten, der Firma Ganz & Co. in Budapest an, in deren Auftrage er auch Anlagen in Australien ausführte. Als diese Firma im Jahre 1889 in Wien die erste große Wechselstromzentrale gebaut hatte, wurde ihm die Leitung des Installationsbüros übertragen und nicht lange darauf gemeinsam mit G. Frisch auch die Direktionsstelle des nach kurzer Zeit zurückgetretenen Dr. Déri.

Digitized by Google

Hier erwarb sich Stern große Verdienste um die Entwicklung der Elektrizitätsversorgung Wiens. Das von ihm geleitete Werk entwickelte sich mit der Zeit zur damals größten Wechselstromzentrale des Kontinents. Als aber später die Gemeinde eigene Elektrizitätswerke baute, stritt er in der vordersten Reihe beim Kampfe gegen die Kommune, der aber doch die größeren Machtmittel zur Verfügung standen, so daß die Übergabe der bestehenden privaten Werke in ihr Eigentum nicht verhindert werden konnte. Die Internationale Elektrizitätsgesellschaft wurde dann mit der Unionbank, ihrem Finanzierungsinstitut, verschmolzen und Dr. Stern trat als technischer Konsulent in den Verwaltungsrat der Bank ein. Dort leistete er dank seiner Fachkenntnis, Erfahrung und Energie auf den verschiedensten technischen Gebieten Ausgezeichnetes, insbesondere hat er schon damals sich mit der Ausbeutung der österreichischen Wasserkräfte eingehend befaßt und ist deshalb auch von den Nachfolgern der Unionbank, der Boden-Kreditanstalt und schließlich der Kreditanstalt, in seiner Stellung belassen und als ihr Vertreter in die Verwaltung verschiedener industrieller Unternehmen entsandt worden. Seine vortrefflichen persönlichen Eigenschaften haben ihm viele Freunde erworben, die über das Grab hinaus seiner stets mit Verehrung und Dankbarkeit gedenken werden. *Hgn.*

BRIEFE AN DIE SCHRIFTLEITUNG.

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Schriftleitung und ohne deren Verbindlichkeit.)

Verstärkeroszillograph.

In Ergänzung zu dem Bericht in der Rundschau der ETZ 1930, S. 179 weise ich darauf hin, daß ich Elektronenröhren zur Verstärkung von geringen Wechselspannungen zum Zwecke der Aufzeichnung in einem Oszillographen in einer ganz ähnlichen Schaltung, wie sie in dem Bericht angegeben wurde, bereits in einer im Mai 1928 abgeschlossenen Arbeit an der Technischen Hochschule zu Stuttgart — ebenso wie Herr Dipl.-Ing. OESTERREICHER — benutzt habe. Gegenüber der im Bericht angegebenen Schaltung weist meine Schaltung 3 (Abb. 1) den Unterschied auf, daß ich den durch den Anodengleichstrom hervorgerufenen Spannungsabfall in dem Anodenkreiswiderstand der ersten Röhre kompensiert habe, um in einen günstigen Arbeitsbereich der Kennlinie der zweiten Röhre zu gelangen.

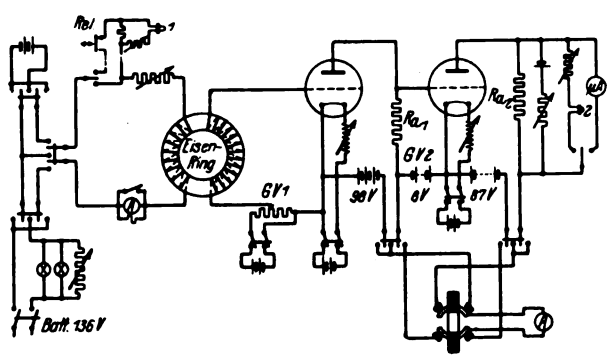


Abb. 1. Verstärkerschaltung für den oszillographischen Nachweis von Spannungsänderungen.

Außerdem wurde vor der Oszillographenschleife die gleiche Kompensation vorgenommen, um die Schleife von dem Anodenruhestrom zu entlasten. Dadurch konnte die Schleife besser ausgenutzt und auch die Gefahr der Überlastung vermindert werden. Das Mikroamperemeter diente zur Einstellung der Kompensation. Für meine Untersuchungen wurde die Eingangsröhre noch zu dem Zweck benutzt, um die Spannungsänderungen in dem Sekundärkreis des zu untersuchenden Eisenringes bei praktisch unbelastetem Sekundärkreis aufzunehmen, was durch Einstellung des Gitterstromes 0 erreicht wurde.

Ferner erwies sich noch eine andere Eigenschaft der Elektronenröhre für den vorliegenden Zweck als nützlich, nämlich die Sättigung. Ich wünschte eine möglichst empfindliche Aufzeichnung der Spannungsänderung relativ längere Zeit nach dem Abschalten. Da das Abklingen der Spannung jedoch nach einem Exponentialgesetz erfolgt, ist die Spannung im Moment des Abschaltens sehr hoch im Verhältnis zu der einige Zeit später. Die Sättigung der Röhre erlaubte es nun, die im Moment des Abschaltens auftretende Spitze ohne Störung der ganzen Anordnung abzuschneiden und so die kleineren Amplituden ohne Gefährdung der Oszillographenschleife besser zu verstärken. Um die Kompensation an der Schleife zu vermeiden und einen besseren Verstärkungsgrad zu erzielen, benutzte ich noch eine Gegentaktschaltung nach Abb. 2, die nach genauer Abgleichung der Anodenkreiswiderstände, der Gittervorspannungen und der Röhrenheizung sehr stabil arbeitete. Es konnte auch in einer der beiden Stufen Netzgleichspannung ohne Beeinträchtigung verwendet werden. Das Mikroamperemeter diente hier zur Feststellung der Spannungslosigkeit der beiden Anoden gegeneinander im statischen Zustand.

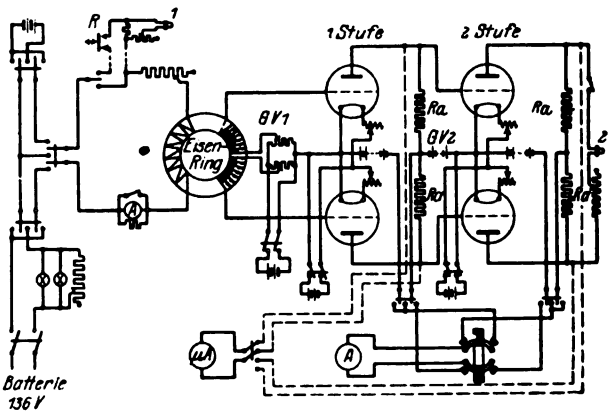


Abb. 2. Gegentaktschaltung zur Vermeidung der Kompensation der Schleife und Erhöhung der Verstärkung.

Brieg (N.-Schl.), 16. III. 1930.

Lothar Draub, Dipl.-Ing.

Erwiderung

Die von Herrn DRAUB benutzte Kompensation des durch den Anodengleichstrom hervorgerufenen Spannungsabfalles im Anodenkreiswiderstand der ersten Röhre und an der Oszillographenschleife ist für das Arbeiten mit dem Verstärkeroszillographen zweifellos von großem Vorteil. Bei gelegentlichen Messungen in den Laboratorien der Hermsdorf-Schomburg Isolatoren G. m. b. H. ist von einer derartigen Kompensation in Röhrenschaltungen in Verbindung mit dem Oszillographen ebenfalls häufig Gebrauch gemacht worden.

Freiberg i. S., 31. III. 1930. Osk. Naumann.

LITERATUR.

Besprechungen.

Internationale Betriebsstatistik elektr. Bahnen für die Jahre 1924, 1925 und 1926. Von Dr. A. Ertel. Aus dem Bericht über den IV. Internationalen Straßenbahn- und Kleinbahnkongreß in Kopenhagen 1927. Selbstverlag des Verf., Wien XII/2, Graf-Seilern-Gasse 16. 1930. Preis kart. 6 RM.

Auf Grund des erstmalig auf dem II. Kongreß des Internationalen Straßen- und Kleinbahnvereins, Wien, im Jahre 1924 in Bad Homburg v. d. H. und weiter in der Sitzung am 21. VI. 1925 in Budapest getroffenen Beschlusses, den Versuch zu einer Betriebstatistik aufzunehmen, werden an Hand eines von dem verstorbenen Vorstandsmitglied Direktor Nørregaard, Kopenhagen, entworfenen Fragebogens insgesamt 150 Bahnen in den Ländern Dänemark, Deutschland, Finnland, Holland, Italien, Jugoslawien, Norwegen, Österreich, Polen, Rumänien, Rußland, Schweden, Spanien, Tschechoslowakei und Ungarn behandelt und folgende Angaben gemacht: Spurweite, Betriebspannung, Stromart, Art des Stromabnehmers (Bügel oder Rolle), größte Steigung, Gleisverlegung (Rillen- oder Vignolschienen). Dann folgen für die einzelnen Jahre 1924, 1925 und 1926 Angaben über die Einwohnerzahl des Einflußgebietes, Betriebslänge, gefahrene Wagenkilometer, Zahl der verkauften Fahrscheine, getrennt nach gewöhnlichen, Umsteige- und Zuschlagfahrscheinen und nach dem Preis der Fahrscheine, ferner die Betriebseinnahmen und die Anzahl der beförderten Fahrgäste; sodann, auf den Einwohner und auf den Kilometer Betriebslänge umgerechnet, die gefahrenen Wagenkilometer, die Fahrscheineinnahme und die Anzahl Fahrten im Jahr, außerdem die Einnahmen und die Anzahl der Fahrgäste je Wagenkilo-

Digitized by Google

meter und die Einnahmen je Fahrgast. Endlich folgen die Anzahl der Wagen, die durchschnittliche Anzahl der Plätze je Wagen, die durchschnittliche Reisegeschwindigkeit und der durchschnittliche Energieverbrauch je Rechnungswagenkilometer. Die einzelnen Angaben sind für Straßenbahn- und Omnibusbetrieb getrennt gehalten. Den statistischen Angaben ist eine Umrechnungstabelle der Geldarten der einzelnen Länder in Schweizer Franken vorangestellt. Die außerordentlich interessante und sehr lehrreiche Statistik umfaßt 133 Seiten. Rud. Wichmann.

Handbuch der physikalischen und technischen Mechanik. Bearb. v. zahlr. Fachgelehrten, herausg. v. Prof. Dr. F. Auerbach u. Prof. Dr. W. Hort. Bd. 1: Technische u. physikalische Mechanik starrer Systeme. (1. Teil, Lief. 3.) Mit 100 Abb. i. Text, XVIII u. 92 S. in gr. 8°. Verlag Johann Ambrosius Barth, Leipzig 1929. Preis geh. 12,50 RM.

Mit der jüngst erschienenen 3. Lieferung des 1. Teiles vom Handbuch der physikalischen und technischen Mechanik ist die Herausgabe dieses ersten Bandes abgeschlossen. In dieser neu erschienenen Lieferung werden die Untersuchungen über Statik fortgesetzt und auf das Gebiet der Hebezeuge ausgedehnt. Paul Stephan geht auf die verschiedenen Typen von Kranen, Aufzügen, Kippern und Hebewerken ein und schält in klarer Darstellung die mechanischen Grundlagen zur Berechnung heraus. In einem weiteren Abschnitt gehen Wilhelm Hort und Paul Stephan auf die Statik und stationäre Bewegung der Fäden, Ketten, Seile, Bänder, Riemen und Drähte ein und geben eine klare Übersicht über die in diesem Gebiet vorhandenen Untersuchungen. Hierbei wird nicht nur der ideale Faden, sondern auch der Faden mit Steifigkeit sowie der elastische Faden unter statischen Gesichtspunkten behandelt. Auf die kinetischen Verhältnisse solcher Körper wird kurz hingewiesen, ohne jedoch näher ausgeführt zu werden. Dagegen nehmen einen größeren Raum die sehr wichtigen Fragen des belasteten Riemens ein, der zur Arbeitsübertragung dient, wobei alle praktischen Verhältnisse weitgehend berücksichtigt werden. Die in der Praxis recht bedeutungsvolle Angelegenheit der Reibung wird im letzten Kapitel in knapper und doch übersichtlicher Form dargestellt. Auf prinzipielle Betrachtungen folgen dankenswerterweise sofort spezielle Anwendungen mit reichem Zahlenmaterial über Reibungsziffern unter den verschiedensten Bedingungen.

Was die Herausgeber in dem Vorwort zur Gesamtausgabe sagen, nämlich, daß das Handbuch nicht nur vom wissenschaftlich geschulten Fachmann, sondern auch vom praktisch tätigen Ingenieur zur raschen Orientierung gebraucht werden soll, ist durchaus gelungen, und es macht den Eindruck, als ob gerade der praktische Ingenieur von dem Handbuch einen recht großen Nutzen hätte, da die Herausgeber es verstanden haben, durch eindringliche Darstellung, unterstützt durch zahlreiche vortreffliche Abbildungen diejenige Sprache zu sprechen, die dem Manne der Praxis besonders geläufig ist. Blaeß.

Die Grundlage des Warenzeichenschutzes. Von Rechtsanwalt F. I. Schechter. Übersetzt von Patentanwalt F. Burchartz und Dr. jur. A. R. Klaembt. Mit 43 S. in kl. 8°. Verlag für Presse, Wirtschaft u. Politik G. m. b. H., Berlin 1929. Preis geh. 2,50 RM.

In einer kurzen Studie werden Grundsätze über den Sinn des Warenzeichenschutzes aufgestellt und die amerikanische Rechtsprechung mit der deutschen verglichen, was für einschlägige Warenzeicheninteressenten gewiß von Interesse sein wird. Leider sind in der deutschen Übersetzung, die das schwierige Juristenenglisch nicht immer glücklich überträgt, die Quellenangaben der einzelnen Entscheidungen weggelassen, so daß die Arbeit für den Fachmann nur bedingten Wert hat. H. Herzfeld I.

Eingegangene Doktordissertationen.

Erling Björner Marum, Experimentelle Beiträge zur Theorie der starken Elektrolyte (Leitfähigkeitsmessungen in hochverdünnten wäßrigen u. alkohol. Lösungen). T. H. Dresden 1929.

Ludwig Musil, Die Wirtschaftlichkeit der Energiespeicherung für Elektrizitätswerke. T. H. Dresden 1930.

Erich Rolf, Das Kreislaufverfahren für Drehstrom-Asynchronmotoren mit Schleifringläufer u. seine Anwend. zur Messung der Zusatzverluste. T. H. Hannover 1929.

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Vorgänge im Ausland. — Die Westinghouse Electric & Manufacturing Co., East Pittsburgh, hat vor kurzem durch ihre Tochtergesellschaft für Auslandsinteressen aller Art, die Westinghouse Electric International Co., New York, mit der English Electric Co. Ltd., London, einen Interessengemeinschaftsvertrag abgeschlossen. Er bezieht sich auf den Austausch technischer Informationen im Bereich des Dampfturbinenbaus und der Herstellung elektrotechnischer Erzeugnisse. Ein Patentaustausch ist gleichfalls vorgesehen. Die English Electric Co. wird durch diesen Vertrag aus den vielseitigen Forschungsarbeiten der Westinghouse Electric & Manufacturing Co. erheblichen Nutzen ziehen können. Ihre Verwaltung hat ferner mitgeteilt, daß eine Kapitalbeteiligung der beiden Westinghouse-Gesellschaften an der English Electric Co. als erwünscht angesehen werden müsse und auch den amerikanischen Partnern angeboten worden sei, aber einen 10prozentigen Anteil keinesfalls erreichen werde, so daß der englische Charakter des Unternehmens in jedem Fall gewahrt bleibe[1]. Die 1918 gegründete English Electric Co., Ltd.[2], hatte in der letzten Zeit trotz guter Umsätze und guter technischer Leistungen mit großen finanziellen Schwierigkeiten zu kämpfen. Schon seit einigen Jahren sind Dividenden nicht mehr ausgeschüttet worden, und im März 1930 sah sich die Gesellschaft zu einer Verringerung des Aktienkapitals veranlaßt, die inzwischen auch durchgeführt worden ist. Die Verwaltung erwartet von dem Vertrag mit Westinghouse auch in finanzieller Hinsicht eine Wendung zum Besseren. A. Fr.

Aus der Leuchtmittelindustrie. — Nach den letzten Angaben des Statistischen Reichsamts[3] sind während des Rechnungsjahres 1928/29 in Deutschland 98,9 Mill Metalldrahtlampen, deren Verbrauch im Inland stark zugenommen hat, und Nernstbrenner hergestellt worden, also um rd. 5 % mehr als 1927/28 (93,972 Mill). Ihre Einfuhr betrug 5,141 (5,551 i. V.), die Ausfuhr 33,448 Mill Stück (28,348 i. V.). Die Erzeugung von Brennstiften stellte sich auf 933 t (929 i. V.), und hiervon kamen bei einer Einfuhr von 2 t (0 i. V.) 735 t (711 i. V.) an das Ausland zum Versand. Die durchschnittliche Steuerbelastung erreichte bei Metalldrahtlampen 20 Pf/Stück (19 i. V.), bei Brennstiften 105 Pf/kg (80 i. V.).

Deutschlands elektrotechnischer Außenhandel[4]. — Im Mai 1930 war die Verteilung des Außenhandels innerhalb des Tarifunterabschnitts 18 B folgende:

Waren	Mengen dz		Werte 1000 RM	
	Mai	Jan./Mai	Mai	Jan./Mai
Einfuhr				
Elektrische Maschinen (einschl. Teile)	3 240	14 528	960	4 272
Elektrot. Erzeugnisse	3 466	15 530	2 718	13 883
Ausfuhr				
Elektrische Maschinen (einschl. Teile)	37 726	172 077	10 713	48 146
Elektrot. Erzeugnisse	111 320	511 584	38 241	193 061

Die Einfuhr ist gegen den Vormonat (5422 dz bzw. 3,006 Mill RM) um 1284 dz (24 %) und 0,672 Mill RM (22 %) gestiegen, im Vergleich zum Parallelmonat des Vorjahres (23 934 dz bzw. 5,923 Mill RM) aber um 17 228 dz (72 %) und 2,245 Mill RM (38 %) gesunken. Für die Ausfuhr, die nach den berichtigten Zahlen des Statistischen Reichsamts an Reparationssachlieferungen 12 195 dz im Wert von 4,039 Mill RM umfaßte, ergibt sich im Vergleich mit dem Vormonat (128 295 dz bzw. 44,326 Mill RM) eine Erhöhung um 20 751 dz (16 %) bzw. 4,628 Mill RM (11 %) und gegenüber dem Mai 1929 (139 292 dz bzw. 44,757 Mill RM) eine Zunahme um 9754 dz (7 %) und 4,197 Mill RM (9 %). In den abgelaufenen fünf Monaten ist, verglichen mit der gleichen Periode des Vorjahres, die Einfuhr um 11 960 dz (28 %) und 2,596 Mill RM (12,5 %) zurückgegangen. Bezogen wurden vom Ausland 2005 Lichtmaschinen (6642 i. V.), 38 560 Dynamos, Elektromotoren usw. (67 156 i. V.), 2641 Bogen- usw. Lampen (2562 i. V.), 2,348 Mill Metalldrahtlampen (1,984 i. V.) und 90 100 Kohlefaden- usw. Lampen (21 800 i. V.). Die Ausfuhr hat dagegen um 36 437 dz und 14,628 Mill RM (je 6%) zugenommen. Sie schloß 55 099 dz Reparationssachlieferungen im Wert von 16,335 Mill RM ein und erstreckte sich der Stückzahl nach auf 35 630 Lichtmaschinen (38 170 i. V.), 305 684 Dynamos, Elektromotoren usw. (291 012 i. V.), 14 663 Bogen- usw. Lampen (18 042 i. V.), 26,843 Mill Metalldrahtlampen (24,011 i. V.) und 0,426 Mill Kohlefaden- usw. Lampen (0,521 i. V.). Ihr Über-

[1] El. World Bd. 95, 1930, S. 1230.
[2] Vgl. ETZ 1919, S. 148.
[3] Wirtsch. u. Stat. Bd. 10, 1930, S. 427.
[4] Vgl. ETZ 1929, S. 1071; 1930, S. 885.

Digitized by Google

Stat. Nr.	Erzeugnisse	Einfuhr in dz			Ausfuhr in dz		
		Mai	Januar/Mai		Mai	Januar/Mai	
		1930	1930	1929	1930	1930	1929
907 a	Lichtmaschinen und Lichtzündmaschinen für Motorfahrzeuge; Anlaßmotoren für Verbrennungsmotoren	58	184	461	661*	3 194*	3 681*
907 b/g	Dynamomaschinen, Elektromotoren, Umformer; Transformatoren und Drosselspulen[1]	3 122	13 468	13 876	34 776*	158 599*	125 954*
907 h	Fertig gearbeitete Anker, Kollektoren[2]	60	876	685	2 289*	10 284*	8 095*
908 a, b	Elektrizitätssammler, deren Ersatzplatten (Elektroden)	228	1 319	2 806	3 927*	21 740*	20 191*
909	Kabel zur Leitung elektrischer Ströme, zur Verlegung in Wasser oder Erde geeignet	672	3 029	[9] 10 924	56 604*	223 566*	238 479*
910 a/c	Bogenlampen, Quecksilberdampf-, Quarz- und ähnliche Lampen; Gehäuse dafür mit Glasglocken; Scheinwerfer, Reflektoren[3]	18	100	69	190	1 415	2 090*
911 a	Metallfadenlampen	135	1 055	878	809	4 776*	4 675*
911 b	Kohlenfaden-, Nernst- und andere Glühlampen	6	48	14	19	143	183*
912 A1	Telegraphenwerke; Bestandteile davon	8	44	51	28	143	152*
912 A2	Fernsprecher, Fernsprech-, Wand- und Tischstationen, Fernsprechvermittlungseinrichtungen; Bestandteile davon	32	150	243	1 794*	9 870*	7 658*
912 A3	Vorrichtungen für die drahtlose Telegraphie und Telephonie; Bestandteile davon	507	2 214	2 519	5 029*	25 585*	21 493*
912 A4	Meß-, Zähl- und Registriervorrichtungen, auch in Verbindung mit Uhrwerken; Bestandteile davon	199	827	868	3 103*	13 250*	14 469*
912 B	Bügeleisen; in der Ausfuhr auch Bestandteile davon	—	—	13	698	3 518	2 802
912 C	Heiz-, Koch- und sonstige Wärmeapparate; in der Ausfuhr auch Bestandteile davon	91	828	813	1 149*	6 477*	6 174*
912 D	Röntgenröhren; in der Ausfuhr auch Bestandteile davon	3	13	10	28*	122*	81*
912 E	Magnetzündapparate und sonstige elektrische Zündsysteme sowie Teile davon (ausgenommen Magnete); elektrotechnisches Zubehör für Motorfahrzeuge	132	895	1 275	2 161*	10 751*	10 990*
912 F1	Sicherungs- und Signalapparate; Läutewerke; Bestandteile davon	7	55	77	1 069*	4 721*	4 985*
912 F2	Vorrichtungen für Beleuchtung, Kraftübertragung, Elektrolyse; Vorschalte- und Nebenschlußwiderstände; sonst. a. n. g. Vorrichtungen; Bestandteile davon[4]	1 056	4 188	5 726	27 634*	136 688*	128 905*
912 F3	Vorrichtungen für ärztliche oder zahnärztliche Zwecke; Bestandteile davon (ausgenommen 912 D)	58	253	326	1 266*	6 875*	7 645*
912 F4	Galvanische (auch Trocken-) Elemente, elektr. u. galvanische Batterien; Thermoelemente; Bestandteile davon	20	143	218	3 184*	26 736*	25 891
912 F5	Isolationsrollen, -glocken, -knöpfe, Spulen, Taster, Schalter usw. aus Steingut, Porzellan oder Glas (ausgenommen 733 a)	293	363	139	6	6	8
912 F6	Isolationsgegenstände aus Asbest, Asbestpappe, Glimmer oder Mikanit für die Elektrotechnik (Schutzkasten usw.)	1	6	27	61	313	265*
912 F7	Isolierröhren für elektr. Leitungen aus Papier oder Pappe; Verbindungsstücke dafür[5]	.	.	.	2 566*	14 893*	12 363*
	Elektrotechnische Erzeugnisse, unvollständig angemeldet	—	—	—	1	2	3
	Summe von Tarifunterabschnitt 18B: Menge in dz	6 706	30 058	[9] 42 018	149 046*	683 661*	647 224*
	Summe von Tarifunterabschnitt 18B: Wert in 1000 RM	*3 678*	*18 155*	[9] *20 751*	*48 954**	*241 207**	*226 579**
648 a	Vorgepreßte Blöcke, Platten und Stangen aus Kohle für elektrotechnische Zwecke	38	150	156	849	4 492	5 848
648 b	Kohlenbürsten, Mikrophonkohlen usw.; Kohlenfäden für elektr. Beleuchtungskörper oder dgl., auch in Verbindung mit Platin	4	27	32	89	394*	338*
648 c	Brennstifte für Bogenlampen	62	259	547	686	3 487	3 661
648 d	Elektroden	167	1 928	3 092	20 681	109 889	114 022
733 a	Porzellanisolatoren für Telegraphen- oder Fernsprechleitungen[7]	—	—	178	8 467*	31 440*	28 070*
740 a	Glühlampenkolben	79	140	96	836	6 451	7 207
783 c	Bearbeitete Teile von elektrischen Maschinen der Nrn. 907 a/g und von Erzeugnissen der Nrn. 907 h/911 b aus nicht schmiedbarem Gußeisen	63	611	651	8	8	8
799 c	dsgl. aus schmiedbarem Eisen	122	627	254			
890 a	Isolierter Draht aus unedlen Metallen für die Elektrotechnik	283	984	1 096	11 019*	63 799*	56 765*

schuß betrug 653 603 dz im Wert von 223,052 Mill RM (605 206 dz bzw. 205,828 Mill RM i. V.).

[1] Die Ausfuhr von Quecksilberumformern ist in Nr. 912 F 2 enthalten. — Die Ausfuhr umfaßt auch andere Teile von nicht vollständigen elektrischen Maschinen. — [2] Die Ausfuhr umfaßt auch Teile von Bogenlampen außer Brennstiften (648c). — [3] Die Ausfuhr umfaßt auch Quecksilberumformer aus Nr. 907 b/g und Isolationsgegenstände, auch aus Ambroid, Hartkautschuk usw., der Nr. 912 F 5 außer Isolationsglocken (733 a). — [4] Einfuhr nach Beschaffenheit. — [5] Isolationsglocken unter 733 a, andere Waren, auch aus Ambroid, Hartkautschuk usw., unter 912 F 2. — [7] Die Ausfuhr umfaßt Isolatoren aller Art aus Steingut oder Porzellan. — [8] Für die Ausfuhr gelten die im Unterabschnitt 18 B bei den Maschinen angegebenen stat. Nrn. — [9] Berichtigte Zahl.

* Einschließlich der Reparationssachlieferungen.

Berichtigungen.

In dem Aufsatz „Die Energiequellen Deutschlands: I. Die Wasserkräfte" sind auf S. 844 der ETZ 1930 in Zahlentafel 1, Absatz IV, die Angaben über das Dhron-Kraftwerk zu berichtigen. Dieses Werk ist ein Speicherwerk mit 102 m Gefälle, 5800 kW Spitzenleistung und einer mittleren Jahreserzeugung von 10,7 Mill kWh. —

In dem Aufsatz „Die elektrochemische Industrie Schwedens und deren Stromversorgung" auf S. 906 der ETZ 1930 muß es richtig heißen „Kraftwerk Trollhättan". —

In dem Rundschau-Bericht „Die Schlagwettersicherheit der elektrischen Lokomotivförderung" auf S. 943 der ETZ 1930 ist an Stelle der im Text mehrfach erwähnten „Akkumulatorenfabrik Hagen" folgende Firmenbezeichnung zu setzen: „Accumulatoren-Fabrik Aktiengesellschaft Berlin-Hagen i. W.".

Abschluß des Heftes: 5. Juli 1930.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: i. V. Dr. F. Meißner in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Durchgehende Zugbeleuchtung einst und jetzt.

Mitteilung der AEG.

Trotzdem schon frühzeitig damit begonnen worden ist, die elektrische Beleuchtung im Bahnbetriebe einzuführen, haben erst die letzten Jahre ein befriedigendes Ergebnis gebracht. Die ursprünglich als recht einfach scheinende Aufgabe stellte sich doch als schwierig heraus.

Schon gegen Ende des vorigen Jahrhunderts rüstete man Personenwagen mit Achsgeneratoren und Akkumulatoren-Batterien aus. Diese Beleuchtungsart, die sich bis heute noch vielfach erhalten hat, ist aber kostspielig, umständlich und nicht immer zuverlässig. Eine wirtschaftliche Beleuchtung kann nur durch Erzeugung des elektrischen Stromes von der Lokomotive aus erfolgen.

Abb. 1. Turbogenerator aus dem Jahre 1901 für Zugbeleuchtung auf einer 2 B Schnellzug-Lokomotive der Preußisch-Hessischen Staatseisenbahn.

1901 wurden auf der Strecke Berlin—Stralsund mehrere Züge der Preußisch-Hessischen Staatseisenbahn mit durchgehender Zugbeleuchtung ausgerüstet. Die Lokomotiven erhielten Turbogeneratoren von je 20 PS (Abb. 1). Es zeigte sich aber, daß trotz zufriedenstellenden Arbeitens der Anlagen ein voller Erfolg nicht zu erzielen war, da die Ausrüstungen manche Unvollkommenheiten aufwiesen.

Der Aktionsradius der damaligen Lokomotiven war noch recht klein, die Zahl der auszurüstenden Maschinen war im Verhältnis zu den Wagen groß. Infolgedessen waren die Anschaffungskosten reichlich hoch. Zwischen der mit 20 000 U/min arbeitenden De Lavalschen Turbine und dem von der AEG gelieferten Nebenschlußgenerator mußte ein Getriebe eingebaut werden. Die Dampfsteuerung der Turbine war umständlich und nicht zuverlässig. Der Generator wurde mit Hilfe eines Hebelschalters an das Netz gelegt. Da zu der Zeit noch keine vollautomatischen Umschalter entwickelt waren, mußte beim Ein- und Abschalten die Maschinenspannung genau auf die Netzspannung eingeregelt werden. Um den Spannungsabfall in den Leitungen auszugleichen, war jeder Lampe ein Eisen-Wasserstoff-Widerstand vorgeschaltet. In diesen Widerständen wurden mehr als 25 vH der gesamten erzeugten Lichtleistung vernichtet.

Da auch die damals verwendeten Kohlefadenlampen 3,5 mal so viel Energie verbrauchten wie die jetzigen Metalldraht-Glühbirnen, kann man heute mit einer verlustlos arbeitenden Schaltung die gleiche Wirkung mit $^1/_5$ der damaligen Maschinenleistung erreichen.

Die neuen Anlagen der AEG für durchgehende Zugbeleuchtung vermeiden die Fehler der damaligen Ausrüstungen und sind durch die Entwicklung der Eisenbahntechnik begünstigt. Die Überwindung der Strecke Berlin—Stralsund mit einem schweren D-Zug ohne Lokomotivwechsel bedeutet jetzt keine besondere Leistung mehr; hierdurch ist die Zahl der auszurüstenden Lokomotiven erheblich kleiner und die Anschaffungskosten bedeutend vermindert worden. Eine große Entwicklung hat aber vor allem die Stromquelle, der Turbogenerator durchgemacht. Es ist der AEG gelungen, für diesen Zweck eine kleine, langsam laufende Turbine zu bauen, deren Wirkungsgrad der damals verwendeten schnell laufenden De Lavalschen Turbine kaum nachsteht, sonst aber große Vorteile gegenüber ihrer Vorgängerin aufweist. Das teure und schwere Vorgelege zwischen Turbine und Generator konnte fortfallen, da die Umdrehungszahlen beider Maschinen übereinstimmen. Erhöhung der Lebensdauer, vergrößerte Betriebsicherheit und Verbilligung des Maschinensatzes waren die Folge.

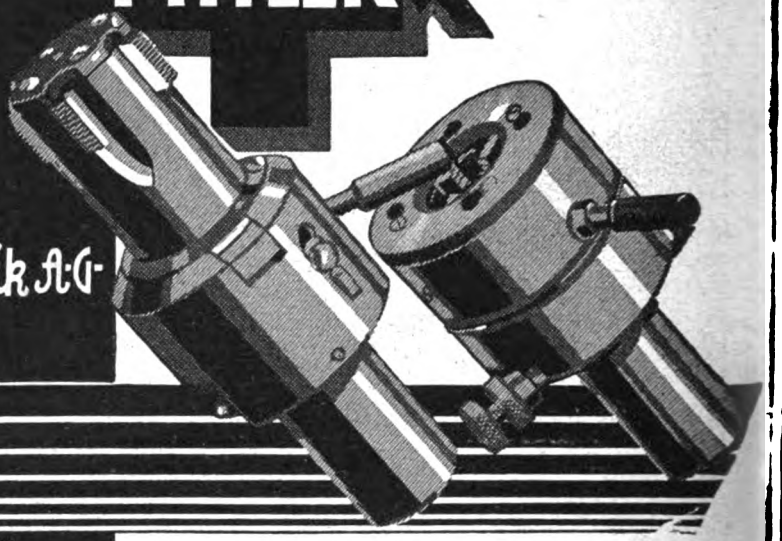
Abb. 2. 2 C 1 Einheits-Schnellzuglokomotive der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft mit zeitgemäßem Kleinturbogenerator für Lokomotivbeleuchtung.

Die Entwicklung der Regelvorrichtungen brachte einen kleinen, einfachen, empfindlich regulierenden und im höchsten Grade zuverlässigen Dampfregler für die Turbine. Das Gewicht und die Abmessungen sind auf einen Bruchteil der damaligen Werte zurückgegangen. Die Bedienung der Anlage verlangt keine besondere Aufmerksamkeit und kein hierfür geschultes Personal mehr. Die Ausrüstung arbeitet selbsttätig und ist vollkommen betriebsicher. Sie ist billig in Anschaffung und Betrieb und somit die ideale Beleuchtungsanlage für Klein- und Vollbahnen.

Digitized by Google

Das neuzeitlichste
Gewinde-Schneidwerkzeug
für Innen- und
Außen-Gewinde

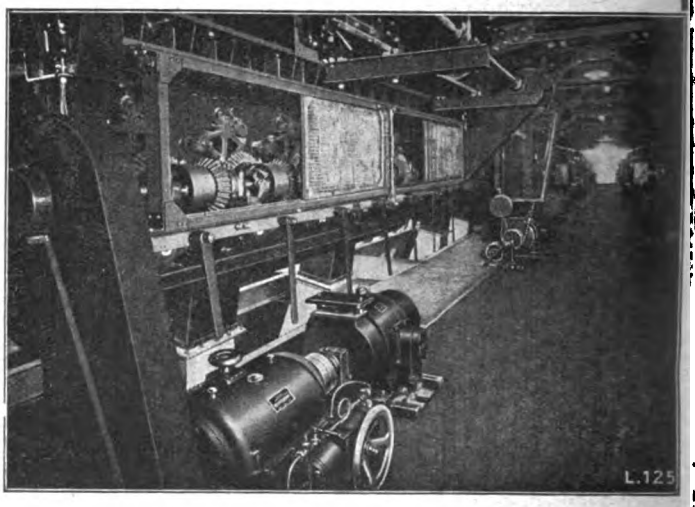
PITTLER



Pittler
Werkzeugmaschinenfabrik A.G.
Leipzig-Wahren

Für **stufenlose**
Drehzahlregelung

**Lauf-
Thoma-
Getriebe**



Antrieb von Kohlenstaubzubringern durch Lauf-Thoma-Getriebe

MAGDEBURGER
WERKZEUGMASCHINEN-
FABRIK AKT.-GES.
MAGDEBURG

Digitized by Google

AUG 8 1930

E T Z

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

INHALT

Das Pumpspeicher-Kraftwerk Niederwartha. Von Energieversorgung Groß-Dresden AG. 1025

Comité Mixte International de Traction Electrique. Sitzung in Brüssel, Mai 1930. 1031

Stromwärme in Kommutatorfahnen. Von E. Rappel. 1032

Beschlüsse des Internationalen beratenden Ausschusses für Telegraphie (CCIT). 1035

Die Wirtschaftlichkeit des elektrischen Betriebes der Schweizerischen Bundesbahnen im Jahre 1929. 1037

Die elektrischen Elemente nach dem Stand der letzten französischen Patente. 1040

Der heutige Stand des Dampfkesselbaues in Amerika. 1042

Mitteilung der PTR. Nr. 282. 1044

Rundschau:

Normale Spannungsprüfung von Hochspannungskabeln. 1045

Regeleinrichtungen für Hochspannungs-Transformatoren zum Schalten unter Last. 1046

Röntgenanlage für 600 kV. 1047

El. Wärme-Meßgeräte. 1047

Beleuchtungswertung mit Hilfe der Raumhelligkeit. 1049

Ein neues el. Signalmittel für d. Rangierbetrieb am Ablaufberg. 1050

Jahresversamml., Kongresse, Ausstellungen. 1051

Energiewirtschaft. 1051

Rechtspflege. 1052

Vereinsnachrichten. 1053 **Bekanntmachung des VDE.** 1053

Sitzungskalender. 1054

Persönliches. M. Vogelsang. 1054

Literatur. Executive Committee Internat. Congress on Illumin., W. Wien † u. F. Harms. 1054. Eingegang. Doktordissertationen. 1055

Geschäftl. Mitteilungen. 1056

Bezugsquellenverzeichnis. 1056

29. HEFT · 51. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9
(1025-1056) 17. Juli 1930

Aus technischen Gründen hat sich der Versand dieser Nummer um einen Tag verspätet

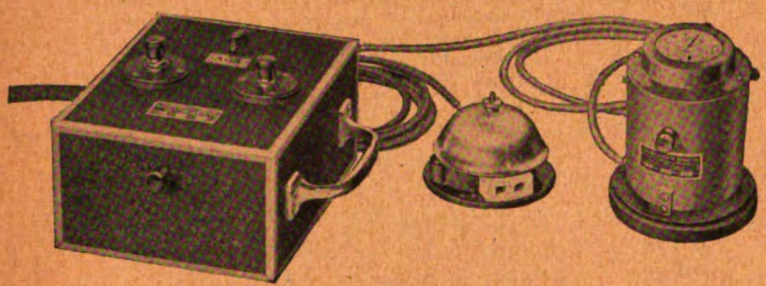
Digitized by Google

Höchste Isolationswiderstände

bis etwa $10^{14}\,\Omega$ mißt man mit dem **»MEKAPION«**

kein Spiegelgalvanometer

keine hohe Prüfspannung notwendig



Mekapion nach Strauß
mit Elektrostoppuhr und akustischem Signal

Generalvertrieb:

db

Dipl.-Ing. D. Bercovitz & Sohn

BERLIN-SCHÖNEBERG

Man verlange Beschreibung

Starkstrom - Papier - Bleikabel · Höchstspannungskabel · Fernsprech- und Telegrafenkabel
isolierte Leitungen aller Art
säurebeständige Bleimantel - Leitungen
Leitungsdrähte und -seile aus allen Legierungen

OSNABRÜCKER KUPFER-U.DRAHTWERK

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

51. Jahrgang | Berlin, 17. Juli 1930 | Heft 29

Das Pumpspeicher-Kraftwerk Niederwartha.

Von Energieversorgung Groß-Dresden AG., Dresden.

Übersicht. Neben kurzen Angaben über die tatsächliche Ausführung des Pumpspeicher-Kraftwerkes Niederwartha werden hauptsächlich die für die Ausführung des maschinellen und elektrischen Teils der Anlage maßgebenden Gesichtspunkte dargelegt und erläutert.

Es ist in der Fachliteratur bereits vor Ausführung des Pumpspeicher-Kraftwerkes im März 1927 über die Planung kurz berichtet worden[1]. Die Ausführung der Anlage hat sich völlig an die damals veröffentlichten Grundsätze gehalten mit der einzigen Abweichung, daß der ursprünglich für 90 000 kW Generatorenleistung vorgesehene Ausbau des Werkes durch entsprechende Maßnahmen, insbesondere an den wasserbaulichen Anlagen, um weitere 30 000 kW, also auf insgesamt 120 000 kW Generatorenleistung erweitert werden kann.

Zweck der nachstehenden Darlegungen ist, nunmehr kurz über die tatsächliche Ausführung der Anlagen im einzelnen zu berichten, vor allem aber die für die Ausführung des maschinellen und elektrischen Teils maßgebenden Gesichtspunkte zu kennzeichnen und zu erläutern. Über die mehr elektrowirtschaftliche Seite wollen wir an anderer Stelle[2] etwa gleichzeitig berichten.

Allgemeines.

Die Gesamtanlage gemäß Abb. 1 u. 2 umfaßt ein oberes Speicherbecken, eine Kraftwasser-Zuleitung, ein unteres Speicherbecken und die an diesem gelegenen maschinellen und elektrischen Anlagen. Das obere Becken enthält bei 2,9 Mill m³ Gesamtinhalt einen nutzbaren Speicherraum von 1,9 Mill m³ bei 9,5 m Spiegelabsenkung. Es ist ein Talsperrenbecken mit einem Erddamm von 42 m Höhe und rd. 350 m Fußbreite. Die Kraftwasser-Zuleitung umfaßt ein Einlaufbauwerk, eine obere Druckrohrleitung zunächst aus 2, später aus 4 Rohren von je 3200 mm Dmr., aus zunächst 2, später 4 Wasserschlössern, die infolge der kurzen Regulierzeit von 11 s der Maschinen 17 mm Dmr. und rd. 35 m Höhe aufweisen und als genietete Stahlbehälter ausgeführt sind, eine Schieberkammer und schließlich eine untere Druckrohrleitung zunächst aus 2, später aus 4 Rohren von 3500 ... 2500 mm Dmr.

Der untere Speicher ist ein flaches, durch einen 5 ... 6 m hohen Erddamm gebildetes Becken von 45 ha Grundfläche, welches bei 2,5 Mill m³ Gesamtinhalt einen nutzbaren Speicherraum von 1,9 Mill m³ aufweist.

A. Maschinelle Anlagen.

1. Lage des Krafthauses.

Die Hauptbauachse und Erweiterungsrichtung des Krafthauses liegt ungefähr süd-nördlich und schließt sich an die vom Berge herabkommende Rohrbahn an.

Für die Lage des Krafthauses waren bestimmend: Die Ausdehnungsnotwendigkeit des unteren Beckens, die Stellung der Freiluft-Schaltanlage und deren Erweiterung, die sich wiederum nach der Lage der 100 000 V-Leitung richtete, und die Forderung möglichst kurzer Kabelverbindungen zwischen Warte und Maschinenhaus. Die Süd-Nord-Lage der Krafthausachse ergibt sich aus der Rohrleitungsführung, da die Rohrleitung möglichst kurz an die nutzbare eigentliche Druckrohrstrecke anschließen soll. Eine fächerförmige Rohrentwicklung auf dem Berghang und damit eine Ost-West-Stellung der Krafthaus-Bauachse war nicht möglich, da die Rohrleitungen dabei länger geworden wären und das Rohrplanum größere Grundstücksflächen benötigt hätte.

An die vom Berge herabkommenden Druckrohrleitungen mit je 2,50 m Dmr. schließen sich die Verteilleitungen zu den einzelnen Maschinen in der Weise an, daß jede Rohrleitung parallel zur Krafthaus-Seitenwand geführt wird und dann von jeder Rohrleitung aus zu den Turbinen und Pumpen zu je zwei Maschinensätzen Rohrleitungen durch Stahlgußstücke abgezweigt werden, die in Form eines C-Stückes von 1,75 m bzw. 1,65 m Dmr. hydraulisch günstige Rohrführungen ermöglichen. Diese Rohrführung wurde in der Rohrwanne vor dem Krafthaus parallel zur Hausseitenwand deshalb gewählt, weil diese Anordnung eine später etwa notwendig werdende Schußrinne nach der Elbe zu gestattete. Bei der späteren Abwägung der Möglichkeit eines Rohrbruches gegenüber der Möglichkeit eines Hochwassers wurde es für wünschenswert gehalten, auf die Schußrinne nach der Elbe zu zu verzichten und das Gelände hochwasserfrei aufzuschütten. (Mittelwasser der Elbe 101,70 ü.NN, 1890er Hochwasser 107,75 ü.NN.)

Zur Entwicklung der Maschinenhaus-Bauachse nach Norden drängte auch die Anschlußgleisfrage, bei der auf dem zur Verfügung stehenden Raum nur eine Gleisentwicklung parallel zu der entlang des Talrandes liegenden Bahnlinie möglich war. Alle anderen Gleisrichtungen sind nur über eine eingebaute Deutschlandkurve und Drehscheibe zu erreichen. Die nord-südliche Achse als Hauptachse wurde auch wegen der noch relativ günstigen Erweiterungsmöglichkeit gewählt, da ein West-Ost-Bau und eine West-Ost-Erweiterung den vom Becken benötigten Raum stark beschnitten hätten, weil die Gebäude einen gewissen Abstand von der Reichsbahn einzuhalten haben. Die Hauptabmessungen und Höhen des Krafthauses sind nachstehend zusammengestellt:

Breite des eigentlichen Krafthauses 28 m,
Länge des eigentlichen Krafthauses im ersten Ausbau 74 m,
Sohle der Haupt-Sickerwasserkanäle 91,50 m ü.NN,
Gründungssohle 94,35 m ü.NN,
Achse der in das Krafthaus hereinkommenden Hauptdruckrohrleitungen 102,0 m ü.NN,
Maschinenhausflur 103,8 m ü.NN,
Wellenmittel 105,0 m ü.NN,
Gleisbühne 108,0 m ü.NN,
innere Galerie und Rechensteg 110,20 m ü.NN,
Kranschiene 118,80 m ü.NN,
Dachfirst 125,70 m ü.NN,
tiefster Wasserspiegel im unteren Becken 105,0 m ü.NN,
höchster Wasserspiegel 109,35 m ü.NN.

2. Die Maschinensätze.

a) Leistung. — Die Größe des gesamten Werkes in bezug auf Leistung und Arbeitsinhalt der Becken wurde entschieden durch die Voraussetzung eines gewissen zukünftigen Belastungsbildes der Landessammelschiene und die Größe der darin abzuschneidenden Spitzen und deren Zeitdauer. Ferner waren maßgebend die örtlichen Möglichkeiten der Erstellung der oberen und unteren Speicherräume mit geringsten Kosten. Bei ungefähr 580 000 kWh Speichervermögen des oberen Beckens können mit der Gesamtleistung des Werkes im ersten Ausbau von im Mittel 72 000 kW und im weiteren Ausbau von rd.

[1] Elektrizitätswirtsch. Bd. 26, S. 125 (1927). S. a. ETZ 1927, S. 945; 1928, S. 1222.
[2] Elektrizitätswirtsch. Bd. 29, S. 262 (1930). — Ein weiterer Aufsatz erschien in Wasserkr. u. Wasserwirtsch. Bd. 25, S. 137 (1930).

Digitized by Google

144 000 kW Spitzen von ungefähr 8 bzw. 4 h Dauer gedeckt werden. Naturgemäß war weiterhin die Aufteilung der gesamten Werksleistung in eine gleiche Anzahl Maschinensätze, da die Aufteilung in verschieden große Sätze den Gedanken, daß eine Gruppe immer Ersatz der anderen sein kann, zunichte gemacht hätte. Der Gedanke der Reserve ist soweit verfolgt worden, daß die Generatoren verschiedenen Fabrikates austauschbar hergestellt wurden. Es ist dadurch die Möglichkeit gegeben, wenn bei einem Maschinensatz z. B. ein Generator defekt ist, während von einem anderen Pumpe und Turbine defekt wurden, den gesunden Generator des letzten Satzes anstatt des defekten Generators am ersten Satz einzusetzen.

Die Aufteilung in 4 Maschinengruppen wurde deshalb gewählt, weil zur Aufnahme der Belastungstäler die Leistungen, um starke Stufenbildungen in der Belastungskurve zu vermeiden, bei anfahrender Pumpe nicht so hoch werden sollten, da man trotz des regelbaren Leitapparates der Pumpen, der in erster Linie als Schnellabschlußorgan dient, die Leistungsregelung auf längere Zeiträume ausgedehnt nicht in der Hand hat. Die Aufteilung in 4 gleiche Gruppen war auch durch die Notwendigkeit gegeben, daß für die Pumpen und bis zum gewissen Grade auch für die Turbinen bei den gegebenen Förderhöhen bzw. Gefällen nur bestimmte Wassermengen optimal verarbeitet werden können. Dies hat Einfluß auf die Drehzahl der Turbinen und Pumpen (375 U/min), und es wurde auch der Drehzahlentwicklung von der Generatorenseite her eine Grenze gesetzt, da bei den Wasserturbinen mit der Durchgangsdrehzahl (710 U/min) zu rechnen ist und große Schwungmomente eingebaut werden mußten. Hierdurch sind die äußeren Durchmesser der Generator-Rotoren beschränkt, da die mechanischen Beanspruchungen im Rotor des Generators beim Durchgehen der Turbine berücksichtigt werden müssen.

b) Anordnung. — Im Krafthaus (Abb. 3) sind die Maschinen mit 14 m Achsenabstand senkrecht zur süd-nördlichen Bauachse mit horizontaler Welle aufgestellt. Die Anordnung aller Maschinen in einer Flucht parallel zur Bauachse hätte zwar eine Verringerung der Krafthausbreite, jedoch eine bedeutende Verlängerung des Hauses selbst neben Schwierigkeiten in der Kraftwasserzu- und -abführung gebracht. Außerdem würden sich durch die Hausverlängerung bedeutende Vergrößerungen der Rohrleitungskosten im jetzigen Ausbau und auch in der Erweiterung ergeben haben, so daß die Anordnung mit parallelen Achsen die zweckmäßigste wurde. Die Wahl zwischen horizontaler und vertikaler Maschinenwelle wurde nach den damaligen Anschlägen nicht allein aus Kostengründen entschieden, sondern namentlich aus Gründen der Zweckmäßigkeit. Die Entwicklung der Tiefbaukosten des Krafthauses haben diese Wahl bestätigt, denn bei vertikaler Welle wären im vorliegenden Falle sicher höhere Kosten erwachsen. Die Zweckmäßigkeit, die horizontale Wellen-

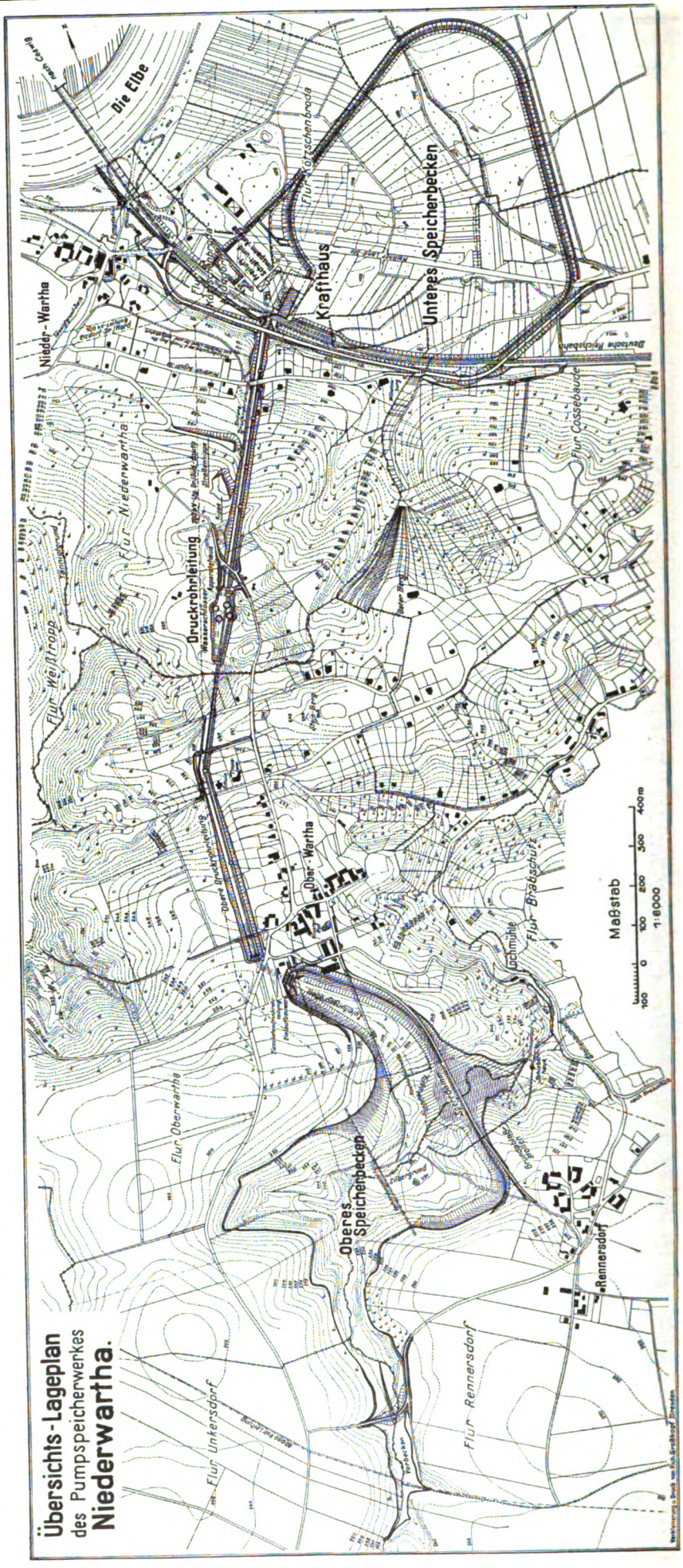


Abb. 1.

Digitized by Google

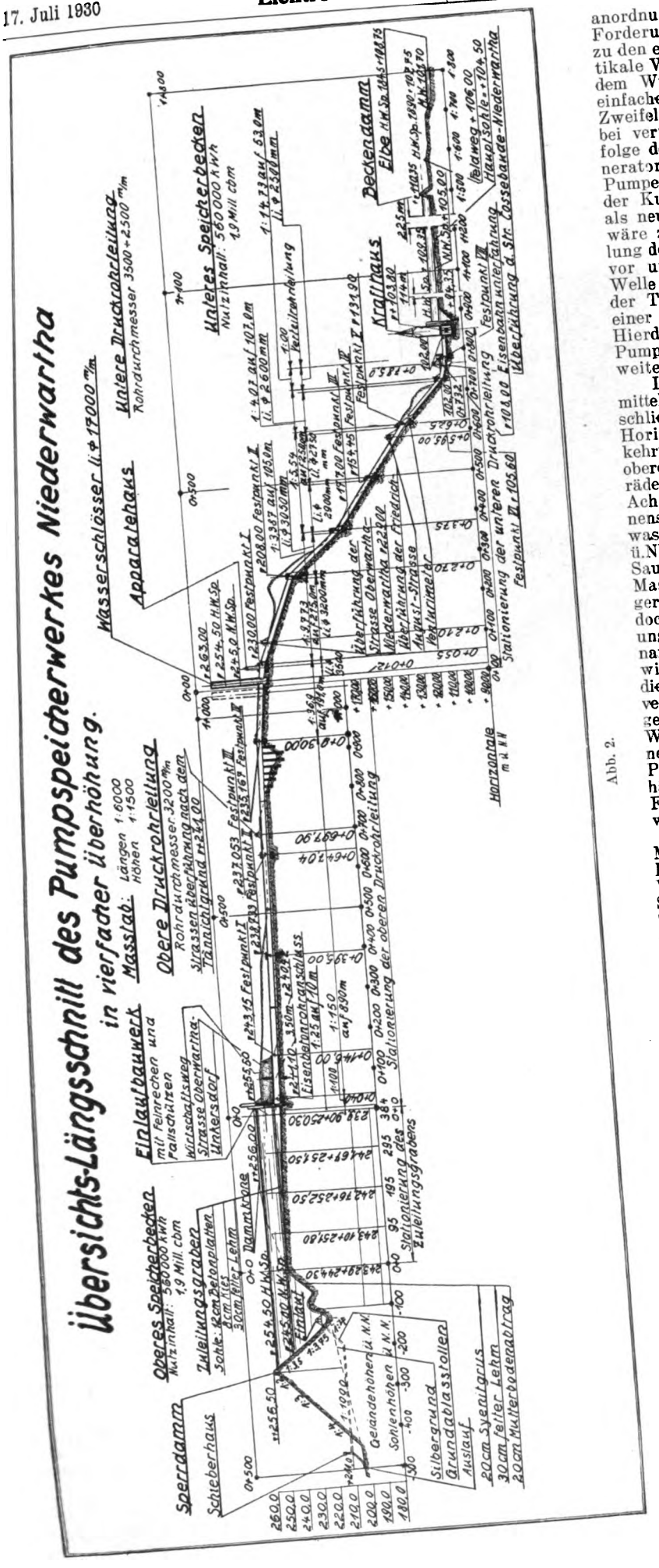


Abb. 2.

anordnung zu wählen, ergibt sich aus der Forderung nach einer guten Zugänglichkeit zu den einzelnen Maschinenteilen, die für vertikale Wellen sehr beschränkt ist, sowie aus dem Wunsche nach möglichst leichter und einfacher Maschinenmontage. Es ist ohne Zweifel, daß von oben nach unten gerechnet bei vertikaler Wellenanordnung die Reihenfolge der Maschinen hätte sein müssen: Generator—Turbine—Kupplung—Pumpe. Die Pumpe, die im ganzen Bauprojekt neben der Kupplung bei der geforderten Leistung als neuartiger Maschinenteil zu gelten hatte, wäre zu unterst gekommen. Die Entwicklung der Verteilrohrleitung in der Rohrwanne vor und im Krafthaus hätte bei vertikaler Welle auch zwangläufig eine Auffächerung der Turbinen- und Pumpenrohrleitungen in einer vertikalen Ebene zur Folge gehabt. Hierdurch würde die Zugänglichkeit zu Pumpe, Kupplung und Turbine ebenfalls weiter gelitten haben.

Im unteren Speicherbecken, das sich unmittelbar an die Ostseite des Krafthauses anschließt, schwankt der Wasserstand zwischen Horizont 105,0 ü.NN und 109,35 ü.NN umgekehrt entsprechend dem Füllungsverhältnis des oberen Beckens. Zum Schutz der Pumpenlaufräder gegen Kavitationen wurde die horizontale Achse der Pumpen und damit die der Maschinensätze auf die Höhe des tiefsten Speicherwasserspiegels, d. h. also Horizont 105 m ü.NN gestellt, so daß keine geodätische Saughöhe vorhanden ist. Zwar hätten die Maschinenfirmen für die Pumpen noch eine geringe geodätische Saughöhe zugelassen, jedoch wäre dies bei den langen Saugkanälen ungünstig gewesen, da ohnehin noch eine dynamische und Reibungsaughöhe zu überwinden waren, wodurch für die Pumpen fast die zulässige Baugrenze erreicht wurde. Bei vertikaler Welle wäre das bei tiefster Spiegelabsenkung im unteren Becken herrschende Wasserniveau zum Kriterium für die Turbinensaughöhe geworden, so daß hierdurch die Pumpe und die Kupplung zwangläufig tiefer hätten gegründet werden müssen, was erhöhte Fundamentkosten nach sich gezogen haben würde.

c) Ausführung. — Für die langen Maschinengruppen machte die Isolierung der Lager gegen Wellenströme und damit die Verhütung der korrodierenden Ströme einige Schwierigkeiten. Zu diesem Zweck wurden Turbinen-, Generatoren- und Pumpenlager durch Geaxplatten nach dem Fundamentrahmen zu isoliert. An den Stellen der Pumpe und Turbine, wo Stopfbüchsen mit fester Packung eingebaut wurden, ist durch Hartgummischeiben und Hartgummifütterung in den Stopfbüchsen eine Isolierung der metallhaltigen Packungsstoffe gegen die Turbinen- und Pumpengehäuse erreicht. Die Ausführung der Turbinen weicht nicht von der sonst in großen Wasserkraftanlagen üblichen Ausführung der Francis-Großturbinen ab. Der auch sonst gebräuchliche Schleuderschalter zur Abtrennung des Generators vom Netz bei durchgehender Turbine wurde, da ein freies Wellenende am Generator nicht vorhanden ist, auf dem Lagerbock der Turbine untergebracht, wobei der Antrieb durch ein Gummireibrad erfolgt, was bei entsprechender Ausführung den Vorzug größerer Sicherheit gegenüber einem Antrieb durch Lederschnur oder Riemen bei gesondert stehendem Schalter hat, da beim Reißen der treibenden Faden der Schalter wirkungslos würde. Der Pendelriemenantrieb der Turbinenregler besitzt selbstverständlich Riemenbruchsicherung. Mit Rücksicht auf den fest angekuppelten Turbinenläufer ist es notwendig, bei Pumpbetrieb die Turbinenspirale zu entwässern. Dies geschieht einmal dadurch, daß durch besondere Rohrleitungen eine Verbindung zwischen der Turbinenspirale und den später näher erläuterten Sickerwasserkanälen hergestellt wird, und weiterhin dadurch, daß mittels eines

Digitized by Google

besonderen Anschlusses die Turbinenspirale einen Überlauf in das untere Becken erhält, wodurch sich, da der Turbinenläufer eine pumpende Wirkung ausübt, das Wasser aus dem Turbinengehäuse selbsttätig bis zur Unterkante des Laufrades entfernt, ohne daß die Sickerwasserkanäle dadurch belastet werden, was wiederum Ersparnis an Hilfspumpenarbeit bedeutet. Voraussetzung hierfür ist natürlich, daß das Saugrohr der Turbine gegen das untere Becken hin abgeschlossen ist. Dies geschieht durch eine Rollklappe, die nach Art eines Walzenwehrs gebaut ist. Diese Verschlußvorrichtung wurde deshalb gewählt, weil aus allgemeinen Sicherheitsgründen für den Fall des Eintritts von Druckwasser in das Turbinensaugrohr ein Öffnen des Verschlusses bei innerem Überdruck gegen das untere

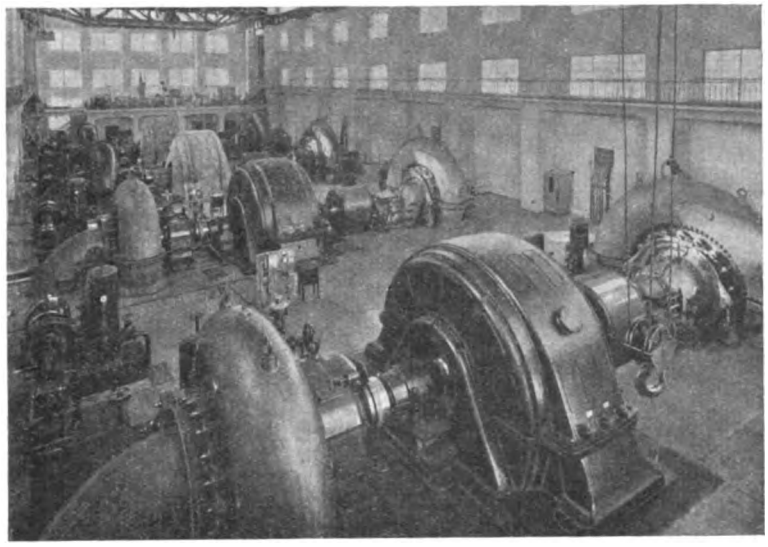


Abb. 3. Maschinenhaus.

Becken hin sichergestellt werden mußte. Die Rollklappen werden durch Öldruck betätigt.

Die Konstruktionsleistung der Turbinen bei 132 m Nettogefälle beträgt 27 000 PS bei rd. 17,5 m³/s Schluckfähigkeit; bei niedrigstem und höchstem Gefälle sind vorhanden:

Nettogefälle	rd. 120,8	143,3	m
Wassermenge	„ 17,0	18,5	m³/s
Leistung an der Welle .	„ 23 400	30 330	PS
maximaler Wirkungsgrad	rd. 90 %		
Betriebsdrehzahl	375		U/min
Durchgangsdrehzahl . . .	710	„	.

Die Generatormotoren werden im Abschnitt B. dieses Aufsatzes näher behandelt. Hier sei nur folgendes bemerkt.

Das in die elektrischen Maschinen eingebaute verhältnismäßig große Schwungmoment von 700 tm² war notwendig, da die lange Rohrleitung zwischen den Wasserschlössern und den Turbinen zur Sicherung eine verhältnismäßig große Anlaufzeit der Turbinen bedingte. Auch für die elektrischen Eigenschaften ist das hohe Schwungmoment von Vorteil, da hierdurch der Generator stabiler wird und bei Störungen länger durchhält.

Die Generatoren erhalten ihre Kühlluft aus Luftschloten, die oberhalb des Rechensteges an der Ostwand des Krafthauses errichtet sind; der Warmluft-Ausstoß erfolgt oberhalb des Daches durch die gleichen Schlote, wobei Warmluft und Kaltluft natürlich innerhalb der Schlote getrennt geführt werden. Ein Luftfilter ist nicht vorhanden, jedoch sind die baulichen Möglichkeiten, später den Ringlaufkühlerbetrieb einzuführen, sichergestellt. In den Warmluftkanälen wurden Klappen eingebaut, durch die im Winter warme Luft zum Heizen des Maschinenhauses entnommen werden kann. Dies ist besonders deshalb wichtig, weil die großen Rohrleitungen unter einer gewissen Innentemperatur zum Schwitzen und deshalb zur Rostbildung neigen.

Jeder Maschinensatz besitzt eine besondere Erregerturbinengruppe, die die Versorgung des Satzes mit Erregerstrom und mit Druck- und Schmieröl übernimmt. Die Abtrennung der Drucköl-versorgung war deshalb notwendig, weil vor Anlassen des Satzes zum Betätigen der Abschlußorgane Drucköl und zum Aufschwimmenlassen der schweren Maschinenwellen in den Lagern Druckschmieröl benötigt wird. Die Erregerturbine erhält ihr Betriebswasser aus der Haupt-Druckrohrleitung des zugehörigen Satzes, wobei die Erregerturbinen-Druckrohrleitung vor dem Hauptabschlußorgan abgezweigt ist. Die mit der Erregerturbine direkt gekuppelten Druck- und Schmierölförderpumpen sind rotierende Thoma-Kolbenpumpen, die im Prinzip aus einem rotierenden Zylinderblock bestehen, in dem parallel zur Antriebsachsrichtung Zylinderbohrungen vorhanden sind, in denen kleine Kolben hin- und hergleiten. Da der Kolbenhub während des Laufes regelbar ist, läßt sich im Gegensatz zu anderen Pumpen eine verlustlose Fördermengenregelung zwischen Null- und Vollieferungsmenge erreichen. Der Zylinderblock selbst gleitet mit seiner Stirnfläche an Steuerkanälen vorbei, so daß die Saug- und Druckperiode jeder Bohrung selbsttätig geregelt wird. Die Hauptdaten der Erregerturbinengruppen sind folgende:

Gefälle	132 m
Wassermenge . . .	0,246 m³/s
Leistung	350 PS.

Als Kupplung ist eine Doppelkonuskupplung der Bamag, Dessau, eingebaut worden. Für die Auswahl der Kupplung war maßgebend, daß die Kupplung bei laufendem Generator auf die Pumpe zugeschaltet werden muß, wenn das Werk im Sinne des Lastausgleiches arbeiten soll, da ein Einkuppeln im Stillstand jeweils das Stillsetzen des Generators mit Turbine durch Bremse und Wiederhochfahren durch die Turbine bedingt hätte.

Die Frage des Anlaufes des Generators als Motor mußte für das erstmalige Pumpen eines großen Maschinensatzes dadurch gelöst werden, daß mittels einer kleinen Hochdruckpumpe mit Vorstufe, die in ihrer Leistung von rd. 270 l/s auf 160 m mit rd. 740 PS Antriebsbedarf noch gerade über einen Anlaßtransformator angelassen werden konnte, genügend Wasser in das obere Becken geschafft wurde, um mit Hilfe der großen Turbinen ein Anwerfen der großen Generatoren und damit den Motorbetrieb zu ermöglichen. Dies wurde erst dann vorgenommen, als das obere Becken so weit gefüllt war, daß eine gewisse Wasserüberdeckung über der Sohle des Einlaufschlauches des oberen Beckens stand, da die Wassermenge von 10 m³/s einer vollfördernden großen Pumpe, auf den ungeschützten Beckenboden ausgeschüttet, diesem verderblich geworden wäre, auch mußte Rücksicht auf den Erddamm genommen werden. Aus dem gleichen Grunde wurde eine weitere Möglichkeit der Füllung des oberen Beckens d. h. also Anlauf eines großen Maschinensatzes durch elektrisches Zusammenkuppeln über eine Fernleitung mit einer großen Dampfturbine und Hochfahren dieser und damit des Generators in Niederwartha unterlassen, da dieser sogenannte Frequenzanlauf nicht unter allen Umständen zu Erfolg führen wird, wenn auch die Generatoren dafür grundsätzlich ausgelegt sind. Der Frequenzanlauf hat jedoch großen praktischen Wert für den Fall, daß innerhalb des Kraftwerkes an einem Satz die Turbine unbrauchbar geworden ist und der Wunsch besteht, die übrigen unbeschädigten Maschinen zum Pumpen zu benutzen. In diesem Falle wird die feste Kupplung zwischen Generator und Turbine gelöst und es wird der von der Pumpe abgekuppelte gebrauchsfähige Generator mit einer Nachbargruppe elektrisch verbunden, deren Generator im langsamen Anlauf den nicht mit mechanischem Antrieb versehenen Generator elektrisch mit auf die Synchrondrehzahl heraufzieht. Der wesentliche Unterschied gegenüber dem Anlauf von einem Dampfkraftwerk aus besteht darin, daß die Wasserturbine beliebig langsam auf Synchrondrehzahl gebracht werden kann, während dies bei einer Dampfturbine nicht möglich ist und dadurch der zu ziehende Generator aus der Frequenz herausgleitet und zurückbleibt.

Die betrieblichen Gründe für die Forderung einer Kupplung, die im Lauf einrückbar ist, wurden bereits genannt. Ein weiterer Gesichtspunkt für diese Forderung war auch die Ersparnis einer Bremse bei einer Kupplung, die die vorgenannte Forderung erfüllt; denn es ist möglich, Generator und Turbine auf die stillstehende Pumpe zu kuppeln und dadurch mit der Pumpe als Wasserbremse die Gruppe stillzusetzen. Dieses Verfahren darf jedoch bei durchgehender Turbine in Niederwartha nicht angewendet werden, weil der pumpenseitige Kupplungs-

Digitized by Google

teil nur mit dem 1,6fachen der Normaldrehzahl, d. h. also der Pumpendurchgangsdrehzahl, geschleudert wurde. Ein Stillsetzen der durchgehenden Turbine mit Generator ist auch nicht notwendig, da Generator und Turbine die Durchgangsdrehzahl der Turbine von 710 U/min aushalten. Als Kupplung standen zur Wahl eine Flüssigkeitskupplung nach Föttinger (Föttinger-Transformator[3]), eine elektromagnetische Kupplung nach dem Lamellensystem, eine elektromagnetische Kupplung System Forster[4] (ein großer Konus) und die Reibungskupplung der Bamag. Die drei zuerst genannten Kraftschaltapparate boten keine Sicherheit gegen ein unfreiwilliges Lösen bei plötzlichem Ausfall der elektrischen Energie oder des über-

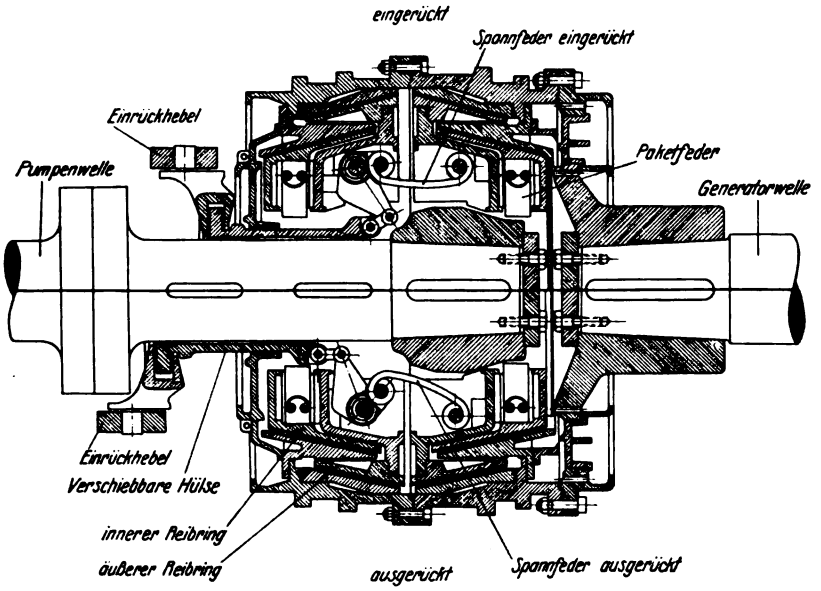


Abb. 4. Kupplung.

tragenden flüssigen Mediums, was ein Rückwärtslaufen der Pumpe verursacht hätte. Für die Pumpe selbst ist dies zwar nicht gefährlich, es kann jedoch infolge schnellen Stillstandes und Abreißens der Wassersäule in der Rohrleitung diese gefährdet werden. Man entschied sich daher zu der auf rein mechanischer Grundlage aufgebauten Dopelkonuskupplung der Bamag (Abb. 4), bei der die Konen im eingerückten Zustande von 6 Stahlfedern — diese werden beim Einrückvorgang über den Druckpunkt

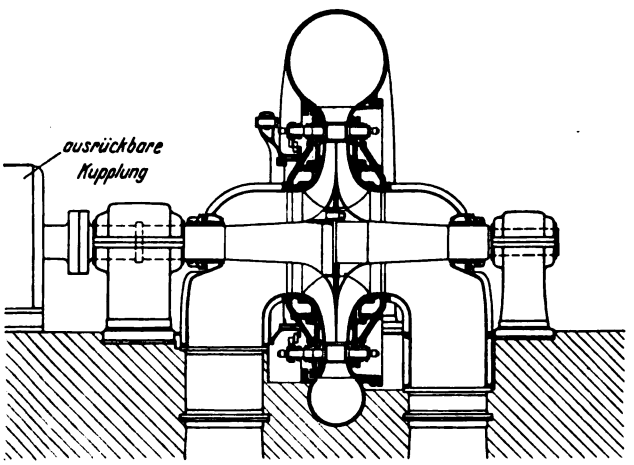


Abb. 5. Einstufige Pumpe.

hinweggebracht — zusammengepreßt werden. Die Betätigung der Kupplung, d. h. das Überschalten des Druckpunktes, wird durch Servoöl aus der allgemeinen Druckölversorgung vorgenommen. Durch ein besonderes Hahnsystem mit Schalt- und Haupthahn ist Vorsorge getroffen, daß aus dem Druckölsystem kein Sickeröl in den Servozylinder der Kupplung gelangen kann und hierdurch eine unerwünschte Betätigung erfolgt. Im übrigen ist die Kupplungsbetätigung weitgehend in die allgemeine Blockung der Schaltvorgänge einbezogen worden, so daß unerwünschte Betätigungen durch falsche Handgriffe nicht erfolgen können. Hierüber muß noch in anderem Zusammenhang gesprochen werden.

Die Pumpen der beiden liefernden Firmen Escher Wyss & Cie., Ravensburg, und J. M. Voith-Sulzer, Heidenheim an der Brenz, unterscheiden sich nur dadurch, daß die manometrische Konstruktionsförderhöhe von rd. 148 m bei den Pumpen der Firma Voith-Sulzer in einer Druckstufe aufgenommen wird (Abb. 5), während die Firma Escher Wyss & Cie. die Förderhöhe in zwei Stufen, nämlich in einer Vorförderstufe mit rd. 20 m und in einer Hauptförderstufe mit rd. 128 m erzeugt (Abb. 6). Beide Pumpenarten haben zweiseitigen axialen Zulauf aus eisernen Saugrohren, die durch die Fundamente hindurch bis auf die anschließenden Eisenbeton-Saugschläuche heruntergeführt sind. Die Eisenbeton-Saugschläuche können dort, wo sie in das untere Becken einmünden, durch einen Klappenverschluß gegen das untere Becken hin abgedichtet werden. Auch diese Klappen sind wie die Turbinenrollklappen so eingerichtet, daß sie bei innerem Überdruck nach außen aufschlagen. Für den Fall einer Beschädigung der Eisenbeton-Saugschläuche ist es möglich, durch eine Auslösung vom Rechensteg aus die Klappen frei fallen zu lassen und den schnellsten Abschluß der Kanäle herbeizuführen. Durch ein Signal ist Sorge getragen, daß der Schluß der Pumpenklappen erst dann vorgenommen wird, wenn der Pumpendruck einen gewissen Mindestwert unterschritten und damit die Förderung aufgehört hat. Hierdurch wird eine gefährliche Unterdruckbildung in den Kanälen vermieden. Die Leistungsdaten der Pumpen sind folgende:

Konstruktionspunkt auf rd. 148 m man. Förderhöhe bei 10,5 m³/s Förderleistung und rd. 25 000 PS Antriebsbedarf.

Für höchste und niedrigste Förderhöhen ergeben sich folgende Zahlen:

man. Förderhöhe	rd. 154,3	138,3 m
Wassermenge	„ 9,4	11,8 m³/s
Kraftbedarf	„ 23 000	27 000 PS
maximaler Wirkungsgrad	rd. 83 %	
Betriebsdrehzahl	375 U/min.	

Zum schnellen Abschluß der Pumpe gegen die Druckleitung hin hat jede Pumpe einen Leitapparat mit Finkhschen Drehschaufeln, wie dies auch für die Turbinen selbstverständlich ist. Wenn dieses Abschlußorgan den Wasserdurchfluß unterbrochen hat, wird der eigentliche Abschluß durch Kugelschieber bekannter Bauart der Firma Escher Wyss & Cie. herbeigeführt (Abb. 7). Der Kugelschieber hat gegenüber anderen Schiebern allgemein den Vorteil, daß in Offenstellung keine Durchgangsverluste vorhanden sind und daß der Platzbedarf verhältnismäßig gering ist. Die Betätigung erfolgt durch Öldruck.

3. Die Hilfsmaschinen.

Hilfsölpumpen. — An Hilfsanlagen sind im Krafthaus noch Ölpumpen für die Betätigung der Turbinen-Rollklappen nach dem gleichen Prinzip wie die der allgemeinen Druck- und Schmierölversorgung aufgestellt. Die Druckölerzeugung von je zwei Erregersätzen ist zusammengeschlossen, und es ist auch eine Verbindung aller Druckölleitungen untereinander möglich, so daß die Druckölversorgung unbedingt sichergestellt ist. Um jedoch für den alleräußersten Notfall eine weitere Druckölreserve zu haben, steht noch eine mit dem Drucköl-system kommunizierende Zahnrad-Druckölpumpe mit einem Windkessel von 1,5 m³ Inhalt in Reserve, die bei Schadhaftwerden einer Ölpumpe angeschaltet werden kann oder auch dauernd mitläuft und dann in die gemeinsame Druckölleitung liefert. Der Antrieb dieses Maschinensatzes erfolgt elektrisch.

Sickerwasserpumpen. — Infolge der besonderen Lage des Krafthauses zum unteren Speicherbecken, zum Grundwasser und zum Elbspiegel besitzt das Kraftwerk keine Vorflut, die gestatten würde, die anfallenden Sicker- und Steuerwässer abzuführen. Es wurde deshalb zur Entleerung der unter der Krafthausgrundplatte be-

[3] Vgl. z. B. ETZ 1913, S. 885 u. 1037.
[4] ETZ 1927, S. 1041.

Digitized by Google

findlichen Sickerwasserkanäle eine Anzahl von Sickerwasserpumpen aufgestellt, die verschieden groß sind und die Förderung des Sickerwassers wahlweise in das untere Becken oder den höher gelegenen jenseits der Bahn vorbeifließenden sogenannten Lotzebach gestatten.

Hausmaschinensatz. — Die gelegentlich des Anlaßvorganges erwähnte Hausmaschinengruppe besitzt neben Generator und Wasserturbine und der ankuppelbaren Hochdruckpumpe auf der gleichen vertikalen Welle auch eine Niederdruckpumpe, mit der eine Förderung des Wassers aus dem Sickerwasserkanal in das untere Becken möglich ist. Der Antrieb kann hierbei elektrisch unter Benutzung des Hausgenerators als Motor oder rein hydraulisch durch Benutzung der Hausturbine als Antriebsorgan erfolgen. Diese Niederdruckpumpe ist jedoch auch mit dem Lotzebach verbunden, was wiederum ein Füllen des unteren Beckens von der Elbe her durch den Lotzebach ermöglicht. Dies wird dadurch bewerkstelligt, daß der zur Elbe fließende Lotzebach kanalisiert wurde und einen Schützenabschluß erhielt. Neben der Schütze wurde ein kleines Pumpenhaus mit zwei Schraubenschauflern von je 400 l/s Fördermenge errichtet, denen das Wasser von der Elbe mit natürlichem Gefälle zufließt. Bei geschlossener Schütze gießen die beiden Schraubenschaufler das Wasser in den Lotzebach aus, welches dann im Lotzebach nach dem Krafthaus zu zurückgestaut, von der Niederdruckpumpe in die Hausmaschinengruppe angesaugt und ins untere Becken befördert werden kann. Es ist auch eine Förderung in das obere Becken durch Hintereinanderschalten der Niederdruck- und Hochdruckpumpe des Hausmaschinensatzes möglich. Die Leistungen des letzteren mit seinen Einzelteilen zeigt nachstehende Zusammenstellung:

Generator:	Nennleistung	750 kVA
	Nennspannung	6300 V
Generator als Motor:	710 kW	
	Drehzahl	1000 U/min
Turbine:	Gefälle	132 m
	Wassermenge	0,545 m³/s
	Leistung	756 PS
Hochdruckpumpe:	Förderhöhe	132 m
	Fördermenge	0,270 m³/s
Niederdruckpumpe:	Förderhöhe	18 m
	Fördermenge	0,400 m³/s.

Um ein gleichzeitiges Füllen des oberen und unteren Beckens zu ermöglichen, wurde eine weitere Füllpumpe aufgestellt, die durch eine zweite Rohrleitung vom Lotzebach saugen und in das untere Becken drücken kann. Es besteht somit die Möglichkeit, jederzeit etwaige Sicker- oder Verdunstungsverluste in den Becken auszugleichen. Die zweite Füllpumpe ist jedoch noch der Entwässerung der sich an der Westseite des Hauses hinziehenden Rohrwanne nutzbar gemacht, was durch einen Saugkorbanschluß und mehrere Schieber in einem besonderen Saugsumpf ermöglicht wurde. Zur Bewältigung größerer Wasseranfälle in der Rohrwanne ist auch noch eine weitere gleichgroße Wannenentwässerungspumpe von 400 l/s Fördermenge vorhanden, die das Wasser in das untere Becken drücken kann. Durch eine Wasserstands-Fernmeldeanlage in den Sickerwasserkanälen ist dafür gesorgt, daß das Personal jeweils über den vorhandenen Sickerwasserstand unterrichtet ist. Zum Einsatz der verschieden großen Pumpen sind noch besondere Gefahrmarkenmeldungen vorhanden, die dem Personal die Notwendigkeit des An- und Absetzens der verschiedenen Pumpen anzeigen.

4. Sicherheitseinrichtungen.

Unter dem Gesichtspunkt, daß infolge der nicht besonders günstigen hydraulischen Bedingungen der Druckrohrleitung infolge ihrer Länge die Öffnungszeiten der einzelnen Organe nicht unter gewisse Mindestwerte heruntergesetzt werden können, ohne die Rohrleitung zu gefährden, wurde auf eine vollständige Automatisierung der Anlaßvorgänge und Umschaltungen im hydraulischen Teil verzichtet. Die durch die hydraulischen Bedingungen verlangten Öffnungs- und Schlußzeiten sind derart lang, daß die Betätigung ohne Überstürzung im Handbetrieb möglich ist. Es wurden jedoch, wie schon erwähnt, diejenigen Falschbetätigungen, die zu einer akuten Gefahr für die Anlage führen können, durch mechanische und zur weiteren Sicherheit auch durch elektrische Verblockungen verriegelt, so daß die Anlage als gesichert gelten kann.

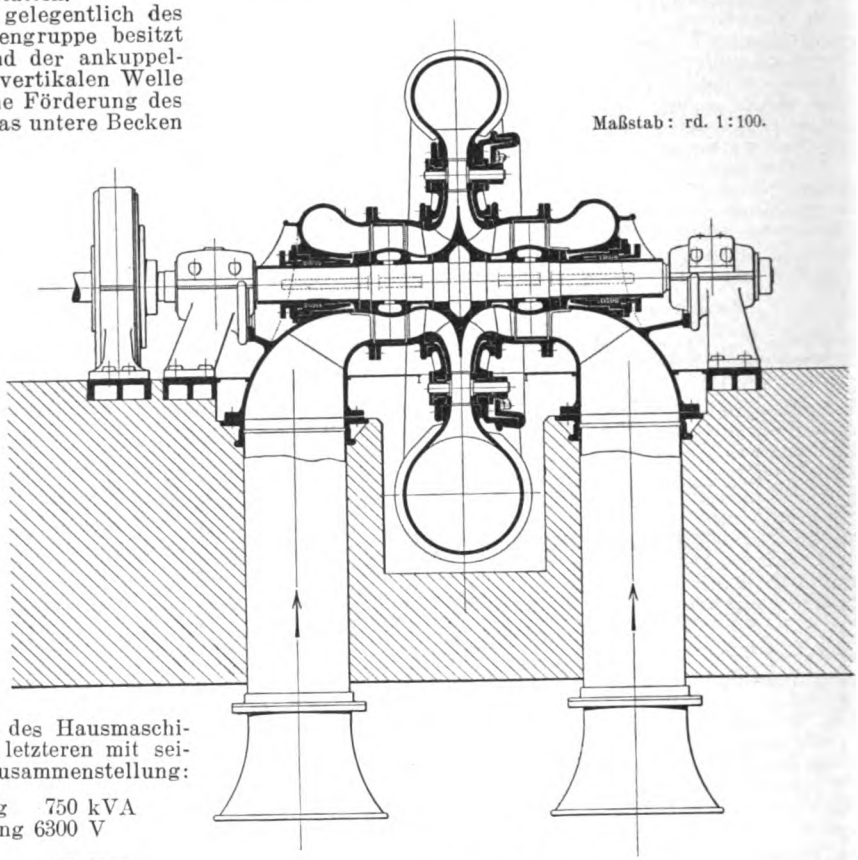


Abb. 6. Zweistufige Pumpe.

Es ist weiterhin eine ausgedehnte Sicherung der Anzeige der während des Betriebes an den Maschinen auftretenden Gefahrenzustände eingerichtet. Diese Gefahrenmeldetafel befindet sich auf der Kommandosteuersäule, die gleichzeitig die Meßinstrumente des Generators sowie den Maschinentelegraphen nach der Warte hin trägt. Die Anzeigeinstrumente des hydraulischen Teiles sind auf einzelnen Steuerständen neben den Betätigungsventilen für die einzelnen Teile der Maschinengruppen untergebracht. Es sind entlang dem etwa 21 m messenden Maschinensatz je ein Pumpen-, Kupplungs-, Kugelschieber- und Turbinensteuerstand vorhanden. Etwa in der Mitte der Gruppe, jedoch rd. 5 m aus der Front heraus, steht die vorerwähnte Kommando- und Gefahrenmeldeanlage, so daß auch von jedem der hydraulischen Steuerstände aus der Maschinist nur durch eine Kopfwendung die Kommando- und Gefahrentafel überblicken kann.

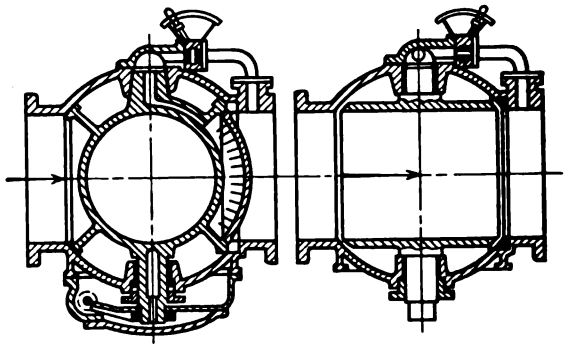


Abb. 7. Kugelschieber.

Digitized by Google

Für die vier Gruppen des gegenwärtigen Ausbaues sind zwei Haupt-Druckrohrleitungen vorhanden, von denen je eine für zwei Sätze benutzt wird. Um nun dem Maschinenpersonal jederzeit einen Überblick über die Stellung der Hauptorgane jeder Druckrohrleitung und der an der Leitung hängenden beiden Gruppen zu geben, ist zwischen den Maschinen I und II und den Maschinen III und IV im Maschinenhaus oberhalb der Galerie je ein großes Leuchtschaltbild angebracht, aus dem die Stellung folgender Organe ersichtlich ist: Fallschütz der Rohrleitung am oberen Becken, Drosselklappe im Apparatehaus am Knickpunkt der Rohrleitung, Turbinen- und Pumpenkugelschieber, Pumpen- und Turbinenleitapparat, Kupplung, Turbinen-Rollklappe und Pumpensaugrohr-Verschlußklappe. Besonders wichtig ist dies für den Fall, daß eine automatische Betätigung des Fallschützes oder der Drosselklappe infolge Überschreitens der Wassergeschwindigkeit in der Rohrleitung eintritt. Für den Fall, daß bei Rückgang der Drehzahl oder Ausbleiben der elektrischen Energie der selbsttätige Schluß des Pumpenleitapparates eintritt, wird dies außer auf dem Leuchtschaltbild auch durch die Fehlermeldetafel (akustisch und optisch) bekannt gemacht.

Eingangs wurde erwähnt, daß zur Vermeidung von Kavitationen an den Pumpenlaufrädern das Wellenmittel so gelegt wurde, daß keine geodätische Saughöhe vorhanden ist, wobei noch zu beachten ist, daß der Wasserspiegel im unteren Becken sich täglich um 4,35 m hebt und senkt, so daß er an der Außenwand des Krafthauses immer beträchtlich oberhalb des Maschinenhausflures steht. Dies bedeutet, daß in Katastrophenfällen bei Bruch einer Rohrleitung oder eines anderen wasserführenden Maschinenteiles das Personal gezwungen ist, den Maschinenraum unverzüglich zu verlassen. Um nun in diesem Falle noch eine geordnete Stillsetzung der Maschinen zu erreichen, bestehen Notdruckknöpfe, mit denen es möglich ist, je nach der Gefahrenanlage wahlweise nur eine Gruppe oder auch die betreffende Rohrleitung mit den daran hängenden beiden Maschinensätzen zu schließen. Dieser Knopf ist an jedem Satz vorhanden, soweit er den letzteren betrifft, jedoch außerdem auch noch am Ausgang des Krafthauses, so daß auch von dort aus noch die Betätigung der betriebsmäßig unter Glas liegenden Notdruckknöpfe und damit die wahlweise Stillsetzung einer Gruppe oder einer Rohrleitung möglich ist. Der Schluß der einzelnen Organe erfolgt dann selbsttätig in geordneter Reihenfolge je nach den hydraulischen Bedingungen, d. h. also auch mit den nötigen Zeitverzögerungen, um Beschädigungen der Rohrleitung durch Druckstöße vorzubeugen. Geschlossen werden bei Betätigung des Notdruckknopfes einer Gruppe: die Turbinen- und Pumpenkugelschieber, die Turbinen- und Pumpenleitapparate sowie die Turbinenrollklappe; außerdem trennt sich der Generator selbsttätig vom Netz ab. Bei Betätigung des Notdruckknopfes für den einzelnen Rohrstrang tritt außer den vorerwähnten Abschlüssen noch ein Schluß des Fallschützes im Einlaufbauwerk des oberen Beckens und der Drosselklappe im Apparatehaus hinzu. Der Abschluß der Pumpensaugrohr-Kanäle durch die bei den Pumpen genannten Fallklappen geschieht gesondert vom Rechensteg aus durch Aufhebung einer mechanischen Sperre am haltenden Windwerk der Klappe. Leitend hierfür war die Überlegung, daß eine mutwillige Betätigung der Notdruckknöpfe selbst keine Gefahren für die Gruppe oder die Rohrleitung hervorrufen kann, dagegen würde ein Verschluß der Pumpensaugkanäle während des Pumpbetriebes zu Unterdruckbildungen und damit zu schweren Gefährdungen der Eisenbetonkonstruktionen der Kanäle führen. Es wurde deshalb auf den Einbezug der Pumpenkanalklappen in das Not-Druckknopfsystem verzichtet und die Betätigung auf den gefahrenfreien Rechensteg verlegt, wo selbstverständlich die Sperrung unter Verschluß gehalten wird, so daß die Auslösung nur durch Maschinenpersonal erfolgen kann, das in ausreichender Anzahl Schlüssel für die Kästen der Fallklappen-Windwerke besitzt.

(Schluß folgt.)

Comité Mixte International de Traction Electrique.

Sitzung in Brüssel, Mai 1930

(Bericht des Deutschen Kommittees der IEC).

Gelegentlich der zur Vorbereitung der diesjährigen IEC-Volltagung abgehaltenen Sitzung des Advisory Committee on Traction Motors in London am 8. und 9. Juli 1929[1] kam zum Ausdruck, daß großer Wert darauf gelegt wurde, mit der Union Internationale des Chemins de fer (UIC) sowie mit der Union Internationale des Tramways (UIT) zusammenzuarbeiten, um möglichst gemeinsame Regeln für alle Bahnmotoren und das übrige auf Fahrzeugen verwendete elektrische Material herauszubringen. Nachdem seitens der beteiligten Verbände dahin zielende Verhandlungen entsprechend vorbereitet worden waren, fand eine erste Sitzung des aus Vertretern der obengenannten drei Verbände, IEC, UIC und UIT, gebildeten Comité Mixte in Brüssel vom 5. bis 7. Mai 1930 statt. Als Grundlage der Erörterungen diente eine vergleichsweise Zusammenstellung der IEC-Regeln letzter Fassung einerseits und der UIC-Vorschriften anderseits, die als international einheitliche Bestimmungen zusammengefaßt werden sollten. In den meisten Punkten wurde eine erfreuliche Übereinstimmung erzielt. Da aber abschließende Arbeit zum Teil nicht geleistet werden konnte, so wurde für die weiteren Arbeiten ein Redaktionsausschuß gebildet, der durch seine als Mitglieder der IEC an der diesjährigen IEC-Tagung in Skandinavien teilnehmenden Vertreter bei dieser Gelegenheit die Brüsseler Beschlüsse vertreten lassen wird.

Die nach den Brüsseler Vorschlägen vereinheitlichten Regeln sollen alle Straßenbahn-, Kleinbahn- und Vollbahnmotoren, nicht aber die Motoren von Grubenlokomotiven und von Bahnlokomotiven mit einer geringeren Stundenleistung als 15 kW umfassen.

Die Anordnung der neuen Regeln ist derjenigen der übrigen IEC-Regeln für elektrische Maschinen und der deutschen R.E.B. angepaßt. Die Einteilung ist folgende:

Abschnitt	I:	Anwendungsgebiet der Regeln,
„	II:	Nennleistungen nach IEC,
„	III:	Grenzerwärmungen auf dem Prüfstand,
„	IIIa:	Grenztemperaturen im Fahrbetrieb,
„	IV:	Messung der Temperaturen,
„	V:	Isolationsprüfung,
„	VI:	Kommutierungsversuche,
„	VII:	Versuche mit gesteigerter Geschwindigkeit (Schleuderproben).

Wiewohl die Arbeit des Comité Mixte eine sehr weitgehende war und im allgemeinen sogar schon der genaue Wortlaut der neuen Fassung festgelegt worden ist, so soll im einzelnen doch auf die verschiedenen Bestimmungen selbst erst an anderer Stelle eingegangen werden, sobald die Stellungnahme der Fachgruppe Bahnmotoren der IEC vorliegt.

In Aussicht genommen ist weiterhin auch, Bestimmungen für eine international einheitliche Bewertung der übrigen Ausrüstung elektrischer Fahrzeuge festzulegen, worüber voraussichtlich auf der nächsten Tagung des Comité Mixte in etwa einem Jahr in London verhandelt werden dürfte.

[1] Vgl. Bericht des Deutschen Kommittees der IEC in ETZ 1929, S. 1366.

Digitized by Google

Stromwärme in Kommutatorfahnen.

Von E. Rappel, Aachen.

Übersicht. **Der in den Kommutatorfahnen einer Gleichstrommaschine fließende Strom und dessen Verluste werden bestimmt unter der Annahme einer geradlinigen Kommutierung, die für den vorliegenden Bedarf hinreicht. Ausgleichströme, die sich über die Fahnen schließen, werden nicht weiter berücksichtigt.**

Der in den Kommutatorfahnen einer Gleichstrommaschine fließende Strom ist trotz der Reichhaltigkeit in der Bearbeitung des Kommutierungsproblems etwas stiefmütterlich behandelt worden. Dies rührt wohl in der Hauptsache daher, weil er auf den Kommutierungsvorgang als solchen keinen überragenden Einfluß auszuüben vermag. An und für sich scheint die Frage auch nicht so wichtig zu sein, denn die Erwärmung der Fahnen ist bei der Kürze der Einschaltdauer und der guten Kühlung normalerweise gering, da die Fahnen ja überdies aus mechanischen Gründen meist reichlicher bemessen sind, als es für die Stromführung notwendig wäre. Es interessiert aber immerhin, sich auch über diese Verhältnisse einer Gleichstrommaschine ein ungefähres Bild zu machen, zumal es im Maschinenbau doch gelegentlich einmal vorkommt, daß man gerade hinsichtlich der Erwärmung einige Zweifel hegt. Dies kann z. B. der Fall sein bei Doppelstromgeneratoren, wenn die Schleifringe an den Kommutatorlamellen liegen, so daß die Fahnen der Anschlußlamellen außer dem Kommutatorstrom auch den Schleifringstrom führen, welcher im Gegensatz zu jenem ein Dauerstrom ist.

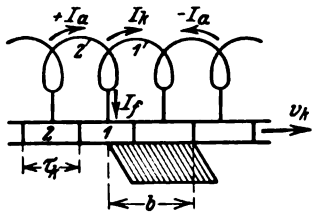


Abb. 1. Eingängige Schleifenwicklung.

In der vorliegenden Arbeit soll daher die Form des Fahnenstromes einer Gleichstrommaschine untersucht und der diesem äquivalente Dauerstrom ermittelt werden, da man bekanntlich mit einem solchen besser umzugehen versteht. Wir wollen hierfür die Annahme der geradlinigen Kommutierung des Ankerstromes treffen, da sie für den vorliegenden Bedarf vollkommen ausreichend ist. Es hätte auch gar keinen Zweck, sämtliche Feinheiten einer heutigen Kommutierungstheorie zu Rate zu ziehen, da der wirkliche Fahnenstrom außer vom Verlaufe der Kommutierung noch von ganz anderen Faktoren abhängig ist, welche der Rechnung kaum zugänglich sind, nämlich von Ausgleichströmen infolge verschiedener Polflüsse oder ungleicher Bürstenbelastung. Der tatsächlich fließende Strom wird eben von dem Strom der geradlinigen Kommutierung etwas abweichen, wofür man im Bedarfsfalle bei der Berechnung der Beanspruchung einen Sicherheitszuschlag vorsehen wird.

Die Kommutierung soll also für alle Ankerspulen geradlinig sein. Der Kurzschlußstrom I_k einer Spule ist dann gegeben durch

$$I_k = I_a\left(1 - \frac{2t}{T}\right), \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

worin I_a den Ankerzweigstrom, T die Kurzschlußzeit einer Spule in sec und t einen beliebigen Augenblickswert dieser Zeit bedeuten.

Für $t = 0$ ist $I_k = +I_a$,
„ $t = T/2$ „ $I_k = 0$,
„ $t = T$ „ $I_k = -I_a$.

Abb. 1 stelle eine eingängige Schleifenwicklung dar. Die Bürste überdecke 1,5 Lamellen. In dem gewählten Zeitpunkt ist die Lamelle *1* bereits zur Hälfte überdeckt, die Spule *1* befindet sich im Kurzschluß, während die Spule *2* noch den vollen Ankerstrom I_a führt. Nach einer weiteren Verschiebung des Kommutators um eine halbe Lamelle tritt auch die Spule *2* in den Kurzschluß ein. Die Phasenverschiebung der Kurzschlußströme I_{k_1} und I_{k_2} in den aufeinanderfolgenden Spulen *1* und *2* beträgt also

$$T_1 = \frac{\tau_k}{v_k}, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

wenn mit τ_k die Lamellenteilung in cm und mit v_k die Kommutator-Umfangsgeschwindigkeit in cm/s bezeichnet werden.

Die Kurzschlußzeit T einer Ankerspule[1] ist gleich der Zeit, die eine Isolationschicht braucht, um von einer Bürstenkante zur anderen zu kommen, also

$$T = \frac{b}{v_k}. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

Hierin bezeichnet b die tangentiale Breite der Bürstenauflagefläche in cm. Die Glimmerschicht wird als vernachlässigbar dünn angenommen.

Wir betrachten nunmehr die zur Lamelle *1* führende Fahne beim Passieren der Bürstenlage. Der Fahnenstrom ist, wie man sofort erkennt, immer gleich der Differenz der Ströme in den Spulen *1* und *2*.

Zur Zeit des Anlaufs der Lamelle *1*, d. i. von $t = 0$ bis $t = T_1$, solange also die Lamelle nur teilweise bedeckt wird, beträgt der Fahnenstrom

$$I_f = I_a - I_{k_1}.$$

Solange die Lamelle *1* vollständig bedeckt wird, ist

$$I_f = I_{k_2} - I_{k_1}.$$

Dies ist der Fall während einer Zeit

$$\frac{b - \tau_k}{v_k} = T - T_1.$$

Während des Ablaufs der Lamelle *1* von der Bürstenkante, also während einer Zeit $\frac{\tau_k}{v_k} = T_1$, führt die Spule *1* bereits den vollen Ankerstrom $-I_a$, während die Spule *2* sich noch im Kurzschluß befindet. Der Fahnenstrom beträgt dann

$$I_f = I_{k_2} - (-I_a) = I_{k_2} + I_a.$$

Für die Einschaltdauer T_f der Fahne während einer Periode erhält man somit

$$T_f = T_1 + (T - T_1) + T_1 = T + T_1 = \frac{b + \tau_k}{v_k}. \quad (4)$$

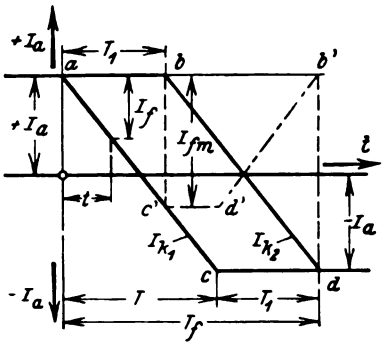


Abb. 2. Bestimmung des Fahnenstromes I_f bei einer eingängigen Schleifenwicklung.

Die graphische Darstellung der Abb. 2 ermöglicht eine viel schnellere und übersichtlichere Betrachtung des Fahnenstromes. Die Kurzschlußströme in den aufeinanderfolgenden Spulen sind parallele Geraden im Abstand T_1, und der Fahnenstrom ist dann einfach gleich den senkrechten Ordinaten des Parallelogramms *abdc* oder des flächengleichen Trapezes *ab'd'c'*. Die Ordinaten sind positiv zu nehmen. Die Höhe des Trapezes, d. h. der maximale Fahnenstrom, beträgt

$$I_{f_m} = I_a - I_a\left(1 - \frac{2T_1}{T}\right) = I_a\frac{2T_1}{T}; \quad \ldots \quad (5)$$

die Basis, d. h. die Einschaltdauer, ist $T_f = T + T_1$ und die kurze Seite ist $T - T_1$. Man überzeugt sich aus die-

[1] Vgl. hierzu Arnold-La Cour, Die Gleichstrommaschine Bd. 1, Abschn. 62.

Digitized by Google

ser Darstellung mit Leichtigkeit, daß bei geradliniger Kommutierung die Stromdichte unter den Bürsten konstant ist.

Bei der mehrgängigen Schleifenwicklung liegt eine Ankerspule zwischen Lamelle *1* und $(1 + a/p)$, wenn a die halbe Zahl der parallelen Stromzweige und p die Polpaarzahl der Maschine bedeuten. Die Phasenverschiebung der Kurzschlußströme von aufeinanderfolgenden Spulen des gleichen Wicklungsstranges beträgt daher

$$T_1 = \frac{a}{p}\,\frac{\tau_k}{v_k} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

Dazwischen liegen in Phasenabständen von

$$T_1' = \frac{\tau_k}{v_k}$$

die Kurzschlußströme der zu den übrigen Strängen gehörigen Spulen. Um diese brauchen wir uns aber nicht weiter zu kümmern. Die Kurzschlußzeit einer Ankerspule[2] beträgt bei der mehrgängigen Schleife

$$T = \frac{b - \left(\frac{a}{p} - 1\right)\tau_k}{v_k} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (7)$$

Für die Einschaltdauer T_f können wir an Hand unseres graphischen Schemas (Abb. 2) sofort schreiben

$$T_f = T + T_1$$

oder mit Berücksichtigung von Gl. (6) und (7)

$$T_f = \frac{b + \tau_k}{v_k}; \quad \ldots\ldots\ldots \quad (8)$$

wir finden, daß die Einschaltdauer von der Gangzahl a/p unabhängig ist.

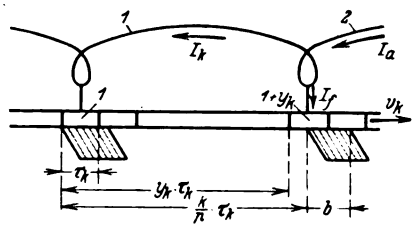


Abb. 3. Reihenparallelwicklung.

Bei dem allgemeinsten Fall der Reihenparallelwicklung (Abb. 3) liegt eine Ankerspule zwischen Lamelle *1* und $(1 + y_k)$, wenn

$$y_k = \frac{K \pm a}{p} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (9)$$

den Kommutatorschritt in Lamellenteilungen und K die Lamellenzahl bedeuten. Es soll angenommen werden, daß keine Bürsten weggelassen werden, was in der Regel ja auch zutrifft. Zwei aufeinanderfolgende gleichnamige Bürsten sind dann um K/p Lamellen voneinander entfernt und der Phasenabstand der Kurzschlußströme der Spulen *1* und *2*, die im Wicklungsstrange aufeinanderfolgen, ergibt sich zu

$$T_1 = \left(\frac{K}{p} - y_k\right)\frac{\tau_k}{v_k} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (10)$$

Setzt man y_k aus Gl. (9) in (10) ein, so findet man

$$T_1 = (\pm)\frac{a}{p}\,\frac{\tau_k}{v_k} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (11)$$

Man erhält also, abgesehen vom doppelten Vorzeichen, für den Phasenabstand T_1 den gleichen Ausdruck wie für die mehrgängige Schleifenwicklung nach Gl. (6). Das negative Vorzeichen hat für unsere Betrachtung keine Bedeutung und kann weggelassen werden, denn durch das Vorzeichen wird lediglich die Bürstenpolarität bestimmt, auf die es uns hier ja nicht ankommt.

Für die Kurzschlußzeit T einer Spule[3] erhalten wir genau den gleichen Ausdruck wie für die mehrgängige Schleife, nämlich

$$T = \frac{b - \left(\frac{a}{p} - 1\right)\tau_k}{v_k}, \quad \ldots\ldots \quad (7)$$

so daß wir also die folgenden allgemein gültigen Beziehungen als Ergebnis zusammenfassen können:

1. Die Einschaltdauer T_f einer Fahne beträgt

$$T_f = T + T_1 = \frac{b + \tau_k}{v_k} = (\ddot{u} + 1)\frac{\tau_k}{v_k}, \quad \ldots \quad (12)$$

wenn mit $b/\tau_k = \ddot{u}$ die Bürstenüberdeckung in Lamellenteilungen bezeichnet wird.

2. Die Kurzschlußzeit T einer Ankerspule beträgt

$$T = \frac{b - \left(\frac{a}{p} - 1\right)\tau_k}{v_k} = \left(\ddot{u} + 1 - \frac{a}{p}\right)\frac{\tau_k}{v_k} = c_b\,\frac{\tau_k}{v_k}. \quad (13)$$

In der letzten Gleichung haben wir gesetzt

$$c_b = \ddot{u} + 1 - \frac{a}{p}. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (14)$$

Wir wollen diesen Ausdruck als Bürstenkonstante einführen, um weiterhin bequemer rechnen zu können.

3. Der Phasenabstand T_1 der Kurzschlußströme von zwei Ankerspulen, die mit der gleichen Fahne verbunden sind, beträgt

$$T_1 = \frac{a}{p}\cdot\frac{\tau_k}{v_k}. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (15)$$

Die Beziehungen 1. mit 3. gelten nicht nur für jede Wicklungsart, sondern auch für jede beliebig verlaufende Kommutierung.

Für die geradlinige Kommutierung im besonderen gilt:

4. Der Verlauf des Fahnenstromes I_f während einer Periode ist trapezförmig (Abb. 4). Er steigt während der Zeit $t = 0$ bis $t = T_1$ geradlinig an nach der Beziehung

$$I_f = I_a - I_k = I_a\frac{2t}{T}, \quad \ldots\ldots \quad (16)$$

bleibt von $t = T_1$ bis $t = T$ konstant und fällt dann innerhalb der Zeit T_1 wieder geradlinig auf Null ab. Der Höchstwert ist also

$$I_{fm} = I_a\frac{2T_1}{T} = \frac{2I_a}{c_b}\,\frac{a}{p}, \quad \ldots\ldots \quad (17)$$

wenn man die Werte aus den Gl. (13) und (15) einsetzt.

Bei der wirklichen Kommutierung, die ja, wie eingangs bemerkt, von der geradlinigen abweicht, ist auch die Trapezform des Fahnenstromes verzerrt und I_{fm} nimmt einen etwas größeren Wert an. Bei Überkommutierung verschiebt sich das Maximum nach dem Beginn und bei Unterkommutierung nach dem Ende der Einschaltperiode zu, d. h. die Fahnen sind bei Überkommutierung an der auflaufenden und bei Unterkommutierung an der ablaufenden Bürstenkante stärker belastet. Dasselbe gilt natürlich auch für die Bürstenkanten selbst, was man besonders bei tangential gestaffelten Bürsten beobachten kann.

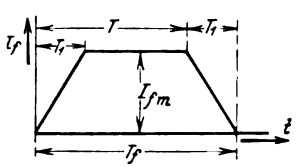


Abb. 4. Form des Fahnenstromes während einer Einschaltperiode bei geradliniger Kommutierung.

Wir berechnen nun den fiktiven Dauerstrom I_{fd}, welcher in der Fahne die gleiche Wärme erzeugen würde wie der intermittierend fließende Strom I_f. Es ist

$$I_{fd} = \sqrt{\frac{\int_0^{T_f} I_f^2\,dt}{T_p}},$$

[2] Wie Fußnote 1.

[3] Wie Fußnote 1.

Digitized by Google

wenn mit

$$T_p = \frac{K}{2p}\,\frac{\tau_k}{v_k}. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (18)$$

die Zeit bezeichnet wird, die eine Lamelle braucht, um den Weg einer Polteilung zurückzulegen. Nach Abb. 4 erhalten wir

$$I_{fd} = \frac{1}{\sqrt{T_p}}\sqrt{2\int_0^{T_1} I_f^2\,\mathrm{d}t + I_{fm}^2\,(T-T_1)}.$$

Es ist nach Gl. (16)

$$2\int_0^{T_1} I_f^2\,\mathrm{d}t = 2\left(\frac{2\,I_a}{T}\right)^2\int_0^{T_1} t^2\,\mathrm{d}t = \frac{8}{3}\,I_a^2\,\frac{T_1^3}{T^2}$$

und nach Gl. (17)

$$I_{fm}^2\,(T-T_1) = \left(2\,I_a\,\frac{T_1}{T}\right)^2(T-T_1).$$

Somit ergibt sich

$$I_{fd} = \frac{2\,I_a}{\sqrt{T_p}}\,\frac{T_1}{T}\sqrt{T-\frac{T_1}{3}}. \quad \ldots\ldots \quad (19)$$

Setzen wir noch die Werte aus den Gl. (13), (15) und (18) in (19) ein und berücksichtigen noch, daß $2\,a\,I_a = I$ gleich dem gesamten Maschinenstrom ist, so erhalten wir als Schlußresultat

$$\left.\begin{aligned} I_{fd} &= \frac{I}{p}\,\frac{1}{\ddot{u}+1-\frac{a}{p}}\sqrt{\frac{\ddot{u}+1-\frac{4}{3}\,\frac{a}{p}}{\frac{K}{2p}}} \\ &= \frac{I}{p}\,\frac{1}{c_b}\sqrt{\frac{c_b-\frac{1}{3}\,\frac{a}{p}}{\frac{K}{2p}}}. \end{aligned}\right\} \quad (20)$$

Ist q_f der Querschnitt der Fahne in mm², so beträgt die fiktive Stromdichte

$$i_{fd} = \frac{I}{q_f\,p\,c_b}\sqrt{\frac{c_b-\frac{1}{3}\,\frac{a}{p}}{\frac{K}{2p}}}\ \mathrm{[A/mm^2]}, \quad . \quad (21)$$

während die maximale Stromdichte sich aus Gl. (17) errechnet zu

$$i_{fm} = \frac{I}{q_f\,p\,c_b}\ \mathrm{[A/mm^2]}. \quad \ldots\ldots \quad (22)$$

Das Verhältnis beider Werte ist daher

$$\frac{i_{fm}}{i_{fd}} = \sqrt{\frac{\frac{K}{2p}}{c_b-\frac{1}{3}\,\frac{a}{p}}}. \quad \ldots\ldots \quad (23)$$

Wir können nun auch noch die Stromwärmeverluste in den Fahnen berechnen. Wir werden allerdings später aus einigen Beispielen finden, daß diese nicht so wesentlich sind, es interessiert aber doch, wenigstens die Größenordnung kennen zu lernen.

Bezeichnen wir mit l_f die Länge einer Fahne in m und mit ϱ_f deren spezifischen Widerstand in Ω mm²/m, so erhält man für die Verluste

$$\left.\begin{aligned} V_f &= \frac{K\,I^2\,l_f\,\varrho_f}{q_f\,p^2\,c_b^2}\cdot\frac{c_b-\frac{1}{3}\,\frac{a}{p}}{\frac{K}{2p}} \\ &= 2\,I^2\,\frac{l_f\,\varrho_f}{q_f\,p\,c_b^2}\left(c_b-\frac{1}{3}\,\frac{a}{p}\right)\ \mathrm{Watt}. \end{aligned}\right\} \quad . \quad (24)$$

Die bisherigen Beziehungen gelten auch für Einankerumformer. Wir wollen diese Verluste in Beziehung setzen zu den Verlusten V_s in den Ankerstäben. Es ist

$$V_s = I^2\,\frac{l_s\,\varrho_s\,K\,w}{q_s\,(2\,a)^2}, \quad \ldots\ldots \quad (25)$$

wenn wir mit l_s die mittlere Windungslänge in m, mit ϱ_s den spezifischen Widerstand in Ω mm²/m, mit q_s den Stabquerschnitt in mm² und mit w die Windungszahl einer Ankerspule bezeichnen. Setzen wir noch

$$w_a = \frac{K\,w}{4\,a\,p} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (26)$$

und bezeichnen damit die reduzierte Ankerwindungszahl, so erhalten wir die einfache Beziehung

$$\frac{V_f}{V_s} = \frac{l_f}{l_s}\,\frac{q_s}{q_f}\,\frac{\varrho_f}{\varrho_s}\,\frac{a}{p}\,\frac{2}{p\,w_a}\,\frac{c_b-\frac{1}{3}\,\frac{a}{p}}{c_b^2}. \quad . \quad (27)$$

Für gewöhnlich sind die Fahnen aus dem gleichen Material wie die Ankerstäbe, so daß der Faktor $\varrho_f/\varrho_s = 1$ gesetzt werden kann.

Bei Einankerumformern ist bekanntlich zu den Gleichstromverlusten noch der sog. Verlustfaktor, den wir mit f bezeichnen wollen, hinzuzurechnen. Für sie ist daher die Gl. (27) zu schreiben

$$\frac{V_f}{V_{s(EU)}} = \frac{l_f}{l_s}\,\frac{q_s}{q_f}\,\frac{\varrho_f}{\varrho_s f}\,\frac{a}{p}\,\frac{2}{p\,w_a}\,\frac{c_b-\frac{1}{3}\,\frac{a}{p}}{c_b^2}. \quad (27a)$$

Man erkennt sofort, daß bei gleicher Ausführung der Fahnen diese beim Betrieb als Einankerumformer höher belastet werden als beim Betrieb als reine Gleichstrommaschine, gleiche Ankerbelastung vorausgesetzt.

In der Zahlentafel 1 sind für einige ausgeführte Maschinen die charakteristischen Werte angegeben bzw. ausgerechnet. Die fiktive Dauerstromdichte in den Fahnen beträgt bis zu rd. 6 A/mm². Es empfiehlt sich nicht, über diesen Wert hinauszugehen, da sonst durch allzustarke Beanspruchung durch Stromwärme die Fahnen in ihrer weiteren Aufgabe, an der Kühlung des Kommutators mitzuhelfen, beeinträchtigt werden. Es ist auch eine gewisse Reserve für etwaige Zusatzströme freizuhalten. Die maximale tatsächliche Stromdichte beträgt ungefähr das 3- bis 4,2fache der fiktiven Dauerstromdichte, die Stromwärmeverluste betragen bis zu 5,5 % der Ankerkupferverluste.

Zahlentafel 1. Werte von ausgeführten Maschinen.

Kilowatt	360	220	680	250	450	1250	2700
Volt	120	500	230	115	75	230/410	600
Ampere	3000	440	2960	2170	6000	5450/3050	4500
U/min	1000	260	1000	125	215	490	500
p	3	4	3	6	6	6	6
a/p	1	½	1	½	1	1	1
w_a	2,08	13,37	2,75	3,38	1,29	1,54	2,75
K	75	428	99	243	186	222	396
$\ddot{u}$	1,48	3,82	1,61	1,93	1,48	2,03	2,2
q_s/q_f	2,8	0,84	3,4	4,0	3,2	3,27	2,93
$l_f/l_s \cdot 100$	3,41	5,55	6,7	11,9	12,2	15,6	19,4
i_{fd} [A/mm²]	5,1	0,24	5,7	1,66	4,6	5,45	2,72
i_{fm}/i_{fd}	3,3	3,58	3,58	2,93	3,66	3,3	4,2
$V_f/V_s \cdot 100$ [%]	1,61	0,0195	2,72	0,91	5,3	5,5	2,66

Abschließend möchte ich noch einmal hervorheben, daß die aufgestellten Beziehungen über den Strom in den Kommutatorfahnen streng richtig nur für geradlinige Kommutierung und gleichmäßige Belastung aller Ankerspulen gelten, daß sie aber trotzdem für die Beurteilung der Beanspruchung genügenden Anhalt bieten und daher von der Praxis bei Bedarf vorteilhaft verwendet werden können.

Digitized by Google

Beschlüsse des Internationalen beratenden Ausschusses für Telegraphie (CCIT)*.

Der Internationale beratende Ausschuß für Telegraphie (CCIT), über dessen zweite Berliner Tagung H. Stahl hier schon eingehend berichtet hat[1], hatte u. a. den am Welttelegraphenverein beteiligten Verwaltungen die Einführung von zwei Einheitsalphabeten — Nr. 1 für Mehrfachtelegraphen (Baudot, Western Union) und Nr. 2 für Springschreiber — vorgeschlagen. Inzwischen hat es sich als nötig erwiesen, in beiden einige Änderungen vorzunehmen, und zwar sind im Alphabet Nr. 1 nun auch Zeichen für den künftig etwa einzuführenden Blattdrucker vorgesehen worden, während im Alphabet Nr. 2 die stromerfüllten und stromleeren Schritte gegeneinander vertauscht wurden, um die Schrittfolge den in mehreren Ländern schon vorhandenen Apparaten anzupassen. Die Tafel zeigt beide Alphabete in der Form, wie sie den Vereinsverwaltungen nunmehr zur Beschlußfassung vorliegt.

Internationales Telegraphenalphabet Nr. 1 für Mehrfachapparate.

Nr.	Buchstabe	Zeichen	Stromschritte 1	2	3	4	5
1	A	1	—	+	+	+	+
2	B	8	+	+	—	—	+
3	C	9	—	+	—	—	+
4	D	0	—	—	—	—	+
5	E	2	+	—	+	+	+
6	F	*	+	—	—	—	+
7	G	7	+	—	+	—	+
8	H	*	—	—	+	—	+
9	I	*	+	—	—	+	+
10	J	6	—	+	+	—	+
11	K	(	—	+	+	—	—
12	L	=	—	—	+	—	—
13	M	)	+	—	+	—	—
14	N	+	+	—	—	—	—
15	O	5	—	—	—	+	+
16	P	%	—	—	—	—	—
17	Q	/	—	+	—	—	—
18	R	—	+	+	—	—	—
19	S	.	+	+	—	+	—
20	T	*	—	+	—	—	—
21	U	4	—	+	—	+	+
22	V	'	—	—	—	+	—
23	W	?	—	—	—	+	—
24	X	,	+	—	+	+	—
25	Y	3	+	+	—	+	+
26	Z	:	—	—	+	+	—
27	Buchstabenweiß mit Zwischenraum		+	+	+	+	—
28		Ziffernweiß mit Zwischenraum	+	+	+	—	+
29		✳ (Irrung)	+	+	+	—	—
30		Pause	+	+	+	+	+
31	Wagenrücklauf mit Zeilenwechsel **		—	—	—	+	+
32	Zeilenwechsel **		—	+	+	+	—

* Verfügbar für den inneren Dienst jeder Verwaltung
** Für Blattdrucker
— Arbeitstrom + Ruhestrom

Internationales Telegraphenalphabet Nr. 2 für Springschreiber.

Nr.	Buchstabe	Zeichen	Stromschritte 1	2	3	4	5
1	A	:	××		××	××	
2	B	?			××	××	
3	C	(	××		××	××	
4	D	,	××	××	××	××	
5	E	3		××			
6	F	/		××	××	××	
7	G	*		××		××	
8	H	+	××	××		××	
9	I	8		××	××		
10	J	Halt (hörbares Zeichen)	××			××	
11	K	*	××			××	××
12	L	=	××	××		××	××
13	M	'		××		××	××
14	N	—		××	××	××	××
15	O	9	××	××	××		
16	P	0				××	××
17	Q	1	××			××	××
18	R	4				××	××
19	S	*				××	××
20	T	5	××			××	
21	U	7	××			××	××
22	V	)	××	××	××		××
23	W	2		××	××		××
24	X	*		××			××
25	Y	6			××		
26	Z	.		××	××		××
27	Buchstabenweiß mit Zwischenraum						
28		Ziffernweiß mit Zwischenraum	××	××	××	××	××
29		✳ (Irrung)					
30		Löschen einer Irrung	××	××			
31	Wagenrücklauf mit Zeilenwechsel **		××				××
32	Zeilenwechsel **						

* Verfügbar für den inneren Dienst jeder Verwaltung
** Für Blattdrucker

×× Stromerfüllter Schritt (geschlossener Kontakt)

Stromleerer Schritt (geöffneter Kontakt)

Von den übrigen auf der zweiten Tagung gefaßten Beschlüssen (Avis) des CCIT bringen wir einige besonders bemerkenswerte in deutscher Übersetzung im Wortlaut[2].

A. Bestimmung der Telegraphiergeschwindigkeit einer Telegraphenverbindung.

Das CCIT zieht folgendes in Betracht:

Es erscheint nicht möglich, einfache Formeln aufzustellen, die für alle Arten von Telegraphenapparaten anwendbar wären. Nichtdestoweniger wäre es nützlich, ein Verfahren zu entwickeln, das die Übermittlungsgeschwindigkeit auf einer Telegraphenverbindung (die Telegraphiergeschwindigkeit) zu bestimmen erlaubt. Es läßt sich angeben, welchen Einfluß die verschiedenen Bestimmungsgrößen einer Verbindung auf die Telegraphiergeschwindigkeit haben.

Hiernach gibt das CCIT folgendes Gutachten ab:

Die Telegraphiergeschwindigkeit kann grundsätzlich wie folgt bestimmt werden:

1. Unter „Telegraphierweg" sei ein elektrisches Gebilde verstanden, das an einem Ende (dem Sendeende) Zustandsänderungen in Form von telegraphischen Zeichen erleidet, während das andere Ende (Empfangsende) die Wicklung eines Empfangsrelais oder eines anderen Geräts ähnlicher Wirkung enthält. Jeder Telegraphierweg ist gekennzeichnet durch das Gesetz, nach dem die elektrischen Ausgleichsvorgänge auf ihm verlaufen, und durch die Stärke der einwirkenden Störungen (Fremdströme, Folgen von ungenügender Gegensprechabgleichung, Spannungschwankungen der Batterie usw.).

2. Das Empfangsrelais sei als ein solches mit zwei Ankerstellungen angenommen. Dann beruht die Wiedergabe der Telegraphierzeichen auf der Folge der Augen-

* Bericht der zweiten Tagung des CCIT, herausgegeben durch die Deutsche Reichspost, Sept. 1929.
[1] ETZ 1929, S. 1364.
[2] Die Beschlüsse der ersten Tagung sind in der ETZ 1927, S. 1380 veröffentlicht.

Digitized by Google

blicke, in denen der Relaisanker den einen Kontakt verläßt, um sich an den andern zu legen. Für eine gegebene Telegraphenverbindung mit bestimmten Endapparaten und bestimmter Geschwindigkeit lehrt die Beobachtung, daß der Zeitabstand zwischen dem Augenblick, an dem am Sendeende ein Zeichen gesandt wird, und der zugehörigen Umschlagzeit des Empfangsrelais nicht konstant ist, sondern zwischen zwei Grenzen liegt, deren Differenz „Unschärfe" genannt sei.

3. Diese Unschärfe hängt ab von den Eigenschaften des Telegraphierwegs, von der Telegraphiergeschwindigkeit und von der Empfindlichkeit des Empfangsrelais. Sie ist also mit den Umständen veränderlich, nach Maßgabe der Störungen.

4. Man kann die Eigenschaften der Gesamtheit der Empfangsorgane, mit Ausnahme der Relaiswicklung, durch eine Zahl kennzeichnen, die man „Spielraum des Apparats" nennen möge und die in folgender Weise definiert ist: Man erzeuge in der Relaiswicklung Zeichen, die aus einerlei Stromschritten bestehen sollen, nur daß sie mit einer veränderbaren Unschärfe behaftet seien. Der Spielraum ist dann das Verhältnis des höchsten für eine richtige Übertragung noch zulässigen Wertes der Unschärfe zur Dauer eines Schrittes.

5. Der Spielraum eines Apparats hängt ab von den Eigenschaften des Gleichlaufreglers und, für gewisse Apparatarten, von der Anpassung der Empfindlichkeit des Übersetzers an die Zeit, während der er durch das Relais betätigt wird.

6. Die höchstmögliche Übermittlungsgeschwindigkeit einer Telegraphenverbindung wird hiernach bestimmt durch die Bedingung, daß das Produkt aus ihr und der Unschärfe gleich dem Spielraum sein muß. Allerdings gibt es gewisse Telegraphensysteme, bei denen die Unschärfe der den Gleichlauf regelnden Zeichen geringer ist als die der gewöhnlichen Zeichen. In diesem Fall ist die höchstmögliche Übermittlungsgeschwindigkeit größer, denn es kommt dann auf den Mittelwert beider Unschärfen an. Dies ist z. B. beim Baudotapparat der Fall, wo den Gleichlaufsegmenten sogenannte Verzögerungssegmente voraufgehen.

7. Der Spielraum kann nicht höher sein als 0,5. Beispielsweise beträgt er beim Einheits-Baudotapparat zweifach mit 12 Kontakten 0,38, dreifach mit 17 Kontakten 0,38, vierfach mit 25 Kontakten 0,33 unter der Voraussetzung, daß das Sternchenrad 12 Zähne hat und die Empfangsegmente auf ¼ gekürzt sind.

8. Aus dem vorhergehenden ergibt sich, daß die Telegraphiergeschwindigkeit in hohem Maße von den Endapparaten abhängig ist. Es wäre erwünscht, wenn die Verwaltungen an den gebräuchlichen Apparaten Untersuchungen anstellen würden, um deren Spielraum zu bestimmen.

B. Bedingungen, denen die Telegrapheneinrichtungen im Fernkabel beim jetzigen Stande der Technik genügen müssen.

I. Gleichzeitiger Telegraphen- und Fernsprechbetrieb in derselben Ader oder Unterlagerungstelegraphie.

Damit die Übertragungsgüte in den Fernsprechkreisen nicht beeinträchtigt wird, muß folgenden Forderungen genügt werden:

1. Die EMK, die durch den Telegraphensender in dem Stromkreis erzeugt wird, der die Leitung enthält, darf 50 V nicht übersteigen.

2. Wenn die Klemmen dieses Telegraphensenders über einen Widerstand von 30 Ω, der an Stelle der Leitung eingeschaltet wird, geschlossen werden, darf der diesen Widerstand durchfließende Strom 50 mA nicht übersteigen. Diese Grenze erhöht sich auf 100 mA, wenn das Kabel mit Massekernspulen ausgerüstet ist.

3. Der Zuwachs an Dämpfung für die Fernsprechleitung, der von den Einrichtungen der Unterlagerungstelegraphie herrührt, darf im Frequenzbande zwischen 300 Hz und der übermittelten Höchstfrequenz den Wert von 0,06 Neper oder 0,5 Dezibel nicht übersteigen für jede Teilstrecke der Leitung, die gleich der Länge eines Verstärkerfeldes ist.

4. Die durch die Einrichtungen der Unterlagerungstelegraphie verursachte Änderung des Scheinwiderstandes der Leitung darf in dem angegebenen Frequenzbande 10 % nicht übersteigen, wenn Vierdrahtverbindungen benutzt werden. Bei Zweidrahtverbindungen darf diese Änderung die vom CCI für Fernsprechwesen für die genaue Nachbildung des Scheinwiderstandes der Leitung durch Leitungsnachbildungen vorgeschriebenen Werte nicht überschreiten.

5. Die durch die Gesamtheit der Telegraphenapparate in einem Fernsprechkreise verursachten Störgeräusche dürfen bei einem Pegel von —1,0 Neper oder — 9 Dezibel und einem Abschlußwiderstand von 600 Ω einen Wert nicht übersteigen, der einer Störspannung von 1 mV entspricht.

Anmerkung: Die Fragen, wie die Störspannung zu bestimmen und zu messen sei und welche Grenzwerte für die auf den Fernsprechleitungen erzeugten, aus verschiedenen Quellen herrührenden Störgeräusche festzusetzen wären, unterliegen der Prüfung durch die Gemischte Internationale Kommission für den Schutz der Fernmeldelinien und unterirdischen Leitungsanlagen.

6. Der durch die Einrichtungen der Unterlagerungstelegraphie verursachte Zuwachs an Nebensprechen soll folgendermaßen bestimmt werden: Man ersetzt die Kabelvierer durch künstliche Leitungen, die frei von Nebensprechen sind und in den Grenzen des Möglichen den Wellenwiderstand der Kabeladern nachbilden (Viererabschlüsse). Unter diesen Bedingungen darf die vom Fernsprechamt aus gemessene Dämpfung des Nebensprechens nicht geringer sein als folgende Werte:

a) für Vierdrahtverbindungen: 7,5 Neper oder 65 Dezibel für das Nebensprechen zwischen irgendzwei Sprechkreisen desselben Viererseils; b) für Zweidrahtverbindungen: 8,5 Neper oder 74 Dezibel für das Nebensprechen zwischen irgendzwei Sprechkreisen desselben Viererseils; c) für Vierdraht- und für Zweidrahtverbindungen: 10,0 Neper oder 87 Dezibel für das Nebensprechen zwischen zwei Sprechkreisen verschiedener Viererseile.

7. Nach Einbau der Einrichtungen für die Unterlagerungstelegraphie darf die Unsymmetrie der Fernsprechverbindungen gegen Erde nicht den durch das CCI für Fernsprechwesen vorgeschriebenen Wert überschreiten.

8. Da die tiefen Frequenzen für eine gute Musikübertragung nützlich sind, dürfen die mit Unterlagerungstelegraphie belegten Adern nicht zu Rundfunkübertragungen benutzt werden.

II. Telegraphen- und Fernsprechbetrieb in getrennten Adern.

1. Die Telegraphie benutzt pupinisierte Adern, die u. U. später als Fernsprechleitungen verwendet werden könnten: Die unter I. 1., 2. und 5. festgesetzten Bedingungen müssen erfüllt sein.

2. Benutzung nicht pupinisierter Adern durch die Telegraphie: Nur die Bedingung unter I. 5. muß erfüllt sein.

III. Wechselstromtelegraphie.

Die Gesamtleistung aller auf einer Leitung gleichzeitig fließenden Trägerströme darf 5 mW beim Pegel 0 nicht überschreiten.

C. Bedingungen für die Bildübertragung im zwischenstaatlichen Verkehr hinsichtlich der Übertragungsmittel.

1. Für den Bildtelegraphenbetrieb sind nur solche Fernsprechleitungen brauchbar, in denen die Rückkopplungsvorgänge das zulässige Maß (vgl. Punkt 4) nicht überschreiten. Aus diesem Grunde scheiden die Zweidrahtleitungen praktisch für den Bildtelegraphenbetrieb aus. In normaler Vierdrahtschaltung ist die Leitung jeweils nur für die Übertragung in der einen oder der anderen Richtung benutzbar; hier ist im allgemeinen die Anwendung von Echosperren zur Unterdrückung der Rückkopplungsvorgänge erforderlich. Bei gleichzeitiger Übertragung in beiden Richtungen müssen Vierdrahtgabeln und Echosperren abgeschaltet werden.

2. An die Restdämpfung einer für den Bildtelegraphenbetrieb benutzten Vierdrahtleitung werden im allgemeinen dieselben Anforderungen gestellt wie im Fernsprechbetriebe.

a) Die Dämpfung von Fernamt zu Fernamt soll 1,3 Neper oder 11 Dezibel nicht übersteigen.

b) Die Dämpfung von Bildstelle zu Bildstelle[3] soll nicht mehr als 3,3 Neper oder 29 Dezibel betragen.

c) Die Dämpfungsverzerrung von Bildstelle zu Bildstelle soll innerhalb des Übertragungsbereichs der Bildtelegraphie 1,0 Neper oder 9 Dezibel nicht überschreiten. Da für die Fernsprechleitung selbst schon eine Verzerrung von 1,0 Neper oder 9 Dezibel zulässig ist, müssen nötigenfalls die Verbindungsleitungen zwischen Bildstelle und Fernamt entzerrt werden.

d) Die Restdämpfung soll während der Dauer einer Bildübertragung möglichst beständig sein. Plötzliche Änderungen von 0,1 Neper oder 1 Dezibel

[3] Als Bildstelle bezeichnet man jede Anstalt, die Bilder sendet oder empfängt.

Digitized by Google

machen sich auf den übertragenen Bildern schon bemerkbar. Ferner muß jede noch so kurzzeitige Unterbrechung der Leitung streng vermieden werden. Hierauf ist bei Messungen an den Verstärkern und Leitungen sowie beim Batteriewechsel mit größter Sorgfalt zu achten. Um jede Störung zu vermeiden, sollen die Fernämter bei der Verlängerung der Fernleitung bis zu den Bildstellen ausgeschaltet sein.

Besondere Vorsichtsmaßregeln sind erforderlich, um sicherzustellen, daß weder durch die Leitung noch durch die Verstärker irgendwelche, selbst unhörbare Trägerstrommodulationen verursacht werden. Eine solche Modulation kann insbesondere durch Schwankungen der Heizspannung oder durch die Unterlagerungstelegraphie entstehen.

e) Der Ausgangspegel der Leitungsverstärker soll zwischen + 0,5 und + 1,0 Neper bzw. + 4,5 und + 9 Dezibel liegen. Die Leistung des Bildsenders ist so zu bemessen, daß die Strichleistung am Ausgang dieser Verstärker 10 ... 20 mW beträgt.

3. Durch die unterschiedliche Laufzeit der verschiedenen Frequenzen und die endliche Breite des Übertragungsbereichs treten Ein- und Ausschwingvorgänge auf, die die Geschwindigkeit der Bildübertragung begrenzen. Je größer die Laufzeitdifferenzen der verschiedenen Frequenzen sind, desto schmaler muß der Übertragungsbereich gewählt werden und desto geringer wird dementsprechend die Übertragungsgeschwindigkeit. Die Güte der übertragenen Bilder hängt ab von der Feinheit des Rasters und von der Dauer der Ein- und Ausschwingvorgänge, die je nach den Übertragungseigenschaften der Leitungen verschieden sind. Die wichtigsten Ergebnisse einer großen Zahl von Versuchen mit einem Raster von 5 Linien je Millimeter sind im folgenden Absatz angegeben.

Mittelstark belastete Leitungen sind im allgemeinen bei einer Übertragungsdauer von 6 min/dm² bis zu 600 km, bei 3 min/dm² Übertragungsdauer bis 300 km verwendbar. Bei Kabeln über 600 km Länge empfiehlt es sich, die Phasenverzerrung durch Phasenausgleichsmittel zu beseitigen. Phasenentzerrte Fernleitungen mittelstarker Belastung sind schon bis 1800 km Länge bei einer Übertragungsdauer von 3 min/dm² mit Erfolg zur Bildübertragung benutzt worden. Schwach pupinisierte Fernkabelleitungen sind auch ohne Phasenausgleich für den Bildtelegraphenbetrieb brauchbar, u. zw. Leitungen bis 1800 km Länge bei 3 min/dm² und bis 3600 km Länge bei 6 min/dm² Übertragungsdauer.

4. Die Störungen durch Nebensprechen, Starkstromgeräusche und Rückkopplungsströme müssen so gering sein, daß der Unterschied zwischen Störstrom- und Bildstrompegel mindestens 4 Neper oder 35 Dezibel beträgt. Die Pfeifsicherheit muß mindestens 4 Neper oder 17,0 Dezibel betragen. Bei Verwendung von Echosperren in Vierdrahtverbindungen reicht eine Pfeifsicherheit von 0,5 Neper oder 4,5 Dezibel noch aus.

5. Es ist erwünscht, daß die für Bildübertragung benutzten Leitungen auf den Endämtern und den Zwischenverstärkerämtern besonders gekennzeichnet werden. Außerdem ist das Eintreten in die Leitung während einer Bildübertragung streng zu verbieten.

D. Bauart der oberirdischen Telegraphenleitungen.

Das CCIT wiederholt sein auf der ersten Tagung ausgegebenes Gutachten Nr. 1:

Für den zwischenstaatlichen Schnelltelegraphendienst sollen, wenn im Fernkabelnetz nicht besondere Adern für Telegraphenzwecke vorgesehen sind, in erster Linie verfügbare Fernsprechadern verwendet werden.

Das auf der ersten Tagung ausgegebene Gutachten Nr. 2 wird wie folgt geändert:

Es ist erwünscht, als Freileitungen für den Schnelltelegraphenbetrieb in erster Linie Kupfer- oder Bronzedrähte zu verwenden, die folgenden Anforderungen genügen:

a) Kupferdrähte: Durchmesser mindestens 3 mm; Zugfestigkeit mindestens 40 kg/mm²; spezifischer Widerstand für 1 mm² Querschnitt und 1 km Länge bei + 20 ° C höchstens 18,2 Ω.

b) Bronzedrähte: Durchmesser mindestens 2,5 mm; Zugfestigkeit 60 kg/mm²; spezifischer Widerstand für 1 mm² Querschnitt und 1 km Länge bei + 20 ° C höchstens 27,8 Ω.

Das Gutachten Nr. 3 wird durch das folgende ersetzt:

Versuche, Berührungen und Isolationschwankungen oberirdischer Leitungen durch Gebrauch von isolierten Drähten ohne Gummihülle zu verhüten, haben keinen ausreichenden Erfolg gehabt.

Die Verwendung gummiisolierter Drähte erhöht die Anlagekosten, ohne daß ein einwandfreier Schnelltelegraphenbetrieb auf sehr lange Dauer gewährleistet ist. Durch Einbau papierisolierter Drähte mit Bleimantel würde dieser Unzuträglichkeit sicher abgeholfen werden, aber die Kosten wären zu hoch, als daß der Betrieb noch wirtschaftlich gestaltet werden könnte.

Hiernach gibt das CCIT folgende Gutachten ab:

Es ist ratsam, die durch außergewöhnlich feuchte Gegenden führenden Teilstrecken sonst einwandfreier Linien zu verkabeln.

Wir raten davon ab, die blanken Drähte von Leitungen, die mit Schnelltelegraphen- oder Mehrfachapparaten betrieben werden, durch gummiisolierte Drähte oder durch isolierte Drähte mit Bleimantel in der Absicht zu ersetzen, die elektrischen Eigenschaften der Leiter dadurch zu verbessern. *M. B.*

Die Wirtschaftlichkeit des elektrischen Betriebes der Schweizerischen Bundesbahnen im Jahre 1929*.

In der Einleitung zum Bericht (Abschnitt 1) hebt der Verfasser E. Huber-Stockar, der verdiente technische Berater der Generaldirektion für die Elektrisierung der Schweizerischen Bundesbahnen (SBB), hervor, daß es im wesentlichen darauf ankommt, die Frage zu beantworten, welche Ersparnisse durch den elektrischen Betrieb gegenüber dem Dampfbetrieb nachgewiesen werden können. Er führt unter Hinweis auf die von ihm verfaßte Denkschrift „Die Elektrisierung der Schweizerischen Bundesbahnen bis Ende 1928" im besonderen an, daß die ziffernmäßig nachweisbaren Ersparnisse keineswegs alle durch die elektrische Betriebsform für den Haushalt gewonnenen Werte ausmachen, und erinnert ferner daran, daß das schweizerische Elektrisierungsprogramm von 1918 in erster Linie zum Schutze des Betriebes der SBB vor künftigen Kohlenkrisen gefordert, aufgestellt und durchgeführt wurde. Bei Wiederholung einer solchen Krisis wie 1918/1922 würde beim heutigen elektrischen Betrieb, bezogen auf den heutigen Kohlenpreis, eine Ersparnis an Kohlenkosten in der Höhe von 80 Mill Fr im Jahr eintreten. Der Verfasser betont sodann die Hauptschwierigkeit des Wirtschaftsvergleiches, nämlich die Aufstellung der Kosten des nicht mehr vorhandenen Dampfbetriebes, über den im Benehmen mit den leitenden Kräften des technischen, des Finanz- und Verwaltungsdienstes der SBB und mit der Schweizerischen Lokomotiv- und Maschinenfabrik Winterthur eingehende Untersuchungen angestellt wurden.

Huber-Stockar betont ferner, daß die statistischen und erfahrungsmäßigen Grundlagen zu diesem Berichte bedeutend breiter und bestimmter waren als beim letzten Bericht[2] vom 8. X. 1926, der eine Beilage zum Voranschlage der SBB für das Jahr 1927 bildete.

Der Wirtschaftsvergleich umfaßt das gesamte elektrisch betriebene Netz mit einer Länge von 1679 km.

Der 2. Abschnitt des Berichtes behandelt das „Elektrisierungskapital", das sind die gesamten Elektrisierungskosten, die im Geschäftsbericht der SBB für 1928 mit dem Betrag von rd. 625,4 Mill Fr — ohne den Bundesbeitrag von 50,0 Mill Fr Ende 1928 — ausgewiesen sind; das Anlagekapital des elektrischen Betriebes ist um die Bauausgaben zu Lasten der Betriebsrechnung (Ende 1928 rd. 19,46 Mill Fr) kleiner als das Elektrisierungskapital; letzteres ist ganz zu verzinsen, die Tilgung beschränkt sich auf das Anlagekapital; die Einlagen in den Erneuerungsfond nach dem Reglement der SBB beziehen sich auf die Inventarwerte der einzelnen Objekte, deren Höhe von den Anlagewerten abweicht.

In Zahlentafel 1 ist das auf Mitte 1929 bezogene Anlagekapital, das Huber-Stockar in seinen einzelnen Posten als „approximativ" bezeichnet, zusammengestellt.

* Bericht, erstattet der Generaldirektion der SBB von Dr. E. Huber-Stockar. Erschienen als Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft Zürich.

[2] Schweiz. Bauzg. Bd. 88, S. 251 (1926). — ETZ 1926, S. 1550.

Digitized by Google

Zahlentafel 1. Auf Mitte 1929 bezogene Elektrisierungskosten.

Lf. Nr.	Aufwendungen für	zu verzinsendes Elektrisierungskapital (gesamte Baukosten) im einzelnen Fr	zu verzinsendes Elektrisierungskapital (gesamte Baukosten) im ganzen Fr	zu tilgendes Anlagekapital (Anlagewerte im Baukonto) im einzelnen Fr	zu tilgendes Anlagekapital (Anlagewerte im Baukonto) im ganzen Fr	für Erneuerungsrücklagen in Betracht kommende Teilbeträge im einzelnen Fr	für Erneuerungsrücklagen in Betracht kommende Teilbeträge im ganzen Fr	Rücklagensatz für Erneuerung %
	A) Energieversorgung							
1	Allgemeine Kosten	5 567 600		5 567 600		—		—
2	Erwerbung von Wasserkräften	5 102 900		2 100 000		—		—
3	Kraftwerke	135 680 700		135 678 000		43 513 350		3,0
4	Übertragungsleitungen	35 443 400		34 940 800		31 718 450		1,0
5	Unterwerke	37 269 400		36 704 600		23 126 780		3,0
	Summe A)		219 064 000		214 993 000			
	B) Fahrleitungsanetz							
6	Linienausrüstung	106 244 710		104 175 000		95 716 000		1,5
7	Lichtraumprofil-Herstellung	14 057 100		8 140 300		—		
8	Schwachstromanlagen	66 300 570		62 170 000		—		
	Summe B)		186 602 380		174 485 300		95 716 000	
	C) Einrichtungen für den elektrischen Betrieb							
9	a) Werkstätten	6 798 560		6 581 600		—		
	b) Depot	2 427 920		1 746 600		—		
	Summe C)		9 226 480		8 328 200			
	D) Rollmaterial							
10	elektrische Triebfahrzeuge	203 767 990		203 767 990[1]		203 767 990		2,3
11	elektrische Wagenheizung	10 585 250		10 585 250[1]		10 585 250		2,0
12	Dampfheizwagen	1 346 400		1 346 260[1]		1 346 260		2,3
	Summe D)		215 699 640		215 699 500[1]		215 699 500	
	Summe A ... D		630 592 500		613 506 000[2]			
	E) Bundesbeitrag		60 000 000					
	Gesamtkosten		690 592 500					

[1] Hiervon sind nur 30 % zu tilgen, also zu tilgendes Anlagekapital: 64 709 500 Fr. — [2] Zu tilgender Betrag: 462 516 000 Fr.

Es enthält außer dem Bundesbeitrag in der Höhe von 60 Mill Fr auch die Ausgaben für die elektrische Wagenheizung und für die Dampfheizung elektrisch beförderter Züge mit ausländischen, nicht elektrisch heizbaren Wagen, Beträge, die im Geschäftsbericht der SBB für 1928 nicht enthalten sind. Die Übersicht gibt sowohl hinsichtlich ihres Aufbaus als auch mit Rücksicht auf die vom Verfasser gegebenen Erläuterungen einen lehrreichen Einblick in das Wirtschaftsgebahren der SBB. Man erfährt, daß von den Umbaukosten für Schwachstromleitungen nur 70 % als Elektrisierungskosten gebucht wurden; dies wird damit begründet, daß infolge der starken Entwicklung des Fernmeldedienstes auch ohne Einführung des elektrischen Betriebes umfangreiche Leitungsbauten nötig gewesen wären; ähnlich wurde beim Umbau der Leitungen der Eidgenössischen Telegraphenverwaltung verfahren, an dessen Kosten die SBB gesetzlich mit 66 % beteiligt sind. Die Ausgaben für Verstärkung und Umbau von Brücken (rund 33 Mill Fr) wurden den Elektrisierungskosten nicht zugerechnet, weil sie bei der natürlichen Entwicklung der Dampfbetriebsmittel auch nicht zu vermeiden gewesen wären.

Huber-Stockar rechnet mit einem durchschnittlichen Zinsfuß von 5,477 %, der auch die Unkosten für Geldbeschaffung und die Kursverluste berücksichtigt. Der Tilgungssatz für das Anlagekapital beträgt 0,15 %. Nach Zahlentafel 1 ist das Anlagekapital um rund 17 Mill Fr niedriger als das Elektrisierungskapital; von Bedeutung in wirtschaftlicher Hinsicht ist die Tatsache, daß von den Kosten des Rollmaterials (lfd. Nr. 10, 11 und 12 der Zahlentafel 1) nur 30 % zu tilgen sind, wodurch das zu tilgende Anlagekapital um rund 151 Mill Fr niedriger wird. Für das gesamte Elektrisierungskapital von rund 630,6 Mill Fr sind daher bei jährlichen Zinskosten von rund 34,54 Mill Fr nur 0,694 Mill Fr an Tilgungsbeträgen aufzubringen. Für die Erneuerung, die nach den in Zahlentafel 1 angegebenen Sätzen jährlich rund 8,68 Mill Fr Einlagen erfordert, werden jedoch die gesamten Baukosten des Rollmaterials zugrunde gelegt. Daß von den allgemeinen Kosten und von jenen für Erwerb der Wasserkräfte sowie für Lichtraumprofil-Herstellung keine Einlagen in den Erneuerungsfond gemacht werden, ist ohne weiteres verständlich, ebenso daß der rücklagenpflichtige Teilbetrag der Kraftwerkskosten nur etwa ½ der Baukosten beträgt; weniger klar ist, daß für Schwachstromanlagen, ferner für Werkstätten und Depot, die zusammen einen Anlagewert von 70,5 Mill Fr ausmachen, keine Erneuerungsrücklagen angesammelt werden.

Bis Ende 1928 waren im ganzen in den Erneuerungsfonds 36,88 Mill Fr eingelegt, 1,22 Mill Fr entnommen worden. Huber-Stockar meint, daß die Zeit, zu welcher Einlage und Entnahme in ihrer Höhe etwa gleich sein werden, noch ferne liegt; er folgert daraus, daß die gesetzlichen und reglementarischen Bestimmungen bei den SBB hinsichtlich des Erneuerungsfonds den elektrischen Betrieb in einem Maße benachteiligen, welches bei wissenschaftlicher Betrachtung unzulässig wäre; denn vom kaufmännischen Standpunkte aus könnte es gerechtfertigt sein, den Betrag des Erneuerungsfonds von dem Betrag des zu verzinsenden Kapitals abzuziehen.

Im dritten Abschnitt „Die Kosten der elektrischen Energie" ist der Strompreis einmal ab Unterwerk, sodann am Stromabnehmer behandelt. Der Untersuchungen ist ein voraussichtlicher Arbeitsverbrauch von 404 Mill kWh für das Jahr 1929 zugrunde gelegt.

Die Ausgaben für Erzeugung, Übertragung und Umspannung betragen im ganzen 18,743 Mill Fr; diesen stehen Einnahmen in der Höhe von 1,315 Mill Fr gegenüber; letztere rühren hauptsächlich vom Verkauf elektrischer Arbeit her (an Dienststellen und an Dritte: 1,013 Mill Fr).

Von den Ausgaben in genannter Höhe treffen:

8,25 % für Gehälter, Taglöhne, Dienstkleider und Reisekosten (Personal),
1,85 „ für Unterhaltung, Ausbesserung, Ersatz,
7,80 „ für Bezug von Fremdstrom,
2,04 „ für Wasserzinsen,
1,97 „ für Versicherungen, Pensions- und Hilfskassen, Beleuchtung, Heizung und Reinigung sowie für Verschiedenes,
12,36 „ für Rücklagen in den Erneuerungsfonds,
1,72 „ für Tilgung des aus Zahlentafel 1 unter Abschnitt A) aufgeführten Anlagekapitals,
64,01 „ für Verzinsung des unter Abschnitt A) der Zahlentafel 1 aufgeführten Elektrisierungskapitals.

Fast ⅔ der Ausgaben ist also Kapitaldienst; werden die Einnahmen von den Ausgaben abgezogen, so errechnet sich ein Strompreis von 4,31 Rappen je kWh ab Unterwerk. Die Stromverteilung durch das Fahrleitungsnetz bis zu den Bügeln der Triebfahrzeuge erfordert einen Aufwand von 13,8 Mill Fr im Jahr; hiervon treffen:

13,65 % auf Unterhaltung des Fahrleitungsnetzes einschl. Personalkosten und Ausgaben für Versicherungen und sonstige Leistungen,
10,40 „ auf Erneuerungsrücklagen,
1,90 „ auf Tilgung des Anlagekapitals nach Zahlentafel 1,
74,05 „ auf Verzinsung des unter Abschnitt B) der Zahlentafel 1 aufgeführten Elektrisierungskapitals.

Auch diese Prozentsätze zeigen den überwältigenden Einfluß des Kapitaldienstes, der hier ¾ der Gesamtausgaben ausmacht. Die Verteuerung für die von den Unterwerken abgegebene kWh durch das Fahrleitungsnetz beträgt 3,416 Rappen. Der Berichter führt noch an, daß bei Steigerung der Arbeitsabgabe um 25 Mill kWh keine wesentlichen Mehrkosten für die Stromerzeugung und Verteilung entstehen würden.

Im 4. Abschnitt ist „Die Größe des elektrischen Betriebes 1929" ermittelt. Huber-Stockar betont, daß im Rechnungswesen der SBB der elektrische Betrieb nicht vom Dampfbetrieb geschieden ist; in der Statistik, die auf einen einheitlichen Dampfbetrieb zugeschnitten ist, sind die Unterscheidungen für beide Be

Digitized by Google

triebsarten nur mangelhaft durchgeführt; immerhin gelang es, aus den vorhandenen Hilfsmitteln Grundlagen zur Verwendung der Statistik für den Vergleich zwischen beiden Betriebsformen abzuleiten. Vor allem muß der Streckendienst vom Verschiebedienst getrennt werden, wenn einwandfreie Vergleichszahlen gewonnen werden wollen; denn die Leistungsgrößen dieser Dienste sind bei beiden Betriebsformen wesentlich verschieden. In einer besonderen Zusammenstellung wird sodann der für 1928 angenommene elektrische Betrieb dem Dampfbetrieb der nicht elektrisierten Strecken, ferner den gleichen Betrieben vom Jahre 1928 und dem einstigen reinen Dampfbetrieb von 1913 gegenübergestellt. Einen Auszug aus dieser Zusammenstellung enthält die nachfolgende Zahlentafel 2, in welche des Vergleiches halber die einschlägigen Ziffern des vom Verfasser im 6. Abschnitt des Berichtes als „hypothetisch" bezeichneten Dampfbetriebes von 1929 auf dem elektrisierten Netz aufgenommen sind. Die Gegenüberstellung zeigt vor allem, daß bei dem unterstellten Dampfbetrieb 228 Stück, d. i. rund 57 % mehr Zugkräfte für den Streckendienst nötig wären als beim elektrischen Betrieb. Dabei ist der Dampfbetrieb als „modernisiert" angenommen, indem unterstellt ist, daß seit 1913 je Jahr 24 Streckenlokomotiven ausgemustert und im ganzen 256 Stück neue Lokomotiven mit Triebachslasten von 18 ... 19 t eingesetzt wären. Dies führt zu einem durchschnittlichen Adhäsionsgewicht der Streckenlokomotiven des „hypothetischen" Dampfbetriebes im ganzen Netz von 47,1 t gegenüber 36,9 t des Dampfbetriebes von 1913 und gegenüber 52,2 t des derzeitigen gemischten Betriebes. Die stärksten Güterzuglokomotiven des angenommenen Dampfbetriebes sind mit einer Triebachse weniger gedacht als die vorhandenen elektrischen Güterzuglokomotiven, was 200 000 Zug-km mehr für den Dampfbetrieb erfordert. Hauptsächlich ist es der Vorspanndienst (lfd. Nr. 7 der Zahlentafel 2, der den Unterschied zwischen Betriebsleistung (Zug-km) und Streckenleistung (Lok-km) der Lokomotiven bestimmt. So betragen die Hilfsleistungen (lfd. Nd. 7 der Zahlentafel 2) beim elektrischen Betrieb 9,804 %, beim unterstellten Dampfbetrieb dagegen 14,08 % der Betriebsleistungen (lfd. Nd. 4 der Zahlentafel 2). Der Berichter erblickt in diesen Verhältniszahlen ein hinreichend zutreffendes Maß für das Genügen der durchschnittlichen Streckenlokomotive hinsichtlich des durchschnittlichen Zuggewichtes und führt aus, daß eine einfache lineare Beziehung zwischen den obengenannten Verhältniszahlen und dem Verhältnis des durchschnittlichen Zuggewichtes zum durchschnittlichen Adhäsionsgewicht der Streckenlokomotiven bestehe. Bei einem gegebenen Netz und einer gegebenen Verkehrsbildung hängt zudem die Zahl der Lokomotiven ganz vorwiegend von der Art des Triebmittels ab. Huber-Stockar folgert daraus, daß die Lokomotiven des „hypothetischen" Dampfbetriebes 1929 trotz der modernisiert angenommenen Zugkräfte im Durchschnitt nicht wesentlich mehr Kilometer machen können als jene des bekannten Dampfbetriebes 1913.

Ein besonderer Abschnitt 7 ist in dem Bericht den „Kohlenkosten des hypothetischen Dampfbetriebes 1929" gewidmet. Hier wird vorausgeschickt, daß das elektrisierte Netz jene Linien umfaßt, die auf Grund der Statistik den größten Kohlenverbrauch aufweisen, und daß die derzeitigen Fahrgeschwindigkeiten gegenüber dem statistisch erfaßten Dampfbetrieb merklich höher sein sollen. Der Verbrauch an Zugförderungsarbeit bei beiden Betriebsformen wird also auf annähernd gleiche Fahrschaulinien abgestellt. Für die Streckenlokomotiven wird ein Kohlenverbrauch von 74 kg je 1000 btkm Förderarbeit am Zughaken einschl. Zugheizung und Rangierleistung, für die Verschiebelokomotiven ein solcher von 13 kg/km angesetzt. Der Preis für 1 t Lokomotivkohle wird mit 35,60 Fr einschl. aller Spesen frei Grenze und einschl. der Betriebskosten der Materialverwaltung und der Verzinsung der Vorräte angenommen. Die Kosten für die Beförderung der Kohle von der Grenze bis zu den Lagerplätzen sind mit 1,3 Rappen je btkm angeführt. Einschließl. eines Betrages für Wagenmieten betragen die Kosten der durch die Elektrisierung ersparten Kohlenmengen (zus. 705 000 t) im ganzen 26,986 Mill Fr.

In Abschnitt 5 des Berichtes sind die Kosten des elektrischen Betriebes, in Abschnitt 8 die Kosten des Dampfbetriebes für 1929 behandelt und in besonderen Zusammenstellungen ausgewiesen. Von besonderem Interesse sind die Ansätze, die für den „modernisierten" Dampfbetrieb gemacht werden, während jene für den elektrischen Betrieb sich auf die Statistik der letzten Jahre stützen. In nachfolgender Zahlentafel 3 sind die Ansätze der Betriebskosten beider Betriebsarten einander gegenübergestellt und durch Bildung des Umstellungsfaktors soweit möglich abgeglichen. Die Übersicht zeigt zunächst, daß die Zugförderungsarbeit trotz der mit Fracht sehr stark vorbelasteten Kohle bei der elektrischen Betriebsform teuerer zu stehen kommt als beim unterstellten Dampfbetrieb; dies hat seinen Grund in den großen Ausgaben für den Kapitaldienst der Stromerzeugung und seiner Verteilung bis zum Stromabnehmer der Triebfahrzeuge; denn die kWh kostet, wie oben ausgeführt, an den Abnehmern 4,314 + 3,416 = 7,730 Rappen. An Lokomotivpersonal stehen 1322 benötigten Köpfen beim elektrischen Betrieb 2453 Köpfe beim Dampfbetrieb gegenüber. Nicht zum geringsten ist der Unterschied auf die einmännige Besetzung von Triebfahrzeugen zurückzuführen (132 Stück), welche bei 33 % der vorhandenen Streckenlokomotiven (402 Stück) durchgeführt ist. Für die Unterhaltung der elektrischen Triebfahrzeuge (lfd. Nr. 3 der Zahlentafel 3 sind 22 Rappen je Lok-km angesetzt, obwohl bisher nach der Statistik diese Kosten von 23,32 auf 18,27 Rappen/km zurückgegangen sind und der Berichter annimmt, daß sie noch weiter sinken werden. Der Unterhaltungsatz der Dampflokomotiven mit 37 Rappen je Lok-km stützt sich auf die statistischen Werte aus dem vorhandenen Dampfbetrieb von 1923 bis 1926 und vom Jahre 1928, die zwischen 40,52 Rappen und 33,35 Rappen je Lok-km liegen, wobei noch darauf hingewiesen wird, daß die Unterhaltungskosten mit der Leistungsfähigkeit der Lokomotiven steigen. Die den Vergleich nur unwesentlich beeinflussenden Schmierkosten sind beim elektrischen Betrieb wesentlich niedriger angesetzt als beim Dampfbetrieb.

Eine nachgewiesene Einsparung zugunsten des elektrischen Betriebes bildet der geringere Aufwand für die Unterhaltung des Oberbaus in Tunneln; im Bericht ist, im Gegensatz zu anderweitigen Anschauungen, klar ausgesprochen, daß kein Anlaß vorliegt, hinsichtlich der sonstigen Bahnunterhaltungskosten einen Unterschied zwischen beiden Betriebsarten zu machen, weil die Wirkung neuzeitlicher Dampflokomotiven auf das Gleis die gleiche ist wie bei den vorhandenen elektrischen Lokomotiven.

Die Personalkosten für Ausrüstung und Reinigung des Rollmaterials und in den Depotwerkstätten einschl. Kohlenlagern belasten den Dampfbetrieb erheblich; im Bericht ist auf Grund vorsichtiger Schätzung angenommen, daß 550 Köpfe für Ausrüstung und Reinigung des Rollmaterials, 160 Köpfe in Depotwerkstätten und 125 Köpfe für den gegenüber 1913 erhöhten Kohlenverbrauch beim Dampfbetrieb mehr benötigt werden als bei der elektrischen Betriebsform; die Statistik ergibt 0,7 ... 0,72 Kohlen-

Zahlentafel 2.

Lfd. Nr.		Einheit	elektrisch betriebenes Netz 1929	unterstellter Dampfbetrieb des elektrisierten Netzes 1929	Bemerkungen
1	Zahl der Streckenlokomotiven im Durchschnitt	—	402	630	—
2	Zahl der Verschiebelokomotiven im Durchschnitt	—	26	30,6	—
3	Förderleistung der Streckenlokomotiven	1000 btkm	9 400 000	9 400 000	—
4	Betriebsleistung der Streckenlokomotiven	Zug-km	27 976 200	28 176 200	—
5	durchschnittliches Zuggewicht ohne Lokomotive	t	336	333,6	—
6	Leistung der Streckenlokomotiven	Lok-km	30 718 990	32 125 840	lfd. Nr. 6—4
7	Vorspann-, Leerfahrt-, Dienstfahrt-Leistungen	Lok-km	2 742 790	3 949 640	lfd. Nr. 3 : 6
8	durchschnittliches Anhängegewicht auf 1 Lok-km	t	306	292,6	—
9	Verschubleistung der Streckenlokomotiven	Lok-km	245 000	245 000	lfd. Nr. 6+9
10	Gesamtleistung der Streckenlokomotive	,,	30 963 990	32 370 840	lfd. Nr. 3 : 1
11	Förderleistung je Streckenlokomotive	,,	23 383 080	14 920 600	lfd. Nr. 4 : 1
12	Betriebsleistung je Streckenlokomotive	btkm	69 593	44 724	lfd. Nr. 10 : 1
13	Gesamtleistung je Streckenlokomotive	Zug-km	77 027	51 382	
14	Verschubleistung der Verschiebelokomotiven	Lok-km	800 000	800 000	
15	Gesamtleistung der Verschiebelokomotive	,,	845 000	845 000	lfd. Nr. 15 : 2
16	Gesamtleistung je Verschiebelokomotive	,,	32 500	27 614	lfd. Nr. 14+9
17	Verschubleistung aller Lokomotiven	,,	1 045 000	1 045 000	lfd. Nr. 10+17
18	Strecken- und Verschubleistung aller Lokomotiven	,,	31 808 990	33 215 840	

Digitized by Google

arbeiter je 1000 t verbrauchte Kohle (10stündige Arbeitszeit).

Außer bei den Betriebsarbeitern ist auch beim Zugbegleitpersonal mit einer nicht unerheblichen Einsparung (115 Köpfe) für den elektrischen Betrieb gerechnet; dabei ist bereits berücksichtigt, daß der modernisiert gedachte Dampfbetrieb größere Geschwindigkeiten aufweist als der frühere Dampfbetrieb.

Sowohl beim elektrischen Betrieb als beim unterstellten Dampfbetrieb werden nur aus 30 % des Anlagekapitals für das Rollmaterial die Tilgungsbeträge berechnet, bei Depot und Werkstätten jedoch aus 100 % dieser Kosten. Die Einlagensätze in den Erneuerungsfonds in Prozent sind bei beiden Betriebsformen gleich hoch (2.4 %), ebenso der Zinsfuß (0.477 % für Werkstätten, sonst 5,477 %). Von den 660 beim unterstellten Dampfbetrieb nötigen Lokomotiven sind 374 Strecken- und 30 Verschiebelokomotiven als „alt", der Rest (256 Stück) als neu beschafft (seit 1916) angenommen. Es steht demnach einem alten Kapital von 33.94 Mill Fr ein neues Kapital des Dampfbetriebes von 74.675 Mill Fr einschl. 1 Mill für Werkstätten und 2 Mill Fr für Depots gegenüber. Für die Tilgung und für den Erneuerungsfonds ist mit altem plus neuen Anlagekapital von zusammen 105,54 Mill Fr gerechnet; bei der Verzinsung ist nur das neue Anlagekapital des Dampfbetriebes berücksichtigt.

Der Bericht kommt zu dem Ergebnis, daß der elektrische Betrieb nach voller Berücksichtigung des gesetzlich vorgeschriebenen Kapitaldienstes im Jahre 1929 um rund 5 Mill Fr billiger ist als der unterstellte Dampfbetrieb. Huber-Stockar führt auch an, daß der Überschuß verschwinden wird, wenn der Kohlenpreis um 20 % sinkt oder der Zinsfuß auf 6,38 % steigt.

Die Gegenüberstellung der Betriebskosten in Zahlentafel 3 zeigt deutlich, daß die Umstellung der Betriebsform bei den SBB sich nur durch die damit erzielten Personaleinsparungen wirtschaftlich rechtfertigen läßt. Den Einsparungen an Lokomotiv-, Zugbegleit- und Aufsichtspersonal im Betrage von rund 13,77 Mill Fr stehen aber Jahres-Mehrausgaben für den Kapitaldienst in der Höhe von rund 10 Mill Fr gegenüber. Die Unterhaltungskosten der Triebfahrzeuge wirken sich außerdem noch zugunsten des elektrischen Betriebes aus. Die Zugförderungsarbeit

Zahlentafel 3. Die Kosten des elektrischen Betriebes und des hypothetischen Dampfbetriebes 1929.

Lfd. Nr.	Ausgaben für	elektrisch betriebenes Netz 1929 Fr	unterstellter Dampfbetrieb des elektrisierten Netzes 1929 Fr	Umstellungsfaktor Dampfbetrieb = 1
1	Zugförderungsarbeit	31 228 700[1]	26 986 000	1,16
2	Lokomotivpersonal[2]	12 139 640	20 805 400	0,58
3	Unterhaltung der Triebfahrzeuge	6 998 000	12 289 900	0,57
4	Schmierung der Triebfahrzeuge	136 800	282 400[3]	0,48
5	Dampfheizwagenbetrieb	153 490[4]	.	.
6	Wasser, Anfeuerung, Petroleum usw.	.	483 000[5]	.
7	Unterhaltung des Oberbaues in Tunneln	.	268 000[5]	.
8	Personal für Ausrüstung und Reinigung des Rollmaterials und in den Depotwerkstätten, Kohlenlager einschließlich Betriebsarbeiter	.	4 258 500[5]	.
9	Zugbegleitpersonal	.	845 000[5]	.
10	Tilgung der Anlagekosten	109 560	52 000	2,11
11	Einlagen in den Erneuerungsfonds	4 429 340	2 427 500	1,82
12	Verzinsung	11 979 270	4 035 800	2,94
	die Betriebsform	67 674 800	72 733 500	0,93

[1] Kosten des Stromverbrauches am Stromabnehmer (18 742 900 — 1 314 900 + 13 800 700 Fr). — [2] Einschl. Nebenbezüge: 4 Rp/km. — [3] 0.85 Rappen/km. — [4] Einschl. Schmierung, Unterhalt, Personal. — [5] Mehrkosten.

am Zughaken ist beim Dampfbetrieb nicht unerheblich billiger.

Aus dem Schreiben, mit dem die Generaldirektion der SBB den Bericht von Huber-Stockar an den Verwaltungsrat der SBB vorlegt, ist vor allem die Feststellung wertvoll, daß der Widerstreit der Meinungen über die Elektrisierungsfrage in der Schweiz zur Ruhe gelangt ist. Dies wird darauf zurückgeführt, daß man mit dem praktischen Ergebnis der neuen Betriebsform zufrieden ist. Die Befürchtung, daß die Sanierung des Bundesbahn-Haushaltes durch die Elektrisierung erschwert werden könnte, ist durch die eingetretene Entwicklung widerlegt. Das Netz der SBB hat durch die Umstellung eine wesentliche Verbesserung und Verstärkung erfahren. *Nad—*

Die elektrischen Elemente nach dem Stand der letzten französischen Patente*.

I. Nasse Elemente nach dem Leclanché-Typ.

Nach dem französischen Patent Nr. 587 206 vom Dez. 1913 vermindert G. Weissmann die Stärke und den Abstand der Elektroden und vergrößert ihre Oberfläche, um dadurch zu Elementen großer Leistung bei geringer Raumbeanspruchung zu kommen. Die Zinkelektrode aus dünnem Blech, mehrfach mäanderartig gefaltet, umgibt die in Taschen befindliche aktive Masse aus Braunstein und Graphit, welche die positiven Elektroden darstellt, und verbindet die in die Masse eingeführten Kohlestäbe als Stromleiter unter sich. Elemente dieser Art haben in Frankreich Eingang gefunden. M. u. J. Passeneau regenerieren nach dem französischen Patent 609 647 vom 7. I. 1926 entladene Elemente ohne sie zu demontieren dadurch, daß sie umgekehrt Strom durch die Zelle schicken. Diese Regeneriermethode kann unter bestimmten Umständen von Erfolg sein; wird sie aber mit dem tiefentladenen Element und zu starkem Strom ausgeführt, so scheidet sich das Zink nicht in glatter Form ab und bildet Kurzschlußbrücken. Die hohe Spannung auf diese Weise geladener Elemente ist Gaspolarisationspannung, die bei Entladung schnell abklingt.

II. Trockenelemente nach dem Leclanché-Typ.

Die deutsche Mannesmann-Licht AG. hat einen französischen Patentschutz Nr. 626 878 vom 3. XII. 1926 auf ein Verfahren, das Salz des Seewassers, welches an den Küsten südlicher Länder durch Auskristallisieren gewonnen wird und ein Gemisch von Kochsalz und Magnesiumchlorid darstellt, als Elektrolyt zu verwenden. Elemente mit auf diese Weise gewonnenen Elektrolyten haben in Deutschland keine Verbreitung gefunden. Die französische Gesellschaft für Exploitation des Procédés Thomson-Houston hat durch die Patente Nr. 602 411 vom 27. XI. 1924 und Nr. 618 553 vom 12. XI. 1925 Schutz auf Verfahren, die als negative Elektroden dienenden Zinkbecher elektrisch zu schweißen und ebenso einen Verbindungsdraht mit anzuschweißen. Die erste Art, Herstellung der elektrisch geschweißten Becher, ist in Deutschland schon länger bekannt und geübt.

1. Kohlenklemmen für die positiven Elektroden. — Das französische Patent 579 522 vom 22. VI. 1923 schützt ein Verfahren, unter Vermeidung der Lötung die Verbindungsdrähte in geeigneter Form mit der Messingkappe gleichzeitig auf die Elementkohle festzuklemmen, wobei der Draht zwischen Kohle und Messinghütchen festsitzt.

2. Die positiven Depolarisationselektroden. — Die Société Revivo Battery Corporation hat einen französischen Patenschutz Nr. 620 441 auf ein Element mit Spezialelektrolyten unter Verwendung dreiwertiger Chloride wie $AlCl_3$ und $CrCl_3$. Diese Elemente sollen aufladbar, also regenerierfähig durch elektrischen Strom sein. C. J. V. Féry hat französischen Patentschutz Nr. 638 844 auf Vergrößerung der Porosität der aktiven Masse durch Addition von Zelluloseprodukten und Aktivierung dieser durch Zusatz von Schwefelsäure, Phosphorsäure usw. und Erhitzen auf höhere Temperatur, mindestens 100 °, wodurch die Zelluloseprodukte in eine aktive Form der Kohle übergehen sollen.

3. Elektrolyte. — In den nachstehenden Patenten werden Verfahren beschrieben, welche das sog. Wärmverfahren, d. h. das Erhitzen der mit Mehl, Stärke o. dgl. versetzten Elektrolyte im Zinkbecher vermeiden wollen. Patent Nr. 585 907 vom 8. IX. 1924 schützt ein Verfahren,

* L. Jumau, Rev. Gén. de l' El. Bd. 25, S. 649, 692 u. 739.

Digitized by Google

nach welchem heißer Elektrolyt mit geringem Zusatz von gelatinierenden Mitteln mit kaltem Elektrolyt mit suspendiertem Mehl o. dgl. in der Zelle zusammengemischt wird. Nach dem Erkalten erstarrt der Elektrolyt. Nach Patent Nr. 586 570 vom 9. IX. 1924 erhitzt man die Hauptmenge des reinen Elektrolyten auf 100° und fügt diesem mit Mehl versetzten kalten Elektrolyten zu. Ein drittes Verfahren, Patent Nr. 599 906 vom 24. IX. 1924, kann man überall da anwenden, wo man nur Zinkzylinder ohne Lötung oder ohne Böden gebraucht, indem heißer Elektrolyt ohne Mehl außerhalb der Zelle erhitzt und mit kaltem und mehlhaltigem Elektrolyt gemischt wird; diese Mischung fließt der Zelle zu. In Deutschland verwendet man noch größtenteils das oben erwähnte Warmverfahren, übt aber auch seit Jahren das sog. Kaltverfahren, bei dem jegliche Erhitzung wegfällt und die Koogulation durch entsprechende Zusätze von $CaCl_2$ oder $MgCl_2$ erreicht wird, wie es in dem franz. Patent Nr. 587 820 vom Jan. 1925 von Neu auch geschützt ist.

4. Montage von Trockenelementen. — Die Société Manhattan Electrical Supply Co. hat franz. Patentschutz Nr. 582 853 vom 3. VI. 1924 auf eine Depolarisationselektrode, die aus mehreren übereinandergeschichteten Tabletten aufgebaut ist. Die Tabletten haben horizontale und vertikale Rillen und eine zentrale Bohrung, letztere zur Durchführung des Kohlestabes. Durch diese Formgestaltung der Tabletten wird sowohl eine Oberflächenvergrößerung der aktiven Masse als auch bessere Tiefenwirkung und damit günstigere Ausnutzung des aktiven Materials erreicht. Die aktive Masse ist außerdem in drei zonale Schichten geteilt; die äußerste Zone besteht aus einer Mischung grobkörnigen Materials, reich an Braunstein, die mittlere aus feinerem Material und die innerste Mischung aus feiner Mischung Braunstein und Graphit. Hierdurch soll die harte Krustenbildung von basischen Zinksalzen an der Oberfläche und Absperrung der inneren Schichten beim arbeitenden Element verhütet werden.

Das Patent Nr. 608 555 von C. P. Deibel und W. G. Waitt vom 15. XII. 1925 schützt ein Verfahren, den als negative Elektrode dienenden Zinkzylinder mit einem dünnen, saugfähigen, mit einer Mehl- oder Stärkeschicht bedeckten Papier auszukleiden, wobei dasselbe am Boden umgeschlagen ist, so daß die Zinkoberfläche völlig abgedeckt ist, der Boden des Zinkbechers entgegen dem üblichen Verfahren aber mitarbeiten kann. Im übrigen ist das Verfahren das gleiche wie bei den amerikanischen sog. Columbia-Elementen, bei welchen die aktive Masse in den ausgelegten Zinkbecher gepreßt wird.

Die Einführung der Anodenbatterien hat es notwendig erscheinen lassen, eine größere Anzahl von Zellen durch Lötung verbinden und hintereinanderschalten zu müssen. Diese Lötungen sind zeitraubend und zuweilen unsicher bei schlechter Ausführung. Man hat daher verschiedene Wege eingeschlagen, um diese Lötungen zu vermeiden. Die Ausführungen, welche nachstehende französischen Patente schützen, sind ähnlicher Art, wie sie durch deutsche Gebrauchsmuster geschützt sind. Das französische Patent Nr. 589 011 vom 3. X. 1924 der deutschen Firma Sachs deckt sich mit dem deutschen Patent Nr. 415 859 vom 14. VIII. 1929 der gleichen Firma. Die Elemente stehen in einem Holzrahmen, der mit Kontaktplatten ausgerüstet ist, durch welche eine Serienschaltung bewirkt wird. Fehlerhafte oder verbrauchte Zellen sind leicht auswechselbar. Patent Nr. 591 584 vom 8. XII. 1924 von J. E. Bufton schützt ein Verfahren, mehrere Taschenbatterien mittels einer Kontaktfeder zu einer hochvoltigen Anodenbatterie zusammenzubauen. J. Courtecuisse ist durch Patent Nr. 596 529 vom 10. IV. 1925 ein Verfahren geschützt, die Vielzahl der Zellen durch einen Kontaktbügel zu verbinden, welcher in kleine Steckbuchsen paßt; letztere sind auf der positiven Polkappe aufgelötet bzw. an einen metallischen Bügel angelötet, der mit der Zelle in den für diese bestimmten Raum eines unterteilten Kastens eingeführt wird, so daß er kontaktgebend an dem Zinkbecher des Elementes anliegt. Patent Nr. 597 663 vom 2. V. 1925 schützt V. Courtecuisse eine Anordnung, um Taschenbatterien in einem Holzkasten o. dgl. unterzubringen, dessen Deckel mit Kontaktfedern ausgerüstet ist, die beim Schließen des Deckels die Batterien durch Kontaktdruck auf die umgebogenen Federn hintereinanderschalten. G. Weissmann ist durch Patent Nr. 629 425 vom 30. IV. 1926 eine Anordnung geschützt, Batteriegruppen mit ungerader Zellenzahl auf einfache Weise in Serie zu schalten. Die Polenden als Messingfedern werden über den Kartonrand der Gruppe gebogen und gegen eine gleichartige Feder vom negativen Pol einer anderen Gruppe durch Einsetzen in einen Kasten angedrückt.

Besondere Schwierigkeiten bereitete immer seit dem Bau der Anodenbatterie eine gute und sichere Isolation, die auch dann nicht versagt, wenn bei einem oder mehreren Elementen ein Zinkbecher durchgefressen ist. Das französiche Patent Nr. 624 469 von J. und V. Courtecuisse vom 19. VII. 1927 soll diese Bedingungen in weitgehendem Maße erfüllen und gleichzeitig eine große Ersparnis an Vergußmasse erbringen. Dies wird erreicht durch Anwendung von Pappkulissen. Die Querwände dieser Kulissen haben am unteren Ende Löcher, durch welche paraffinierte Holzstäbchen geführt werden. Die eingebauten Elemente sitzen auf den Stäbchen auf und der ganze Batterieblock wird in Paraffin untergetaucht und in einen Pappkarton eingebaut.

5. Elemente mit Luftdepolarisation. — Das Element von Féry nach dem Patent Nr. 587 507 vom 13. XII. 1913 ist so aufgebaut, daß vor Ingebrauchnahme jede Lokalaktion vermieden ist. Es besteht aus einem Zinkbehälter und einem porösen Kohlezylinder, der am oberen Ende durch einen dichten Stopfen abgeschlossen ist. Eine Glasröhre, die vor Ingebrauchnahme der Zelle zugeschmolzen ist, führt durch diesen Stopfen. Der Zwischenraum Zink—Kohlezylinder ist mit einer Mischung aus Sägemehl und Gips, letzterer mit Salmiaklösung durchtränkt, ausgefüllt.

Elemente dieser Art haben in Frankreich sehr große Verbreitung gefunden. Als Depolarisator wirkt meistens der Luftsauerstoff. Um die Wirksamkeit zu erhöhen, wird meist eine hochporöse Kohlenmischung verwendet, welche hohe Absorptionskraft für die Gase besitzt; seltener wird auch noch Braunstein hinzugefügt. Der Luftsauerstoff wirkt in der Tat hier als ausreichender Depolarisator, wenn die Elemente schwacher Strombelastung bei unterbrochener Entladung ausgesetzt werden. Um die poröse Kohle undurchlässig für Elektrolyt, aber durchlässig für Gase zu machen, behandelt die Société Le Carbone das Kohlepulver zur Herstellung der positiven Elektrode nach dem Patent Nr. 587 537 vom 27. I. 1923 folgendermaßen: Zu etwa 30 kg Holzkohle vermischt mit Graphit zwecks besserer Leitfähigkeit wird eine kolloidale Suspension gegeben. Diese besteht aus 875 g Stärke in 1 l kaltem Wasser unter Hinzufügung von 9 l Wasser von 85°. Das Kolloid überdeckt nach dem Peptisieren die Oberfläche eines jeden Kohlekörnchens, so daß nunmehr die Masse undurchlässig für Flüssigkeiten, aber durchlässig für Gase ist.

Das Element der Ges. Wtw. P. Delafon nach dem Patent Nr. 592 426 vom April 1924 ist charakterisiert durch die Anwendung einer positiven Elektrode, deren beide Enden in Verbindung mit der Außenluft stehen, um eine leichtere Depolarisation zu bewerkstelligen. Eine gleiche Elektrode dient zur Herstellung von Naßelementen. Die Elektroden ragen mit ihrem oberen und unteren Ende über den Elektrolytraum hervor, der sehr gut an beiden Enden durch Vergußabdeckung zwischen Zink und Elektrode eingeschlossen sein muß, sicherlich in der fabrikatorischen Durchführung keine leichte Sache. Die Société anonyme Le Carbone baut ein durch das Patent Nr. 596 200 vom 12. VII. 1924 geschütztes Naßelement großer Leistung und schneller Depolarisationswirkung. Das Element besteht aus einem Holzkohlenzylinder, undurchlässig für Elektrolyt, ferner einem zentralen Kohlenstab als Ableitung des positiven Pols. Die beiden Teile sind leitend miteinander verbunden und stellen den gemeinsamen positiven Pol dar. Diese Pole sind von einem Zinkmantel umgeben. Durch die große Oberflächenwirkung des positiven Pols und dadurch, daß dieser in Verbindung mit der Außenluft steht, findet eine schnelle Luft-Depolarisationswirkung statt und gestattet eine stärkere Belastung und größere Ergiebigkeit als bei anderen Zellen mit Loftdepolarisation. Eine weitere Luft-Depolarisationselektrode von A. Bogey ist durch das Patent Nr. 595 464 vom 17. III. 1925 geschützt. Ein zentraler Kohlenzylinder ist mit Holzkohle, Graphit und körniger Kohle angefüllt und umgeben von einer dicken Schicht Braunstein. Diese wiederum ist in rd. 1/6 Höhe ebenfalls mit Graphit-Kohleteilchen abgedeckt. Das Ganze stellt, mit Gaze umwickelt, eine positive Elektrode von hoher Depolarisationsfähigkeit dar. *Alt.*

Digitized by Google

Der heutige Stand des Dampfkesselbaues in Amerika.

Die Wärmewirtschaft des Dampfkesselbetriebes hatte in den Jahren 1918 ... 1924 ihre größten Erfolge zu verzeichnen. Namentlich die vielen Erweiterungen der großen Elektrizitätswerke boten Gelegenheit, alle bekannten Mittel zu verwenden, die dazu geeignet waren, Wärmeverluste zu vermeiden. Als Spitzenleistung auf diesem Gebiet kann man wohl einen Dampfkessel von etwa 2850 m² gesamter Heizfläche bezeichnen, der im Kraftwerk Lake Shore der Cleveland Electric Illuminating Co. aufgestellt ist und der bei Verdampfleistungen zwischen 29 000 und 115 000 kg/h einschließlich der von Überhitzern und Speisewasser-Vorwärmern übertragenen Wärme in dem ganzen Bereich der Belastungen mindestens 90 % der zugeführten Kohlenwärme nutzbar macht. Bei einem Betriebsversuch an diesem Kessel, der 22 h lang dauerte, wurde bei einer mittleren Verdampfleistung des Kessels von 60 000 kg/h ein Wirkungsgrad von 92,9 % ermittelt. Allerdings wurde dieses Ergebnis zum Teil dadurch begünstigt, daß das Speisewasser den Vorwärmern bereits mit Temperaturen zwischen 52 und 70 ° zugeführt wurde; wenn man aber bedenkt, daß die Rauchgase im Kessel bis auf Temperaturen von 80 ... 160 ° ausgenützt wurden, so wird man zugeben müssen, daß wärmetechnisch aus dieser Anlage kaum mehr herausgeholt werden könnte.

Es ist daher nur verständlich, daß das Interesse des Dampfkesselbaues seit dieser Zeit sich um so mehr der Steigerung der Anfangsdrücke und der Anfangstemperaturen in Dampfanlagen zuwendet, da man heute diese beiden als die einzigen Mittel ansieht, um die thermische Ausnutzung der Kohle in solchen Anlagen über die obenerwähnte Grenze hinaus zu verbessern. Daneben hofft man allerdings auch, dadurch die Anlagekosten der Werke, bezogen auf 1 kW nutzbare elektrische Maschinenleistung oder auf 1 kWh nutzbar abgegebene elektrische Arbeit, herabdrücken zu können.

Steigerung der Anfangsdrücke.

In der Entwicklung geeigneter Bauarten für Dampfkessel, die sich für die erhöhten Drücke eignen, hatte man von Anfang an zwei Richtungen zu unterscheiden. Die eine versucht unter Beibehaltung der heute üblichen Bauarten von Wasserrohrkesseln den Anforderungen des Hochdruckbetriebes lediglich durch Verbesserungen der Bearbeitungsverfahren und des Werkstoffs gerecht zu werden. Die zahlreichen Kessel dieser Art, die heute nicht nur in den V. S. Amerika, sondern auch in Europa mit gutem Erfolg im Betriebe sind, beweisen, daß man auf diesem Wege vorwärts gekommen ist; gewöhnliche Steilrohrkessel, die noch vor wenigen Jahren für höchstens 28 at Betriebsdruck ausgeführt wurden, kann man heute sozusagen laufend für 50 at Betriebsdruck geliefert erhalten, zum Teil sogar mit genieteten Trommeln.

Die zweite Richtung im Bau von Dampfkesselbau für hohe Drücke geht darauf aus, das Verfahren der Verdampfung grundsätzlich zu ändern; trotz einiger zweifellos gelungener Versuchsausführungen haben aber bislang alle diese Verfahren, die durch die Namen Schmidt, Atmos, Löffler und Benson gekennzeichnet sind, für die Praxis des Dampfkesselbaus noch keine bleibende Bedeutung erlangt. Unparteiische Untersuchungen an allen bisher für höhere Drücke ausgeführten Anlagen haben aber auch schon ohne Änderung der üblichen Bauart und Größe der Kessel und Turbinen bestätigt, daß mit der Drucksteigerung Ersparnisse im spezifischen Kohlenverbrauch und in den spezifischen Anlagekosten verbunden sind, die die wirtschaftliche Berechtigung der Drucksteigerung in Dampfkraftanlagen beweisen. Theoretisch stand dieses Ergebnis schon lange fest.

Die Erfahrungen an Anlagen für höhere Dampfdrücke haben allerdings gezeigt, daß die Neigung der Kesselbaustoffe zu Anfressungen und namentlich zum sogenannten Brüchigwerden unter der Einwirkung von Alkalilaugen mit steigendem Dampfdruck schnell zunimmt. Die wahre Ursache dieser Erscheinung ist noch nicht aufgeklärt: es ist noch immer streitig, ob es sich nur um einen Einfluß der bei höherem Druck gesteigerten mechanischen Beanspruchungen oder um eine bei höherem Druck wirksam werdende chemische Beanspruchung des Werkstoffes handelt. Jedenfalls hat man bei Schnellversuchen auch schon gefunden, daß gewöhnliche Flanschen unter sonst genau gleichen Bedingungen bei Drücken von 7 at nach 720 h, dagegen bei 35 at schon nach 30 h und bei 70 at sogar nach 10 h rissig wurden, wenn man sie der Einwirkung von Laugen aussetzte.

Auf Grund der bisherigen Erfahrungen hat man aber heute ausreichende Mittel gegen die schädlichen Folgen der Drucksteigerung an der Hand. Auf der einen Seite kann man die Zusammensetzung des Kesselwassers in günstigem Sinn beeinflussen, indem man durch Zusatz von geringen Mengen an Schwefelsäure dafür sorgt, daß das Verhältnis von Laugen und Karbonaten im Wasser nicht über eine bestimmte, durch die Erfahrung bekannte Grenze steigt; noch besser scheint es, dem Kesselwasser geringe Mengen von Phosphaten zuzusetzen, die nach Beobachtungen in Laboratorien ausgezeichnet dem Angriff durch Lauge entgegenwirken sollen. Diese Versuche sind aber durch die Beobachtungen im praktischen Betrieb noch nicht bestätigt. Anderseits hat man gefunden, daß der Angriff durch Laugen in Kesseln für höhere Drücke viel weniger zu fürchten ist, wenn man Kesseltrommeln verwendet, die nicht genietet, also aus dem Vollen nahtlos gezogen oder im Feuer geschweißt sind. Man vermutet, daß Nietnähte diesen Angriff darum besonders begünstigen, weil die Lauge in die engen Spalten zwischen den Blechen eindringen und sich hier sehr stark anreichern kann. Infolgedessen hat die Verwendung von Kesseltrommeln ohne Nietnähte in den letzten Jahren stark zugenommen; man benutzt sie auch schon bei Drücken von 30 at, bei denen man früher nicht daran gedacht haben würde, einteilige Trommeln vorzuschreiben, und trägt dem niemals ganz vermeidbaren Angriff des Bleches durch etwas größere Bemessung der Wandstärke Rechnung. Im Zusammenhang hiermit steht es auch, daß man heute fast allgemein dazu übergegangen ist, Nietnähte, soweit sie überhaupt noch vorhanden sind, auf der Innenseite der Trommeln zu verstemmen, damit das Wasser nicht zwischen die Bleche eindringen kann.

Parallel mit der Steigerung der Dampfdrücke geht die Steigerung der Dampftemperaturen in neueren Anlagen stetig vorwärts; wenn diese Entwicklung heute bei Anfangstemperaturen von etwa 400 ° zu einem gewissen Stillstand gelangt ist, so liegt das weniger daran, daß man sich von noch höheren Dampftemperaturen keinen Vorteil in wärmewirtschaftlicher Beziehung verspricht, als vielmehr daran, daß man berechtigte Bedenken dagegen hegt, Überhitzer aus gewöhnlichem Siemens-Martin-Stahl, noch dazu bei höheren Drücken, noch höheren Temperaturen auszusetzen, und anderseits Überhitzer aus legiertem Stahl viel teurer und noch zu wenig erprobt sind. Immerhin gibt es auch schon Firmen, die bereit sind, Überhitzer für Betriebstemperaturen bis zu 430 ° zu liefern.

Der Drang nach höheren Anfangstemperaturen in Dampfanlagen entspringt nicht nur der Erkenntnis, daß höhere Anfangstemperatur das einfachste und, wenn man sie ohne Änderung der Bauart der Anlage einführen kann, auch das billigste Mittel ist, um die Wärmewirtschaft eines gegebenen Kraftwerkes wesentlich zu verbessern; vielmehr ist dabei besonders wichtig, daß man mit Erhöhung der Anfangstemperatur eine Verminderung der Feuchtigkeit des Betriebsdampfes in den unteren Druckstufen der Dampfturbinen erzielen und so den bekannten Anfressungen an den Dampfturbinenschaufeln sehr erfolgreich entgegenwirken kann, die heute den größten Posten in den Ausgaben für die Instandhaltung der Dampfturbinen verursachen. Mit der Verminderung der Anfressungsgefahr steigt auch die Betriebsbereitschaft der Dampfturbinen, die für die Kraftwerke so wichtig ist.

Diese Rücksicht auf die Dampffeuchtigkeit hat mit der Steigerung der Dampfdrücke erst ihre wahre Bedeutung erlangt; man kann dies sofort erkennen, wenn man bedenkt, daß man Dampf von 42 at auf 430 ° überhitzen muß, wenn man bei 97 % Luftleere im Kondensator erreichen will, daß er am Ende der Expansion nicht mehr Feuchtigkeit enthält als Dampf von 26 at und 370 ° bei Expansion auf den gleichen Kondensatordruck.

Das einzige Hindernis für eine noch weitergehende Steigerung der Anfangstemperaturen in Dampfanlagen bilden tatsächlich die Überhitzer, während die Ausbildung der Turbinen und Ventile für Temperaturen von 500 ° und noch mehr kaum große Schwierigkeiten machen würde. Dagegen befürchtet man mit Recht einen schnellen Verschleiß der Überhitzerrohre bei höheren Dampf-

Digitized by Google

temperaturen, weil einerseits das Metall höher erhitzt wird und schneller verbrennt und weil anderseits infolge der unvermeidlichen Temperaturunterschiede innerhalb der Rohrwände der Überhitzer Wärmespannungen entstehen, die sogar den Einfluß erhöhter innerer Dampfdrücke übersteigen können.

Das Problem des Überhitzers für höhere Temperaturen wird gelöst werden, wenn man sich die Erfahrungen des Maschinenbaues zunutze macht, insbesondere auch die des Elektromaschinenbaues; immer wenn es gilt, Überbeanspruchungen durch Betriebstemperaturen zu vermeiden, bedeutet es einen ersten Schritt auf dem Wege zur Lösung, daß man örtliche Unterschiede der Temperaturen, also heiße Stellen, durch geeignete Konstruktion vermeidet. Auch bei den Überhitzern kann man die Gefahr der Verbrennungen erheblich vermindern, wenn man den mittleren Wärmeübergang auf der gesamten Überhitzer-Heizfläche und namentlich den Wärmeübergang an der Austrittstelle des Heißdampfes beschränkt, den Sattdampf an der durch die Rauchgase am stärksten beheizten Stelle des Überhitzers eintreten läßt, Stichflammenwirkung der Heizgase auf die Überhitzerrohre vermeidet, hohe Dampfgeschwindigkeiten in den Rohren und niedrige Geschwindigkeiten in den Verteilstutzen anwendet, damit auf der einen Seite kein Wärmestau in den Rohren auftritt und auf der andern Seite der Dampf auf die parallelgeschalteten Rohre einer Überhitzerschlange möglichst gleichmäßig verteilt wird. Endlich ist es auch wichtig, das Nachbrennen der Rauchgase im Überhitzerzug zu vermeiden.

Die beste Aussicht, zu einem Betrieb mit Anfangstemperaturen von 430 ... 455 ° des Dampfes zu gelangen, bietet die Verwendung der unmittelbar im Feuerraum angeordneten Strahlungsüberhitzer. Solche Überhitzer haben sich heute in mehr als vierjährigem Betrieb in Anlagen mit Anfangstemperaturen von 370 ... 400 ° bei mittleren stündlichen Wärmebelastungen von 120 000 kcal/m² ausgezeichnet bewährt, was um so größere Beachtung verdient, als sie mit glatten Rohren von etwa 20 mm Wandstärke ausgeführt sind, also hohen Wandtemperaturen und inneren Wärmespannungen ausgesetzt waren. Welcher Fortschritt hier in bezug auf die Betriebstemperatur erzielt worden ist, geht auch daraus hervor, daß man bei den sogenannten Konvektionsüberhitzern, wie sie früher allgemein üblich waren, bei Dampftemperaturen von 430 ° keine höheren stündlichen Wärmebelastungen als etwa 13 500 kcal/m² zulassen konnte, obgleich hier die Überhitzerrohre durch etwa 10 Rohrreihen des Kessels gegen die unmittelbare Wirkung der Flammen geschützt sind. Allerdings konnte man bei solchen Überhitzern bei 430 ° Dampftemperatur niedrigere Wandtemperaturen und mittlere Wärmebelastungen erreichen als bei Strahlungsüberhitzern, die mit 370 ... 400 ° Endtemperatur des Dampfes betrieben werden.

Im allgemeinen bringt man der Tatsache, daß ein betriebsicherer Überhitzer einen erheblichen Druckabfall des Dampfes voraussetzt, heute noch zu wenig Beachtung entgegen. Das gilt namentlich für solche Anlagen, deren Belastung zwischen weiten Grenzen veränderlich ist. Ein Druckabfall von 2,8 at bei der höchsten Belastung ist hier keine Seltenheit; er ist aber verhältnismäßig unbedeutend, wenn es sich um Hochdruckanlagen handelt. Den größten Teil des gesamten Druckabfalls im Überhitzer soll man jedoch in die Überhitzerröhren verlegen, damit der Dampf hier immer mit hoher Geschwindigkeit strömt; nur etwa 15 % des Druckabfalls sollen in den Verteilstutzen auftreten. Dadurch erreicht man eine gleichmäßige Belastung der einzelnen Rohre einer Schlange, was für die Vermeidung thermischer Überbeanspruchungen der Rohre wesentlich ist.

Bei den gebräuchlichen Konvektionsüberhitzern ändert sich die Endtemperatur des Dampfes mit der Belastung in höherem Maße als bei den Strahlungsüberhitzern; durch Verbindung zweier Überhitzer, je eines dieser Arten, kann man somit einen flacheren Verlauf der Kurve erreichen, welche die Abhängigkeit der Dampftemperatur von der Kesselbelastung darstellt, also die Betriebsverhältnisse bei hoher Dampftemperatur verbessern. Das gleiche kann man aber auch bei ausschließlicher Verwendung von Strahlungsüberhitzern erzielen, wenn man einen entsprechend größeren Druckabfall in den Überhitzern zuläßt.

Nach dem heutigen Stande der Technik kann man somit damit rechnen, daß es möglich sein wird, bei Anlagen für 42 at Betriebsdruck auch in Konvektionsüberhitzern so hohe Anfangstemperaturen des Dampfes anwenden zu können, daß man ohne Zwischenüberhitzung des Dampfes auskommt. Dadurch erreicht man eine so bedeutende Vereinfachung der Gesamtanlage, daß man die Schwierigkeiten in den Kauf nehmen kann, die die Änderung der Dampftemperatur mit der Kesselbelastung im Gefolge hat.

Eine grundsätzliche Änderung im Gesamtaufbau von Dampfanlagen für hohe Drücke und Temperaturen ergibt sich in neuerer Zeit dadurch, daß man in steigendem Maße dazu übergeht, das Speisewasser mit Hilfe von Anzapfdampf in mehreren Stufen auf 175 ... 220 ° vorzuwärmen. Um unter diesen Verhältnissen die gleiche Ausnutzung der Brennstoffwärme wie früher bei niedrigeren Drücken und Temperaturen erreichen zu können, nutzt man die Wärme der Rauchgase in besonderen Vorwärmern für Speisewasser und für die Verbrennungsluft aus. Die Mehrzahl der neueren Kraftwerke in den V. S. Amerika ist heute in dieser Weise ausgerüstet oder zum mindesten für den späteren Einbau solcher Vorwärmer entworfen.

Der Übergang zu höheren Drücken und Temperaturen hat ferner die Möglichkeit geschaffen, die Leistungen der einzelnen Kessel bedeutend zu steigern und dadurch die Anlagekosten zu vermindern. Vor allem ist dies der Verwendung der mittels Wasser gekühlten Verbrennungskammern zu verdanken, die ermöglicht haben, den Wärmeumsatz des Brennraumes einer Kesselanlage in der Zeiteinheit bedeutend zu erhöhen.

Über die Wirkung und Aussichten solcher Verbrennungsräume herrschten zunächst recht unklare Ansichten. Auf der einen Seite behauptete man, der Gesamtwirkungsgrad einer Kesselanlage könne erhöht werden, wenn man den Teil der Brenstoffwärme, welcher durch Strahlung auf den Kessel übertragen wird, durch Einbau von Kühlrohren in den Verbrennungsraum wesentlich vergrößert. Ferner bezeichnete man die Anwendung gekühlter Brennkammern als das billigste Mittel, um die Leistungsfähigkeit einer gegebenen Kesselbauart erheblich zu steigern, da die Wärmeübertragung durch Strahlung eine bedeutend höhere Belastung der wärmeaufnehmenden Teile der Heizfläche zulasse. Anderseits wurden aber auch Bedenken gegen gekühlte Brennräume geäußert, namentlich das, daß eine starke Kühlung der Brennkammer die Vollständigkeit der Verbrennung bei niedrigen Belastungen beeinträchtigen, also erhöhte Verluste an Wärme und stärkere Rauchentwicklung zur Folge haben würde.

Nachdem sehr umfangreiche Erfahrungen im Betrieb von Kesseln mit gekühlten Brennkammern vorliegen, kann man sagen, daß zwar die oben mitgeteilten Hoffnungen und Befürchtungen übertrieben waren, daß sich aber doch die Kühlung der Brennkammern als ein sehr wertvoller praktischer Fortschritt erwiesen hat. Der wichtigste Fortschritt war, daß man in solchen Brennkammern das Mauerwerk entweder ganz entbehren oder wenigstens durch Kühlrohre vollständig schützen kann. Dadurch wurde ermöglicht, sehr hohe Wärmebelastungen der Brennkammern zuzulassen, ohne daß entsprechend häufige Schäden an den Brennkammern auftraten, und damit waren die Voraussetzungen für das Verfeuern bedeutend größerer Brennstoffmengen gegeben, als man jemals früher für möglich gehalten hätte.

Ein weiterer Vorteil ergab sich daraus: Infolge der stärkeren Wärmebelastung der Brennkammer und der dort angebrachten von Wasser durchflossenen Rohre konnte man, ohne Beeinträchtigung der Gesamtleistung des Kessels, die Wärmebelastung der übrigen Kesselheizfläche vermindern. Dadurch wurden die Gefahren von Rohrausbrennern infolge verhältnismäßig geringer Ablagerungen von Kesselstein geringer, ein Vorteil, der sich namentlich bei Kesseln mit höheren Betriebsdrücken und entsprechend dickeren, zu Überhitzungen leichter neigenden Wänden ausgewirkt hat.

Welcher Fortschritt sich hierdurch ergeben hat, dafür nur einige Zahlen: Verschiedene einwandfreie Messungen an Wasserrohrkesseln der älteren Bauart haben bewiesen, daß die unteren, der Flammenstrahlung am stärksten ausgesetzten Rohrreihen Wärmebelastungen von 330 000 kcal/m²h aufzunehmen haben, obgleich die mittlere Wärmebelastung der ganzen Heizfläche nicht mehr als 31 400 kcal/m²h beträgt. Demgegenüber hat man heute Kessel mit gekühlten Brennräumen im Gebrauch, deren mittlere Heizflächenbelastung 150 000 kcal/m²h, also fast das fünffache, betragen darf, ohne daß die höchste Wärmebelastung an irgendeiner, wenn auch unmittelbar bestrahlten Stelle der Heizfläche mehr als 260 000 kcal/m²h erreicht. Man hat also gleichzeitig eine Sicherung der Heizfläche gegen Überhitzung und eine Steigerung der Verdampfleistung auf etwa das fünffache erzielt.

Das Ergebnis dieser Verbesserung zeigen folgende Angaben: Während es noch vor wenigen Jahren, selbst

Digitized by Google

in den V. S. Amerika ganz wenige Dampfkessel gab, die imstande waren, genügend Dampf für eine Turbine von 10 000 kW zu erzeugen, gibt es dort heute über 20 Kessel, von denen jeder eine Turbine von 35 000 bis 40 000 kW speisen kann, und neuerdings sogar 3 Kessel, die je eine Turbine von 75 000 kW versorgen.

Es leuchtet sofort ein, daß mit einer solchen Steigerung der Kesselleistung auch eine bedeutende Ersparnis an Baukosten für 1 kW eingebaute Maschinenleistung und eine ebenso erhebliche Vereinfachung und Verbilligung des Betriebes der Kesselanlage verbunden war. Heute steht man daher auf dem Standpunkt, daß jedes Kraftwerk, dessen Belastungsverhältnisse es gestatten, eine Großturbine von 60 000 kW aufzustellen, auch die Aufstellung eines einzelnen Kessels für diese Maschinengruppe in Aussicht nehmen könnte, da man in der Lage ist, so große Dampfkessel mindestens ebenso betriebsicher auszubilden wie so große Maschinen. *H.*

Mitteilungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

Bekanntmachung über Prüfungen und Beglaubigungen durch die Elektrischen Prüfämter[1].

Nr. 282.

Auf Grund des § 10 des Gesetzes vom 1. VI. 1898, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, sind folgende Elektrizitätszählerformen zur Beglaubigung durch die Elektrischen Prüfämter im Deutschen Reiche zugelassen und ihnen die beigesetzten Systemzeichen zuerteilt worden.

I. System $\overline{153}$, die Formen C F 1 und D F 1, Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom,

II. Zusatz zu System $\overline{153}$, die Formen C F 2 und D F 2, Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom,

sämtlich hergestellt von der Firma **Paul Firchow Nachfgr.-Landis & Gyr Aktiengesellschaft in Berlin** und von der Firma **Landis & Gyr Aktiengesellschaft in Zug in der Schweiz.**

Berlin-Charlottenburg, den 3. V. 1930.

Der Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

Paschen.

Beschreibung.

I. System $\overline{153}$,

die Formen CF 1 und DF 1, Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom, hergestellt von der Firma Paul Firchow Nachfgr.-Landis & Gyr Aktiengesellschaft in Berlin und von der Firma Landis & Gyr Aktiengesellschaft in Zug in der Schweiz.

1. Meßbereiche.

Die Zähler der Form CF 1 sind zur Messung des Verbrauches in einphasigen Wechselstrom-Zweileiteranlagen bestimmt. Sie können für Nennstromstärken von 1,5 bis 100 A, für Nennspannungen bis 650 V und für Nennfrequenzen von 40 ... 60 Hz beglaubigt werden. In der Ausführung als Dreileiterzähler führen die Zähler die Formbezeichnung DF 1. Diese Zähler können für Nennstromstärken von $2 \times 1{,}5$ bis 2×30 A, für Nennspannungen bis 2×225 V und für Nennfrequenzen von 40 ... 60 Hz beglaubigt werden.

2. Wirkungsweise.

Der Zähler (Abb. 1) ist ein Induktionsmotor, dessen Kurzschlußanker *a* aus Aluminium durch zwei (in der Abbildung nicht eingezeichnete) Dauermagnete gebremst wird. Das Spannungseisen *b* mit der Spannungspule ist oberhalb, das Stromeisen *c* mit den beiden Stromspulenhälften unterhalb der Aluminiumscheibe angeordnet. Der größere Teil der von der Spannungspule erzeugten Kraftlinien geht durch den magnetischen Nebenschluß *d*, ohne die Scheibe zu durchsetzen. Der wirksame, die Scheibe durchsetzende Teil der Spannungskraftlinien wird durch den unterhalb der Scheibe liegenden Gegenpol *e* und die beiden Pole des Stromeisens zum Spannungseisen zurückgeführt. Der Gegenpol *e* besteht aus einer am Spannungseisen befestigten Bimetallzunge aus ferromagnetischen Materialien. Die Zunge dient dazu, die Abhängigkeit der Zählerangaben von Temperaturänderungen herabzusetzen, indem bei steigender Temperatur der Luftspalt zwischen der Scheibe und der Zunge durch Abwärtsbewegen der letzteren vergrößert, bei sinkender Temperatur durch Aufwärtsbewegen der Zunge verkleinert wird. Die Bewegung der Zunge nach oben ist durch einen Anschlag begrenzt, um ein Streifen an der Ankerscheibe zu verhüten. Die Strompole sind auf den Stirnflächen mit aufgeschraubten (in der Abb. 1 nicht gekennzeichneten) Polplatten aus Eisen versehen.

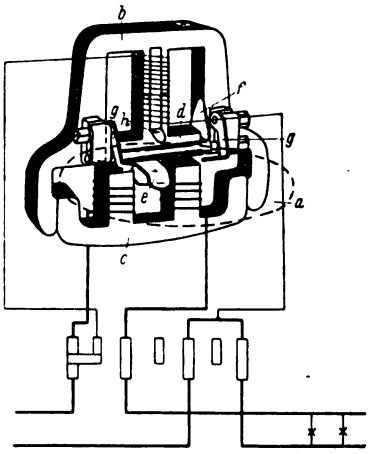


Abb. 1.

Zur Einstellung der 90 °-Verschiebung zwischen den wirksamen Feldern bei induktionsloser Belastung des Zählers dient ein um eine waagerecht gelagerte Achse drehbarer Doppelflügel *f* aus Kupferblech, der durch Verdrehen mehr oder weniger tief in die beiden Luftspalte zwischen dem magnetischen Nebenschluß *d* und den beiden Außenzinken des Spannungseisens eingetaucht werden kann. Als Reibungskompensation sind zwei einzeln drehbare Eisenflügel *g* angebracht, die durch gegenläufige Drehung mehr oder weniger unsymmetrisch zum Spannungseisen eingestellt werden können. Die beiden Bremsmagnete sind zur richtigen Einstellung der Umdrehungszahl des Zählers bei großer Belastung samt einem Träger, auf dem sie aufgeschraubt sind, durch eine Mikrometerschraube verstellbar. Zur Verhütung von Leerlauf dient ein an der Ankerachse sitzendes eisernes Bremsdrähtchen, das von einem am Spannungseisen sitzenden verbiegbaren Streublech *h* angezogen wird.

3. Schaltung.

Die Schaltung der Zähler der Form CF 1 für Nennstromstärken bis 50 A ist aus Abb. 1 ersichtlich. Bei den Zählern für die Nennstromstärken 75 und 100 A sind die beiden Stromspulenhälften nicht hintereinander, sondern parallel geschaltet. Bei den Zählern der Form DF 1 sind beide Außenleiter, zwischen denen die Spannungspule liegt, in den Zählern eingeführt, indem in je einem der Außenleiter eine der beiden Stromspulenhälften liegt.

4. Eichung.

Nach einhalbstündiger Belastung der Spannungspule mit der Nennspannung werden der Reihe nach folgende Einstellungen vorgenommen:

a) Beseitigung von Vor- und Rücklauf bei unbelasteter Hauptstromspule durch Verdrehen der beiden Eisenflügel *g*, so daß sie ungefähr die gleiche, etwa 30 ° betragende Neigung gegen das Spannungseisen haben.

b) Beseitigung von Vor- oder Rücklauf bei Belastung mit Nennstrom unter 90 ° induktiver Phasenverschiebung durch Verdrehen des Doppelflügels *f*.

c) Einstellen der richtigen Ganggeschwindigkeit bei induktionsfreier Nennbelastung durch Verschieben der Bremsmagnete mittels der Mikrometerschraube.

d) Erteilen eines schwachen Vorlaufes durch Verstellung des rechten Eisenflügels *g*, so daß der Zähler bei $^1/_{20}$ Nennstrom ohne Phasenverschiebung um etwa 1 % zu schnell läuft.

e) Feineinstellen der 90 °-Verschiebung durch Drehen des Doppelflügels *f*, so daß der Zähler bei $^1/_{10}$ Nennstrom und $\cos \varphi = 0{,}5$ um etwa 1 % zu schnell läuft.

f) Einstellen des Streubleches *h* durch Biegen, so daß der Zähler einerseits bei 20 % Überspannung im stromlosen Zustande nicht leerläuft, anderseits aber bei induktionsloser Belastung mit einer Stromstärke sicher anläuft, die 0,5 % der Nennstromstärke nicht überschreitet.

5. Eigenschaften.

Die untersuchten Zähler hatten bei Nennbelastung ein Drehmoment von etwa 4,7 ... 5,4 cmg. Sie liefern bei in-

[1] Reichsministerialblatt 1930, S. 375.

Digitized by Google

duktionsloser Belastung durchschnittlich mit etwa 0,4 % des Nennstromes an. Das Ankergewicht wurde bei einem Zähler zu etwa 25,5 g, die Drehzahl der Zähler zu 30 bis 33 U/min bei Nennlast ermittelt. Der Eigenverbrauch im Stromkreis belief sich bei 5 A Nennstromstärke auf etwa 0,30 W und bei 100 A Nennstromstärke auf etwa 2,13 W bei der Frequenz 50 Hz. Der Eigenverbrauch im Spannungskreis betrug bei 110 und 220 V Nennspannung etwa 0,80 W und bei 650 V Nennspannung etwa 1,0 W bei der Frequenz 50 Hz.

II. Zusatz zu System $\frac{-}{153}$,

die Formen CF 2 und DF 2, Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom, hergestellt von der Firma Paul Firchow Nachfgr.-Landis & Gyr Aktiengesellschaft in Berlin und von der Firma Landis & Gyr Aktiengesellschaft in Zug in der Schweiz.

Die unter I dieser Bekanntmachung zur Beglaubigung zugelassenen Wechselstromzähler der Formen CF 1 (Zweileiter) und DF 1 (Dreileiter) des Systems $\frac{-}{153}$ werden auch in abgeänderter Ausführung unter den Formbezeichnungen CF 2 (Zweileiter) bzw. DF 2 (Dreileiter) hergestellt. Die Abänderung besteht darin, daß die Strom- und Spannungspulen andere Wicklungsdaten haben. Die Zähler der Formen CF 2 und DF 2 können für die gleichen Meßbereiche wie die Zähler der Formen CF 1 bzw. DF 1 beglaubigt werden.

Die untersuchten Zähler hatten bei Nennbelastung ein Drehmoment von etwa 4,8 ... 6,1 cmg. Der Eigenverbrauch im Stromkreis belief sich bei 5 A Nennstromstärke auf etwa 0,37 W und bei 100 A Nennstromstärke auf etwa 1,87 W bei der Frequenz 50 Hz. Der Eigenverbrauch im Spannungskreis betrug bei 110 und 220 V Nennspannung etwa 0,42 W und bei 650 V Nennspannung etwa 0,64 W bei der Frequenz 50 Hz. Für das Ankergewicht, die Drehzahl und die Anlaufstromstärke der Zähler wurden die gleichen Werte ermittelt, wie sie unter I dieser Bekanntmachung für die Zähler der Formen CF 1 und DF 1 angegeben sind.

RUNDSCHAU.

Leitungen.

Normale Spannungsprüfung von Hochspannungskabeln. — Die bei der Spannungsprüfung von Hochspannungskabeln durch die Überschläge an den Leiterenden hervorgerufenen Schwierigkeiten wachsen mit steigender Spannung unverhältnismäßig schnell; die Zurüstung der Enden erfordert immer größere Aufwendungen, die freizulegenden Enden werden immer länger, und damit steigt der Abfall. Man hilft sich mit Metalltrichtern an den Enden und mit Eintauchen der Enden in Öl, doch sind das alles umständliche Maßnahmen. Die bekannte, an dem abgeschnittenen Bleimantelende auftretende außerordentlich hohe Feldverdichtung (vgl. die rechte Seite der Abb. 1) führt zu Partialdurchbrüchen der Luft, wodurch die Gleitentladungen an der Oberfläche der Leiterisolation eingeleitet werden. Gelingt es, diese ungünstige Feldverdichtung zu mildern, so läßt sich die Prüfspannung erheblich steigern, ohne daß ein Überschlag stattfindet. Als ein sehr wirksames und dabei einfaches Mittel hat sich nun das Umwickeln der Isolation, beginnend vom Bleimantelende, mit einer Schicht von Halbleitermaterial erwiesen. Diese Schicht erstreckt sich über eine gewisse Länge der Isolation des Leiterendes und bewirkt, wie die linke Seite der Abb. 1 zeigt, eine wesentlich günstigere Potentialverteilung. Als Halbleiterschicht hat sich Papier mit fein verteilter Kohle, z. B. für photographische Zwecke gebräuchliches Kohlepapier, als geeignet erwiesen; zu fordern ist nur, daß der Oberflächenwiderstand des betreffenden Materials konstant bleibt, und daß durch Feuchtigkeitsaufnahme die anfänglichen Eigenschaften nicht verändert werden. Auch Pasten aus Ruß, Schellack und Spiritus haben sich bis zu Spannungen von 60 kV als brauchbar erwiesen. Abb. 2 zeigt, wie sich die Spannungsgradienten und die Spannungsverteilung längs der Isolationsoberfläche günstiger gestalten, wenn die Halbleiterschicht aufgebracht ist. Der Grad der Verbesserung richtet sich nach der Art des Halbleitermaterials, seiner Länge und der Art seiner Aufbringung. Der effektive Widerstand des Halbleiters soll nicht unter 0,1 $M\Omega/cm^2$ betragen; auch für die Längen der Halbleiterschicht und die des übrigen Leiterendes lassen sich günstigste Werte ermitteln. Abb. 3 zeigt, wieviel man bei gleicher Länge der Enden die effektive Prüfspannung gegen Erde mit Kohlepapier erhöhen kann. Die erforderliche Länge der Leiterenden ermäßigt sich z. B. bei einem 66 kV-Einfach-

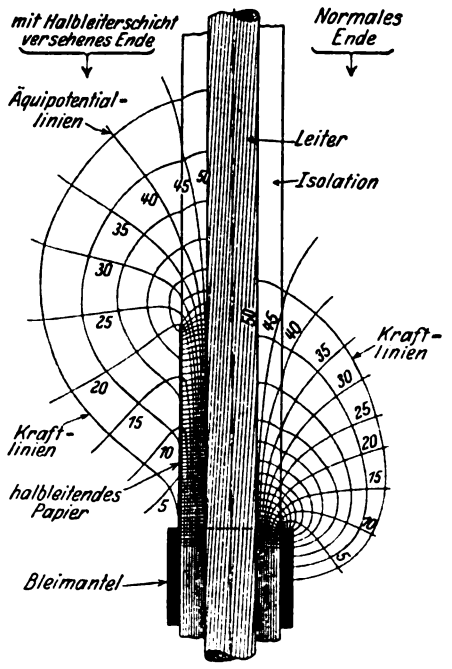


Abb. 1. Feld am Ende des zu prüfenden Kabels mit (links) und ohne (rechts) Aufbringung einer Halbleiterschicht.

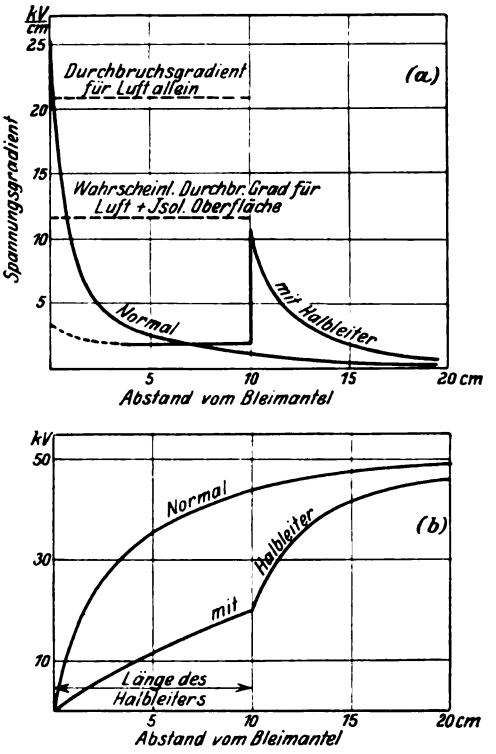


Abb. 2. Spannungsgradient (a) und Spannungsverteilung (b) am Kabelende mit und ohne Halbleiterschicht.

Digitized by Google

kabel von 130 mm² bei einer Prüfspannung von 100 kV gegen Erde von 122 cm auf die Hälfte; das bedeutet eine erhebliche Ersparnis für jede Kabellänge. Die Halbleiterschicht kann auch in Gestalt eines vom Bleimantel ausgehenden Konus angebracht werden; sie bildet dann zweckmäßig die Innenfläche eines Preßspantrichters. Auch beim Eintauchen der Enden in Öl erweist sich der Gebrauch

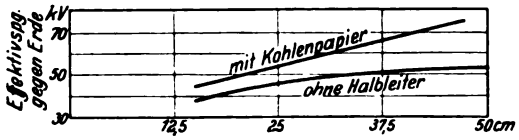


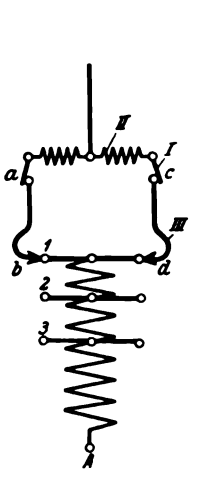
Abb. 3. Erhöhung der Prüfspannung bei gleicher Endlänge durch Bewickeln mit Kohlepapier.

einer Halbleiterschicht als vorteilhaft. Am Schluß der Arbeit wird noch die Bedeutung des im Halbleiter fließenden Stromes für die Konstanz seiner Eigenschaften erörtert und auf die Anwendbarkeit des hier beschriebenen Verfahrens bei Hochspannungsisolatoren hingewiesen. (E. A. Beavis, J. Inst. El. Engs. London Bd. 66, S. 1086.)

Eg.

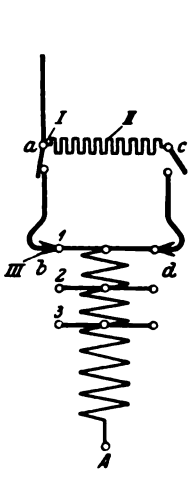
Apparate.

Regeleinrichtungen für Hochspannungs-Transformatoren zum Schalten unter Last. — Bei der in den V. S. Amerika häufig angewandten Regelung von Transformatoren unter Last[1] (Abb. 4) ergeben sich für den Schalterbauer nicht



I Lastschalter
II Reaktanzspule
III Stufenwähler

Abb. 4. Einphasiges Prinzipschaltbild einer Regeleinrichtung mittels Reaktanzen.



I Lastschalter
II Ohmscher Übergangswiderstand
III Stufenwähler

Abb. 5. Einphasiges Prinzipschaltbild einer Regeleinrichtung mit Überschaltwiderstand.

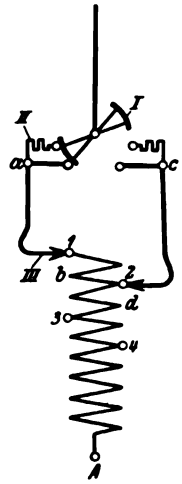


Abb. 6. Einphasiges Prinzipschaltbild einer Regeleinrichtung mit Doppellastschaltern (Jansen-Schaltung).

unwesentliche Schwierigkeiten durch die Schaltleistungen, die von den Lastschaltern zu bewältigen sind und infolge der Verwendung von Reaktanzen ganz erhebliche Werte annehmen. Wie schwerwiegend diese Schwierigkeiten sind, mag daraus hervorgehen, daß eine große amerikanische Firma mehrjährige Laboratoriumsversuche anstellte, um eine Metallegierung zu finden, deren Lebensdauer bei den in Frage kommenden Schalthäufigkeiten genügt, um einen ordnungsgemäßen Betrieb zu garantieren. In Deutschland wurde, wohl in der Hauptsache beeinflußt von den früher schon zur Verwendung gekommenen Bahnstufen-Transformatoren, eine etwas andere Schaltung gewählt. Die im Prinzip einfachste derartige Schaltung zeigt Abb. 5. Um absolute Sicherheit gegen Bedienungsfehler zu erreichen, ist es notwendig, die Überschaltwiderstände für längere Betriebszeit zu bemessen. Dies führt im allgemeinen bei Ohmschen Widerständen zu unwirtschaftlichen Abmessungen, wobei zu beachten ist, daß diese Widerstände gegen die volle Betriebspannung isoliert aufgestellt sein müssen. Eine Abhilfe ist dadurch zu finden, daß man den Widerstand nur für kurzzeitige Belastung bemißt, die Temperatur desselben aber durch ein thermisches Relais kontrolliert und bei Überschreitung einer bestimmten Höchsttemperatur den Ölschalter durch das Relais auslöst. Für den Betriebsmann unangenehm ist dabei zweifellos, daß jeder Bedienungsfehler eine Abschaltung des Transformators nach sich zieht, und es erscheint von vornherein zweckmäßig, eine konstruktive Lösung zu suchen, bei der der Schaltvorgang unabhängig von derartigen Bedienungsfehlern bleibt.

Im nachfolgenden soll in der Hauptsache die konstruktive Ausführung einiger neuartiger Regelschalteinrichtungen mit in Luft arbeitenden Lastschaltern, wie sie die Pöge Elektricitäts A.G., Chemnitz, baut, kurz erläutert werden. Als Schaltprinzip wurde die von B. Jansen angegebene Anordnung nach Abb. 6 gewählt. Diese Anordnung ergibt von vornherein die Möglichkeit, einen zur Ausführung des Schaltvorganges vorgesehenen Kraftspeicher auf den Lastumschalter zu beschränken und den Stufenwähler rein mechanisch langsam zu betätigen. Da die Massen des Lastschalters sich naturgemäß ziemlich klein bemessen lassen, so ergeben sich für den Kraftspeicher verhältnismäßig kleine und damit sicherer zu beherrschende Federkräfte. Wenn man das Antriebsgestänge der Lastschalter vor den Kraftspeicher setzt, d. h. also ebenfalls langsam betätigt, dann müssen tatsächlich nur die Schalthebel mit den Kontakten beschleunigt werden. Zu beachten ist hierbei allerdings, daß mit der Bewegung des Gestänges sich der Druck des Kraftspeichers ändert und diese Änderung ohne Einfluß auf den Kontaktdruck sein muß. Eine Lösungsmöglichkeit dieser Erfordernisse zeigt Abb. 7. Durch die Stange *S*, angetrieben durch die Kurbel *K*, wird der eine Angriffspunkt der Kraftspeicher-

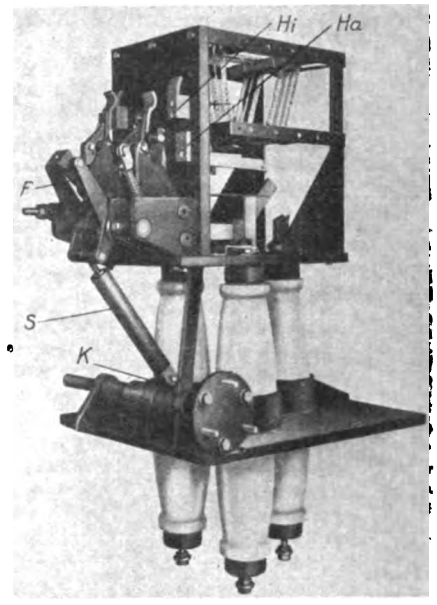


Abb. 7. Einphas. Lastschalter für Regeltransformatoren.

feder *F* in eine bestimmte Lage gebracht, wodurch die Feder einmal gespannt wird und zum anderen nach einer Überschreitung einer Totpunktlage die Möglichkeit der Entspannung hat. Durch diese Bewegung werden von den beiden Lastschalterhälften, die mechanisch starr miteinander gekuppelt sind, die eine Seite zu- und die andere Seite abgeschaltet. Die Unabhängigkeit des Kontaktdruckes von der Stellung der Kraftspeicherfeder ist dadurch gegeben, daß die Übertragung über ein Kniehebelsystem geht, das bei geschlossenem Schalter gestreckt ist und den Kontaktdruck in sich aufnimmt. Der Überschaltwiderstand ist zwischen die Kontakte *Hi* und *Ha* geschaltet, und es ergibt sich aus der Bewegung zwangläufig, daß der Überschaltwiderstand nur die kurze Zeitspanne zwischen dem voreilenden Hilfskontakt *Hi* und dem nacheilenden Hauptkontakt *Ha* eingeschaltet sein kann. Dies bedeutet folgendes: Wird der Lastschalter überhaupt umgeschaltet, so folgen Hilfs- und Hauptkontakt in sehr kurzer Zeit absolut sicher aufeinander. Die Einschaltdauer des Widerstandes ist entsprechend kurzzeitig, und es genügt, den Widerstand für diese kurze Zeit zu bemessen.

Wie ohne weiteres zu erschen ist, kann das Bedienungsorgan in jeder beliebigen Stellung stehen bleiben, ohne daß irgendein Schaden entstehen kann. Entweder steht der Kraftspeicher vor seiner Totpunktlage, so bleibt die alte Spannungstufe erhalten, oder die Totpunktlage

[1] Vgl. ETZ 1927, S. 887, S. 1699.

Digitized by Google

wird überschritten, so wird auf die nächste Spannungstufe umgeschaltet, ohne daß der Bedienende dies beeinflussen kann. Selbst in dem unwahrscheinlichen Fall, daß die Feder des Kraftspeichers brechen würde, entsteht zunächst kein Schaden. Die Betätigungstange bewegt zwar den einen Angriffspunkt der Kraftspeicherfeder, da aber keine Federspannung vorhanden ist, bleiben beide Lastschalterhälften in ihrer alten Lage und damit die alte Spannungstufe erhalten. Dem Bedienungsmann muß dies ein Warnungzeichen sein, da er trotz Bedienung des Schalters keine Spannungsänderung erhielt. Ein Oszillogramm der Spannungskurve während des Überschaltvorganges zeigt Abb. 8. Hierbei ist zu bemerken, daß diese Spannungskurve bei leerlaufendem Transformator aufgenommen wurde. Bei vollbelastetem Transformator wird die Spannungskurve während des Umschaltvorganges noch etwas ruhiger ausfallen.

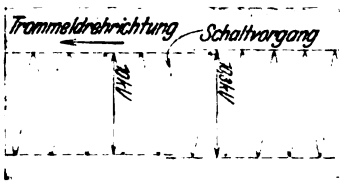


Abb. 8. Spannungsoszillogramm eines Regelvorganges.

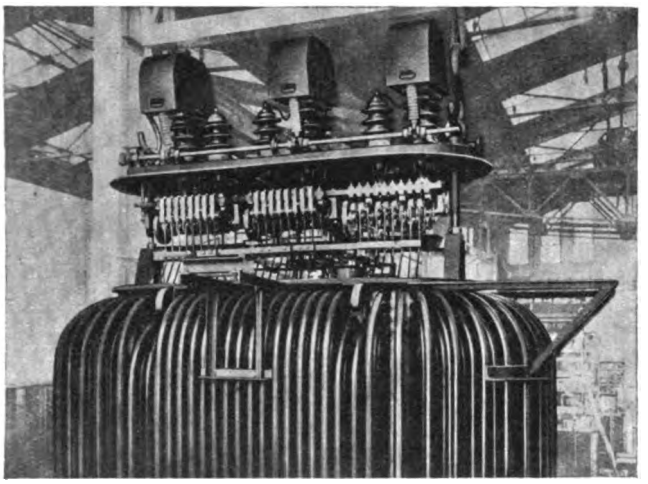


Abb. 9. Regeleinrichtung eines 3000 kVA-Transformators, 25 kV.

Für den Stufenwähler ist geringster Platzbedarf sowie die Sicherheit gegen den Stoß-Kurzschlußstrom und eine genügende Isolation von Stufe zu Stufe von Wichtigkeit. Wie aus Abb. 9 ersichtlich, ergibt sich durch die Regeleinrichtung eine kaum nennenswerte Vergrößerung des Transformators. Abb. 10 zeigt die Ausführung einer nach ähnlichen Prinzipien aufgebauten Schalteinrichtung für vorhandene Transformatoren. Diese Anordnung mit Kabelendverschluß ergibt die Möglichkeit, den Schalter an beliebiger Stelle in der Schaltanlage zu montieren. Die Zuführung erfolgt hierbei vom Transformator durch 3 dreiadrige Hochspannungskabel.

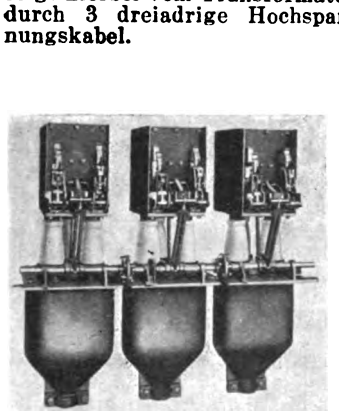
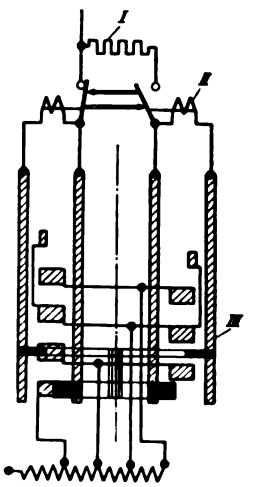


Abb. 10. Regelschalter für 3 Spannungstufen 20 kV bei getrennter Montage.



I Übergangswiderstand
II Lastschütz
III Stufenwähler

Abb. 11. Einphasiges Prinzipschaltbild einer Regeleinrichtung mit elektromagnetischer Betätigung der Lastschalter.

Bei elektromagnetischer Betätigung der Lastschalter erscheint es einfach, die Spule von dem Transformator selbst mit einer der Stufenspannungen zu speisen. Es ergibt sich dadurch die Möglichkeit, für die Lastschalter an sich bekannte Konstruktionen von Luft- oder Ölschützen zu verwenden. Ein Schaltbild einer derartigen Anordnung zeigt Abb. 11.

Ganz allgemein soll zum Schluß noch darauf hingewiesen werden, daß es sich sowohl in den V. S. Amerika als auch in Deutschland durchgesetzt hat, die Lastschalter nur für die Stufenleistung zu bemessen. Vom Standpunkt des Betriebsmannes aus erschiene es zwar wünschenswert, die Lastschalter so kräftig auszuführen, daß sie auch im Kurzschlußfalle imstande sind, die Schaltleistung zu bewältigen. An sich wäre dies durchaus möglich durch die Verwendung von Hochleistungschaltern an Stelle der Lastschalter. Doch kann eine derartige Anordnung nicht mehr als wirtschaftlich betrachtet werden. Es ist ohne weiteres möglich, durch Überstromrelais die Schaltbewegung sofort abzustoppen, sobald eine Überlastung irgendwelcher Art bzw. ein Kurzschluß aufgetreten ist; die Gefahrmöglichkeit beschränkt sich dann darauf, daß der Kurzschluß während der Schaltzeit der Lastschalter, also bei vorbeschriebener Anordnung innerhalb rd. $^1/_{50}$ s eintritt.

E. Müthlein.

Röntgenanlage für 600 kV. — Anläßlich des diesjährigen Röntgen-Kongresses, der vom 27. bis 29. IV. 1930 in Berlin tagte, wurde eine Röntgenanlage von 600 kV gezeigt, die mit ihren extrem harten Röntgenstrahlen für die Krebsbehandlung von unschätzbarem Wert zu werden verspricht. Die Technik ist seit langem bestrebt, Röntgenapparate für radiumähnliche Strahlung zu konstruieren, was durch obige Einrichtung seiner Verwirklichung nähergebracht wird. Solche Einrichtungen werden in nächster Zeit in zwei Berliner Kliniken zur Aufstellung gelangen, um dort in der Praxis erprobt zu werden. Es wäre zu wünschen, daß die in diese kostspieligen Apparate gesetzten Erwartungen im Interesse der Krebskranken in Erfüllung gehen, zumal das vorhandene Radium der Welt lange nicht ausreicht, um die Anforderung der gesamten Medizin zu befriedigen. Die ausgestellte Apparatur ist von der Elektrizitätsgesellschaft „Sanitas", Berlin N 24, Friedrichstraße 131 d, gebaut und kann in deren Ausstellungsräumen von den interessierten Ärzten besichtigt werden. *fi*

Meßgeräte und Meßverfahren.

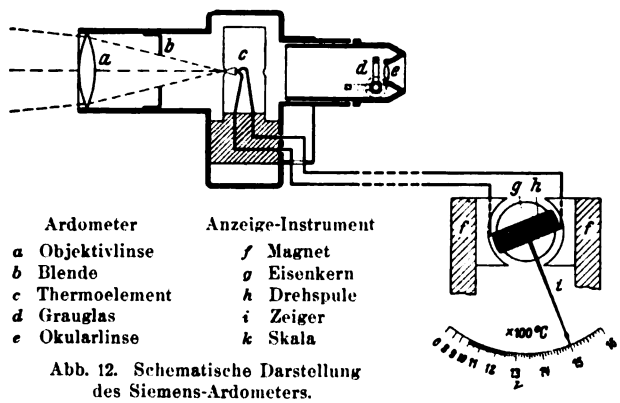
Elektrische Wärmemeßgeräte. — Die Qualitätsfertigung beim Schmelzen, Glühen, Härten, verlangt genaue Einhaltung der Temperaturen. Hiermit ist auch eine Ersparnis an Brennstoffen und eine Schonung des teuren Ofenbaustoffs verbunden. So ist die Temperatur**schätzung** durch die Temperatur**messung** mit Gerät ersetzt worden. Die Temperaturmessung hat auch bereits sehr wertvolle Anhaltspunkte über den Verlauf von Betriebsvorgängen geliefert, wie sich solche z. B. im Hochofenbetrieb abspielen. Der Hochofenausschuß des Vereins deutscher Eisenhüttenleute macht in der Zeitschrift Stahl und Eisen 1930, S. 205, Mitteilungen über Temperaturmessungen am Hochofen, die Aufschlüsse über den örtlichen Vorgang der Schmelzarbeit liefern. Nach dem Ergebnis der Messungen an den vier Formen eines Ofens erwiesen sich bisherige Anschauungen zur Verteilung der Temperaturen im Ofeninnern von den Formen aus als unrichtig. Durch die Messung der Formentemperatur ist die Gestelltemperatur nicht gekennzeichnet. Die Abhängigkeit der Eisenzusammensetzung von der Formentemperatur ließ sich graphisch nicht erfassen. Dagegen ließen sich Zusammenhänge zwischen den kurzzeitigen Temperaturschwankungen und den Betriebsverhältnissen feststellen. Von jenen hängt auch die Ofenleistung ab. Das verschiedene Temperaturverhalten der Formen ließ auf Unregelmäßigkeiten im Niedergehen der Beschickung schließen. Die Messungen wurden mit Gesamtstrahlungs-Pyrometern ausgeführt, die sich als ein einfaches Mittel erwiesen, verschiedene Öfen miteinander zu vergleichen und die Auswirkung einzelner Betriebsmaßnahmen auf das Niedergehen der Beschickung zu beurteilen. Die letzte Gießerei-Fachausstellung in Düsseldorf im September v. J. zeigte eine große Zahl von Meßgeräten, die auf elektrischer Grundlage aufgebaut sind[1]. Je nach der Höhe der Temperaturen werden Widerstandsthermometer, Thermoelemente, Strahlungs- und Glühfaden-Pyrometer benutzt.

Ein einfaches Instrument zur Messung hoher Temperaturen ist das **thermoelektrische Pyrometer**

[1] ETZ 1929, S. 1705.

Digitized by Google

von Hartmann & Braun AG., Frankfurt a. M., das aus einem im Ofen eingebauten und durch Rohr geschützten Thermoelement und einem am Ablesecort befindlichen Anzeigeapparat (Millivoltmeter) besteht, beide durch zwei Drähte miteinander verbunden. Das Thermoelement wird aus zwei an einem Ende miteinander verschweißten Drähten verschiedenen Metalls gebildet. Es werden unedle und edle Metalle je nach der Höhe der Temperaturen benutzt, da der Abnutzung der Elemente durch die Wärme Rechnung getragen werden muß. Thermoelemente aus Unedelmetallen werden in den verschiedenen Zusammensetzungen für Temperaturen bis 1000 °, solche aus Edelmetallen für Temperaturen über 1000 ... 1500 ° genommen. Zur Messung noch höherer Temperaturen sind Strahlungs- und Glühfaden-Pyrometer im Gebrauch, die sich aber auch zur Messung anderer Temperaturen eignen. Thermoelektrische Anordnungen und Meßstellen mit Widerstandsthermometern lassen sich mit einem neuen kombinierten Drehschalter der Firma W. H. Joens & Co. in Düsseldorf in beliebiger Kombination an ein gemeinsames Anzeigegerät anschließen. Die Kontaktanordnung ist derart getroffen, daß vor dem Abschalten eines Widerstandsthermometers immer erst die Stromquelle und das Anzeigegerät abgeschaltet werden, und daß das neu anzuschließende Thermometer angeschaltet wird, bevor man Stromquelle und Anzeigegerät wieder anschließt. Durch diese Anordnung werden beim An- und Abschalten von Widerstandsthermometer-Meßstellen Prellschläge des Instrumentzeigers in jedem Falle mit Sicherheit vermieden. Der Schalter ist staub- und wasserdicht aufgebaut und für maximal 9 Meßstellen eingerichtet.



Ardometer	Anzeige-Instrument
a Objektivlinse	*f* Magnet
b Blende	*g* Eisenkern
c Thermoelement	*h* Drehspule
d Grauglas	*i* Zeiger
e Okularlinse	*k* Skala

Abb. 12. Schematische Darstellung des Siemens-Ardometers.

Strahlungspyrometer kommen bei Temperaturen über 1250 ° in Frage. Sie bestehen im allgemeinen aus einem Linsensystem mit dahinter liegendem kleinem Thermoelement in einem zylindrischen Gehäuse, das vor einer in der Ofenwandung angebrachten Öffnung montiert oder freitragend auf diese einvisiert wird. Das Gerät bedarf keiner Hilfstromquelle. Die Messung beruht ebenfalls auf thermoelektrischem Prinzip. Die von dem erhitzten, glühenden Körper ausgehende Strahlung wird durch die Objektivlinse des fernrohrartig ausgebildeten Aufnahmerohres auf die Lötstellen einer kleinen Thermoelementbatterie konzentriert. Die durch die Erwärmung entstehende thermoelektrische Kraft ist ein Maß für die Temperatur des Strahlers, welche auf der in Temperaturgraden eingeteilten Skala des anzeigenden oder registrierenden Galvanometers abgelesen werden kann. Letzteres steht durch die Fernleitungen mit den im Aufnahmerohr befindlichen Thermoelementen in Verbindung. In Abb. 12 ist die schematische Darstellung des Siemens-Ardometers gegeben. Die vom Körper ausgehende Gesamtstrahlung in Licht- und Wärmestrahlen wird durch eine Objektivlinse *a* gesammelt und auf ein geschwärztes Platinplättchen mit angelötetem Thermoelement *c*, das in einer luftleeren bzw. mit Edelgas gefüllten Glasglocke untergebracht ist, geworfen. Das Plättchen erwärmt sich und das Thermoelement erzeugt eine elektromotorische Kraft, die mit einem Spannungsmesser gemessen werden kann, so daß die Erwärmung der Lötstelle des Thermoelements ein Maß für die Temperatur des Körpers ist. Im Apparatgehäuse liegt der Objektivlinse *a* eine Okularlinse *e* gegenüber, mittels der das Ardometer auf den zu messenden Körper eingestellt wird. Bei höheren Temperaturen kann zum Schutze des Auges gegen Blendung ein Grauglas *d* vor die Okularlinse eingedreht werden. Das Ardometer wird vornehmlich für Temperaturmessungen von 500 ... 2000 ° an geschlossenen Öfen verwendet, wo es für Dauermessungen vor einer Öffnung fest eingebaut wird. Dabei ist es gegen herausschlagende Flammen besonders geschützt. Vor zu hoher Erwärmung wird es mit wassergekühltem Schutzgehäuse, für Messungen an Öfen mit Unter- oder Überdruck mit Schutzgehäuse mit angesetztem Stutzen zum Anschluß für eine Preßluftleitung geliefert. Die Eichgenauigkeit beträgt ± 10 °.

Zur Messung und dauernden Überwachung höchster Temperaturen liefert die Firma Hartmann & Braun AG., Frankfurt a. M., das Gesamtstrahlungs-Pyrometer „Pyrradio" (Abb. 13). Durch eine Linse L_1 fällt

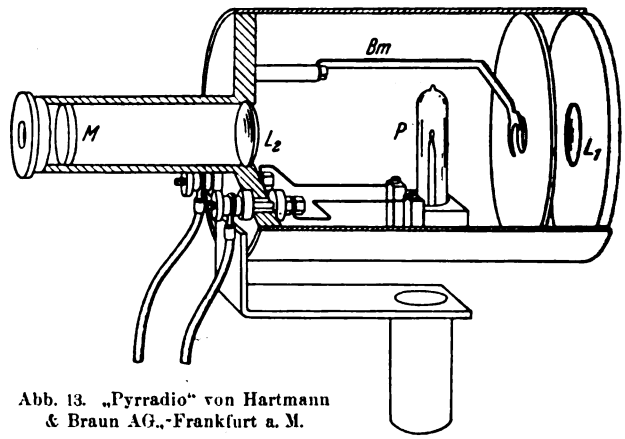


Abb. 13. „Pyrradio" von Hartmann & Braun AG.,-Frankfurt a. M.

die Strahlung des anvisierten glühenden Körpers auf ein im Gehäuse des Instruments eingebautes Plättchen *P*, an dem sich die Lötstelle eines Thermoelements befindet, das durch Leitungen mit einem Galvanometer verbunden ist. In dieser Weise wird die durch die Strahlung erfolgte Erwärmung des Plättchens gemessen. Zur richtigen Einstellung des Meßgeräts ist eine zweite Linse L_2 vorhanden, die von dem Plättchen und dem glühenden Körper ein Bild auf die Mattscheibe *M* wirft. Hierdurch ist unter weiterer Zuhilfenahme eines Prismas oder eines Spiegels vor der Mattscheibe eine Temperaturmessung auch an schwer zugänglichen Stellen möglich. Zur Vermeidung von Meßfehlern durch Schwankungen der Umgebungstemperatur ist zwischen der Linse L_1 und dem Plättchen *P* eine sichelförmige Blende angebracht, die durch einen Bimetallstreifen *Bm* bei Änderungen der Umgebungstemperatur selbsttätig verstellt wird und dadurch den durch diese Änderungen entstehenden Meßfehler kompensiert. Der Meßbereich des „Pyrradio" geht bis zu 1800 °. Es kann bei der Meßstelle dauernd angebaut oder tragbar für verschiedene Meßstellen verwendet werden.

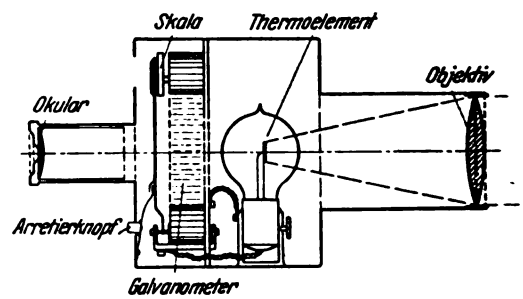


Abb. 14. „Pyro" des Pyrowerkes Hannover.

Das Pyrowerk Dr. Rudolf Hase, Hannover, hat zur Temperaturmessung bei fast allen Öfen der Industrie und Technik das Wärmestrahlungs-Pyrometer „Pyro" geschaffen (Abb. 14). In einem fernrohrartigen Gehäuse befindet sich eine Glaskugel, in die ein höchst empfindliches Thermoelement eingeschmolzen ist, auf das durch ein Objektiv die von dem zu messenden Körper ausgehenden Wärmestrahlen fallen. Das sich hierbei ergebende Bild wird durch das in einem Rohrstutzen verschiebbar sitzende Okular betrachtet. Entsprechend dem Hitzegrad in dem Thermoelement entsteht eine elektromotorische Kraft, welche ein Galvanometersystem in Bewegung setzt, dessen Zeiger über dem Okular auf einer in Temperaturgraden geeichten Skala spielend sichtbar ist. Der Zeiger ist für gewöhnlich fixiert und wird nur im Augenblick der Messung durch Druck auf einen roten Knopf freigegeben. Das Gerät wird für einen Meßbereich bis zu 2000 ° ausgeführt. Die kürzeste Meßentfernung beträgt 60 cm. Außer diesem transportablen Pyrometer werden vom Pyrowerk Strahlungsrohre zum festen Ein-

Digitized by Google

bau bei Öfen geliefert, die zur Anpassung an die Mannigfaltigkeit der Betriebsverhältnisse mit verschiedenen Lampentypen (Strahlungsempfänger) und Gehäuseformen auf Grund eingehender Versuche hergestellt werden.

Glühfaden-Pyrometer werden besonders bei hohen Temperaturen, zu deren Bestimmung ein Einbau der Meßgeräte in den Ofen oder in unmittelbarer Nähe des Ofens nicht möglich ist, benutzt. Bei diesem Meßgerät wird die Helligkeit des zu messenden Objekts mit der einer geeichten Glühlampe verglichen, die mit einem Regelwiderstand in ein fernrohrartiges Gehäuse zwischen Okular- und Objektivlinse eingebaut ist. Die Lampe wird aus einer Taschenlampenbatterie gespeist und mittels Regelwiderstandes auf die jeweilige Helligkeit des Meßobjektes eingestellt, so daß das Bild des Glühfadenbügels auf dem hellen Hintergrund verschwindet. Die Stärke des die Lampe durchfließenden Stromes wird durch einen Strommesser gemessen, der nach Temperaturgraden geeicht ist, so daß die Temperatur unmittelbar abgelesen werden kann. Nach diesem Prinzip ist das Siemens-Glühfaden-Pyrometer gebaut, das leicht tragbar ist. Mit dem Gerät lassen sich Temperaturmessungen an den verschiedensten Stellen rasch hintereinander ausführen. Die Temperatur flüssigen und glühenden Materials läßt sich auch von ungelerntem Personal und aus weiter Ferne vom Objekt ausführen. Das Pyrometer wird in den Meßbereichen von 600...1400 und 1200 ... 2000° oder von 600 ... 1400 und 1200 ... 3000° hergestellt. Um Temperaturen bis 4000° ablesen zu können, wird vor das Fernrohr ein Rauchglas gesetzt. Zur Messung der Temperatur kleiner Objekte aus größerer Entfernung sind das Glühfaden-Pyrometer mit Teleobjektiv zu 8facher und das Mikropyrometer zu 20facher linearer Vergrößerung geschaffen worden.

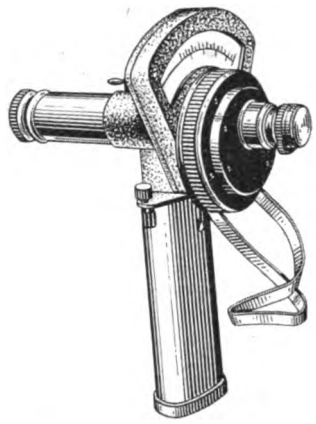


Abb. 15. „Pyropto", von Hartmann & Braun AG.

Hartmann & Braun AG., Frankfurt a. M., bauen ein ähnliches Gerät, das optische Pyrometer „Pyropto" (Abb. 15), zum Messen von Temperaturen zwischen 800 und 3500°. Fernrohr mit Glühlampe, Ablesegerät, Regelwiderstand und Stromquelle sind in einem Gerät vereinigt. Das Meßgerät wird wie ein Fernrohr auf die glühende Masse gerichtet und durch Drehen an der Rändelscheibe die Helligkeit der eingebauten Vergleichslampe abgestimmt. Die Temperatur kann unmittelbar in Celsiusgraden abgelesen werden.

Das neue Lichtstrahlungs-Pyrometer „Pyrophot" der Firma Schmeling & Co., Düsseldorf, ist ein Glühfaden-Pyrometer. Der die Lampe durchfließende, einer Taschenlampenbatterie entnommene Strom ist regelbar, so daß die Helligkeit des Fadens genau auf die des zu messenden Objekts gebracht werden kann. Die Messungsart weicht von der bisher üblichen ab, indem kein Meßgerät zur Messung der Stromstärke oder der Spannung oder des Widerstandes des Fadens vorhanden ist, sondern in den aus Batterie, Regelwiderstand und Glühlampe gebildeten Stromkreis noch eine zweite Lampe eingeschaltet ist, die unsichtbar im Gehäuse untergebracht ist. Diese Lampe macht alle Helligkeitsänderungen mit, denen die Meßlampe unterworfen wird. Sie stellt auch gleichzeitig einen bestimmten Widerstand (Widerstandslampe) für die Meßlampe dar, der nach erfolgter Einstellung der Meßlampe durch einen Regelwiderstand ersetzt werden kann. Dies erfolgt durch Druck auf eine Umschalttaste. Der Regelwiderstand wird dann mittels Drehknopfes so lange verstellt, bis die Meßlampe in vorheriger Helligkeit, bei der der Leuchtfaden unsichtbar war, aufleuchtet, und so der Regelwiderstand mit dem der Widerstandslampe ganz genau übereinstimmt. Die jeweilige Stellung des Gleitkontaktes gibt die Größe des Widerstandes der Widerstandslampe und somit auch die Stärke des durch die Meßlampe fließenden Stromes an, von dem die Helligkeit der Meßlampe abhängt. In dem Gerät ist daher mit dem Drehknopf des Gleitwiderstandes eine mit der Temperaturteilung versehene Skala fest verbunden, die nach Beendigung der Messung in einem Ausschnitt auf der Rückseite des Geräts abgelesen wird. Mit dem Instrument lassen sich Temperaturen bis zu 2000° bestimmen. Bei Temperaturen über 1600° wird ein Rauchglas in den vom Meßobjekt kommenden Strahlengang geschaltet, um die Meßlampe vor Überheizen zu schützen. Die Meßgenauigkeit ist bei 1000° etwa ±10°, in höheren Temperaturen noch besser.

Ein neues, auf Grund der Lichtstrahlung arbeitendes Temperaturmeßgerät ist das fernrohrartige „Optix" des Pyrowerks, Hannover. Bei ihm wird zur Feststellung der Temperatur des anvisierten Gegenstandes eine kleine, mitten im Gesichtsfeld freischwebende ellipsenförmige Leuchtmarke benutzt, die durch Drehung eines Rauchglasringes in der Bildhelligkeit zum Verschwinden gebracht wird. Aus Abb. 16 ist der schematische Aufbau des Instruments ersichtlich. Den optischen Teil bildet ein Prismenfernrohr, bestehend aus dem Objektiv, Prismensatz und Okular. Vor dem Prismensatz steht eine kleine Glühlampe, deren Helligkeit mittels Regelwiderstandes und Strommessers vor der Beobachtung auf einen gleichbleibenden Wert eingestellt wird. In die Versilberung der gegen die Glühlampe liegenden Prismenfläche ist ein kleines Fenster eingraviert, das dem Beobachter als freischwebende, kleine elliptische Scheibe in der Mitte des Gesichtsfeldes zusammen mit dem Bilde des anvisierten Körpers erscheint. Helligkeitsgleichheit zwischen Meßobjekt und Leuchtmarke wird dann durch Drehung eines im Strahlengang des ersteren liegenden Rauchglas-Keilringes erzielt. Entsprechend der Verdrehung des Rauchglasringes wird die Temperatur auf dessen großer, fast proportionaler Skala unmittelbar abgelesen. Im Gegensatz zu den Glühfaden-Pyrometern bleibt also die Helligkeit der Vergleichslichtquelle unverändert, während die des Bildes in meßbarer Weise so lange geschwächt wird, bis die Leuchtmarke verschwindet. Der Meßbereich des Geräts geht bis zu 1800°. Ein Vorzug desselben ist der, daß infolge des neuartigen Meßprinzips die punktweise Erfassung der Temperatur auch kleiner Körper bei größerem Abstand möglich ist. Das Instrument eignet sich vornehmlich zu Messungen am flüssigen oder glühenden Eisen.

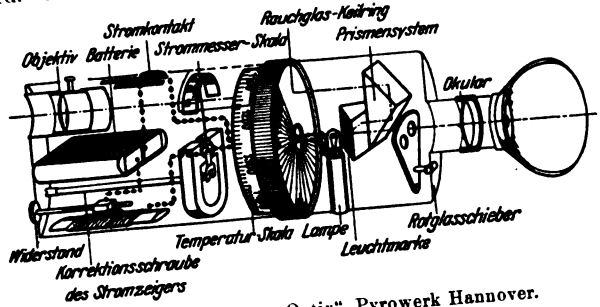


Abb. 16. Schema des „Optix", Pyrowerk Hannover.

Przygode.

Beleuchtung.

Beleuchtungswertung mit Hilfe der Raumhelligkeit[1]. — Bei der Bewertung von Beleuchtungsanlagen ist das Ziel die möglichst vollständige Kennzeichnung der gesamten Lichtstromverteilung im Innern des ganzen Raumes. A. Dresler gab in seinem Vortrag über „Theoretische und rechnerische Grundlagen" des obengenannten Themas eine systematische Entwicklung und Erweiterung der Theorie der Raumhelligkeitsbestimmung. Für die Untersuchung der räumlichen Beleuchtung liegen bisher zwei verschiedene Methoden vor. Bei der von Lingenfelser[2] angegebenen wird an einem oder mehreren Punkten des Raumes durch Messung der Beleuchtungsstärken auf allen durch den betreffenden Punkt denkbaren Ebenen der „Beleuchtungsverteilungskörper" für diesen Punkt aufgenommen. Dieser gestattet, die Trennung der Beleuchtung in den punktförmigen und großflächigen Anteil vorzunehmen und hieraus einen Schluß auf die Diffusität der Beleuchtung zu ziehen. Bei der Methode von Arndt wird mit Hilfe einer auf ein Photometer aufgesetzten Milchglaskugel die mittlere Lichtstromdichte auf einer in dem betreffenden Punkt befindlichen Kugeloberfläche bestimmt; es wird also gewissermaßen mit einer Messung der Mittelwert aus dem Lingenfelserschen Beleuchtungsverteilungskörper erhalten. Aus den in dieser Weise an einer größeren Zahl von Punkten des Raumes ermittelten Raumhelligkeitswerten läßt sich ein Überblick über die Lichtstromdurchflutung des Raumes gewinnen. Das arithmetische Mittel dieser Raumhelligkeits-

[1] Bericht über die Mitgliederversammlung der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft vom 13. II. 1930.
[2] Vgl. ETZ 1929, S. 1646.

Digitized by Google

werte, die „mittlere Raumhelligkeit", gibt eine von Arndt vorgeschlagene Bewertungsgröße für die gesamte Raumbeleuchtung. Die Ausgangsgleichung für die Berechnung der Raumhelligkeit lautet: $E = B\omega \cdot 10^4$, wobei B die Leuchtdichte der Lichtquelle in Stilb ist und ω der Raumwinkel, unter dem sie von dem betreffenden Punkt aus erscheint. Diese in „Raumlux" gemessene Raumhelligkeit läßt sich in einen primären, von der eigentlichen Lichtquelle herrührenden, und einen sekundären, von der großflächigen Leuchtung der Raumbegrenzungen stammenden Anteil zerlegen.

Bei dem von Dresler entwickelten Berechnungsverfahren wird für die Berechnung des primären Anteils von drei charakteristischen Lichtverteilungskurven der Leuchten ausgegangen, auf die sich alle praktisch vorkommenden Fälle zurückführen lassen. Es ist dies die Lichtverteilung einer leuchtenden Kugel, einer leuchtenden Fläche und einer leuchtenden Halbkugel. Der Raum wird durch Schnitte durch den Punkt der Lichtquelle in Teilräume zerlegt und für jeden von diesen die Berechnung getrennt durchgeführt. Hierbei liegt also die Lichtquelle immer in einem Eckpunkt des betreffenden Teilraumes, der der einfacheren Berechnung wegen zunächst durch eine inhaltsgleiche Kugel ersetzt wird. Für die Abweichung der tatsächlichen Raumform von der Kugelgestalt werden besondere Korrektionen angebracht. Für die Berechnung der mittleren sekundären Raumhelligkeit wird von der gleichen Formel wie oben ausgegangen. Unter Benutzung der aus der Theorie der Ulbrichtschen Kugel her bekannten Beziehung $\Phi_{sek} = \Phi \frac{\varrho_m}{1-\varrho_m}$ ergibt sich dann $E_{m\,sek} = \frac{4}{O_{sek}} \Phi \frac{\varrho_m}{1-\varrho_m}$, wobei Φ den primären Lichtstrom, O_{sek} die Oberfläche des Raumes und ϱ_m das mittlere Reflexionvermögen desselben bezeichnen. Die gesamte mittlere Raumhelligkeit ergibt sich durch Addition der auf diese Weise errechneten primären und sekundären Anteile.

Für die praktische Bewertung der Raumbeleuchtung werden folgende Vorschläge gemacht:

1. Der primäre Lichtrichtungsinn muß mit dem bei Tageslicht herrschenden übereinstimmen.
2. Für die Stärke der Raumbeleuchtung ist die mittlere Raumhelligkeit maßgebend.
3. Die Diffusität der künstlichen Beleuchtung muß sich in den Grenzen bewegen, die wir vom Tageslicht im Freien her gewöhnt sind. Nach den von Dorno gemachten Beobachtungen wurde ermittelt, daß das Verhältnis von primärer zu sekundärer mittlerer Raumhelligkeit den Wert 0,4 ... 1,8 haben darf, um dieser Forderung zu genügen.
4. Für die Größe der zulässigen Blendungsleuchtdichte B ist die Blanchardsche Gleichung $B \leq 8\sqrt[3]{H}$ heranzuziehen, in der H die Adaptationsleuchtdichte bezeichnet.

W. Arndt brachte in dem anschließenden Vortrag über „Praktische Beispiele" eine Anzahl von durchgerechneten Fällen, die die Anwendung des Dreslerschen Berechnungsverfahrens und die Wertung der Raumbeleuchtung nach den obenerwähnten vier Gesichtspunkten veranschaulichten. Für einen Innenraum von 6 m Länge, 4 m Breite und 4 m Höhe wurde die mittlere primäre und sekundäre Raumhelligkeit für verschiedene Werte des Reflexionsvermögens von Wänden und Decke berechnet. Der Raum wurde einmal durch eine Opalkugelleuchte, ein andermal durch einen Tiefstrahler (beide in der Mitte des Raumes hängend) und endlich durch ein künstliches Fenster, d. h. einen über dem Fenster angebrachten Beleuchtungskörper aus großen, rechteckigen Opalscheiben beleuchtet. Die Verteilung der gemessenen Raumhelligkeitswerte über den ganzen Raum ergab bei dem künstlichen Fenster den günstigsten Verlauf der Lichtstromdurchflutung; bei dieser Anordnung bewegte sich auch das Verhältnis $E_{m\,prim}/E_{m\,sek}$ in den zulässigen Grenzen. Für die Berechnung der mittleren Raumhelligkeit aus den einzelnen Raumhelligkeitswerten sind etwa 20 ... 25 gleichmäßig im Raum verteilte Meßpunkte für jeden in der oben beschriebenen Weise erhaltenen Teilraum erforderlich, um eine praktisch ausreichende Genauigkeit zu erreichen. Ein weiteres Beispiel zeigte die Anwendung der Berechnungsmethode auf den Fall der Straßenbeleuchtung, bei der sich die Zerlegung der mittleren Raumhelligkeit in primären und sekundären Anteil in ganz entsprechender Weise durchführen läßt wie in geschlossenen Räumen. Durch dieses Verfahren kann z. B. die Verbesserung der Diffusität bei Verwendung von Großflächenleuchten für die Straßenbeleuchtung nachgewiesen werden. (A. Dresler, W. Arndt, Vorträge d. Deutschen Beleuchtungstechn. Gesellsch. am 13. II. 1930.) *Frh.*

Fernmeldetechnik.

Ein neues elektrisches Signalmittel für den Rangierbetrieb am Ablaufberg. — Der Rangiermeister am Ablaufberg muß dem Führer der Lokomotive, die die Güterwagen nach dem Ablaufberg zu drückt, bestimmte Signale übermitteln. Bisher wurden hierfür im wesentlichen optische Form- oder Lichtsignale verwendet. Die optischen Signale haben den Nachteil, daß sie bei Nebel und unsichtigem Wetter versagen. Es sind schon die verschiedensten elektrischen Einrichtungen vorgeschlagen und auch teilweise versucht worden, um die Befehlsübermittlung vom Ablaufberg zur Drucklokomotive bei jedem Wetter sicherzustellen.

Abb. 17. Tonsignalsender für Rangierbetrieb.

Im letzten halben Jahr ist auf Vorschlag der Jul. Pintsch AG. eine neue Einrichtung erprobt worden, die infolge ihrer Einfachheit weitere Anwendung verspricht. Diese neue Anlage besteht aus einem lauten Tonsignalsender (Abb. 17), der an dem zum Ablaufberg führenden Gleis angeordnet wird. Der Tonsender ist so gebaut, daß die Tonsignale gerichtet nach beiden Gleisrichtungen ausgesendet werden. Als Tonsignalsender wird ein lautstarker Membransender verwendet, der auf eine Tonhöhe von 500 Schwingungen abgestimmt ist und durch elektrischen Wechselstrom von etwa 250 Hz erregt wird. Der zum Betriebe des Tonsenders benötigte Wechselstrom wird einem an einem vorhandenen Drehstromnetz angeschlossenen rotierenden Periodenumformer[1] entnommen und über eine Handmorsetaste dem Tonsignalsender zugeführt. Die Morsetaste wird im Bedienungsraum des Rangierleiters am Ablaufberg installiert.

Die Tonhöhe des Signals wurde zu 500 Schwingungen in 1 s gewählt, da sich gezeigt hat, daß diese Tonhöhe gut aus anderen Geräuschen herausgehört wird. Die von dem Tonsender abgegebene Lautstärke entspricht einer Leistung von einigen hundert Watt, so daß das Signal selbst dann von dem Lokomotivführer klar herausgehört werden kann, wenn das zischende Geräusch eines abblasenden Überdruckventils oder der störende Lärm eines auf dem Nebengleise vorüberratternden Zuges vorhanden ist.

Der Tonsignalsender ist gegen Witterungseinflüsse, wie Schnee, Eis und Regen, unempfindlich, da keine rotierenden Teile vorhanden sind, sondern nur eine etwa 10 mm starke Stahlmembran zur Tonerzeugung dient.

Nicht nur für die Befehlsübermittlung am Ablaufberg, sondern auch als Bereitschaftsalarm (Hilfszugalarm) von Bahnhöfen läßt sich dieser lautstarke Sender in Zusammenschaltung mit optischen Gleisanzeigen in den dazugehörigen Stellwerken verwenden. *Wks.*

[1] DRP. der Julius Pintsch AG.

Digitized by Google

Jahresversammlungen, Kongresse, Ausstellungen.

7. Große Deutsche Funkausstellung, Berlin 1930. — Die Ausstellung wird in diesem Jahr vom 22. bis 31. VIII. veranstaltet, u. zw. zum erstenmal in Verbindung mit einer Phonoschau, beide in den sechs Funkturmhallen am Kaiserdamm. Die deutsche Reichspost hat in einer Sonderabteilung praktische Fernsehvorführungen über einen Kinosender aus dem Laboratorium des Reichspostzentralamts vorgesehen, ferner werden Modelle der neuen Großrundfunksender Mühlacker und Heilsberg sowie Darstellungen und technische Geräte des Gleichwellenrundfunks gezeigt werden.

Internationale Mustermesse Luxemburg 1930. — Für die vom 9. bis 18. VIII. stattfindende Messe ist auch eine Gruppe „Elektrotechnik und Präzisionsinstrumente" vorgesehen. Die Bestimmungen sind beim Deutschen Ausstellungs- und Messe-Amt (Berlin W 10, Königin-Augusta-Str. 28) erhältlich.

Internationale Mustermesse der Levante, Bari 1930. — Die vom 6. bis 21. IX. in Bari geplante Mustermesse berücksichtigt u. a. in der Abteilung „Landwirtschaft" auch die Anwendung der Elektrizität auf diesem Gebiet und umfaßt ferner eine Abteilung „Elektrotechnik und Präzisionsinstrumente" (darunter Radio, Beleuchtungskörper, elektrische Anlagen usw.). Interessenten können die Ausstellungsbestimmungen von dem oben genannten Amt beziehen.

Energiewirtschaft.

Aus der deutschen Elektrizitätswirtschaft[1]. — Bei einer Erhöhung des Anschlußwerts von 105 608 auf 108 928 kW und der Erzeugung einschl. des Fremdbezugs von 100,443 auf 117,923 Mill kWh ist die Lieferung der Main-Kraftwerke AG., Frankfurt a. M.-Höchst, 1929 von 87,777 auf 105,265 Mill kWh, also um rd. 20 % gewachsen. Der infolge der Preisermäßigung des Haushalttarifs 1928 eingetretene Einnahmeausfall ließ sich annähernd wieder einholen. Das Ergebnis ist aber trotz dieser Entwicklung durch die allgemeine Steigerung der Unkosten, größere Preisopfer bei Verlängerung älterer Lieferungsverträge und durch die schlechten Wasserverhältnisse der Lahn ungünstig beeinflußt worden, die die Produktion des Kraftwerks Friedrichssegen und der gepachteten Wasserkraftanlage Cramberg um etwa 4 Mill kWh verringerten. Der Vorstand erinnert in diesem Zusammenhang an die Notwendigkeit, die Erzeugungsmittel möglichst auszunutzen, weil ungefähr 92 % der gesamten Gewinnung zu mäßigen, z. T. sekr niedrigen Preisen an die Industrie abgegeben werden und nur 8 % auf Beleuchtung und kleingewerbliche Anlagen entfallen. Infolge dieser Umstände hat die Gesellschaft bei einem Überschuß aus Betrieb, Installationen, Zinsen usw. von 5 297 013 RM (5 601 948 i. V.) und einem Reingewinn von 1 406 502 RM (1 905 657 i. V.) die Dividende auf 6 % von 22,4 Mill RM Aktienkapital herabgesetzt (8 % i. V.).

Der Anschlußwert des Elektrizitätswerks der Paderborner Elektrizitätswerk und Straßenbahn AG. (Pesag), Paderborn, ist 1929 ohne Straßenbahn von 16 987 auf 18 338 kW gestiegen. Erzeugt und bezogen wurden 26,222 Mill kWh (23,089 i. V.) und an das Kabelnetz abgegeben 25,157 Mill kWh (22,0 i. V.). Die höchste Augenblicksbelastung betrug 7100 kW (6200 i. V.) und deren jährliche Benutzungsdauer 3693 h (3724 i. V.). Im August des Berichtsjahres hat die Gesellschaft einen Haushalttarif eingeführt, der dem Kleinabnehmer den Koch- und Heizstrom bei einer monatlichen Grundgebühr von 1 RM für 10 Pf/kWh zur Verfügung stellt. Der Verkauf ist gegen 1928 um 17,8 %, die Gesamteinnahme um 7 % und die Summe der Ausgaben um 6 % gewachsen.

Das Elektrizitätswerk der Städtischen Betriebswerke Ratibor hatte Ende 1929 einen Anschlußwert von 7007 kW, bezog im Berichtsjahr 5,148 Mill kWh, d. s. rd. 5,2 % mehr als 1928, und lieferte 4,687 Mill kWh oder rd. 8 % über die Abgabe des Vorjahres.

Trotz der ungünstigen Wirtschaftslage ist der Anschlußwert des Großkraftwerks Franken AG., Nürnberg, 1929 auf 313 590 kW (292 773 i. V.) und der Stromabsatz von 169 auf 186,3 Mill kWh (um 10 %) gestiegen. Die Leistung der Wasserkraftwerke lag wegen des Frostes und der sehr geringen Wasserführung der Flüsse das ganze Jahr hindurch weit unter dem Durchschnitt, so daß die Dampfkraftanlage Gebersdorf stärker herangezogen werden mußte. Da die Höchstbeanspruchung im gleichen Verhältnis wie der Stromverbrauch zugenommen hat, war auch ihre jährliche Ausnutzungsdauer annähernd die gleiche wie 1928. Betriebsüberschuß: 2 885 936 RM (2 605 888 i. V.), Bilanzüberschuß: 691 419 RM (685 751 i. V.), Dividende: wieder 9 % auf 7 Mill RM Stammaktienkapital.

Die Altenburger Land-Kraftwerke AG., Altenburg, konnten 1929 den Stromabsatz um 7,5 % erhöhen. Sie erzielten aus Stromverkauf, Gebühren, Installationen usw. 1 355 615 RM (1 330 593 i. V.) und einen Reingewinn von 145 991 RM (147 006 i. V.), aus dem wieder 9 % Dividende auf 1,5 Mill RM Aktienkapital zur Verteilung gelangten.

Die Stromlieferung des Elektrizitätswerks Riesa AG., Riesa, betrug 1929 bei einem Anschlußwert von 4062 kW (3687 i. V.) 1,646 Mill kWh (1,562 i. V.). Einnahmen aus dem Betrieb und Installationsgewinn: 481 716 RM (462 313 i. V.), Reingewinn: 75 755 RM (76 987 i. V.), Dividende: wieder 7 % auf 1 Mill RM Aktienkapital.

Ende 1929 verfügte das Elektricitätswerk Crottorf AG., Crottorf, über 14 820 kW Anschlußwert (14 060 i. V.), der nutzbare Stromabsatz erreichte 3,836 Mill kWh (3,686 i. V.), wovon 1,301 auf Licht und 2,535 Mill kWh auf Kraft entfielen; für ersteres ergibt sich somit eine Zunahme um 3,2 %, für letztere um 4,5 % gegenüber 1928. Bei den ungünstigen Wasserverhältnissen konnten nur 203 381 kWh mit Wasser gewonnen werden, d. s. 41 % der auf diese Weise im Vorjahr erzeugten 496 235 kWh. Einnahmen aus Stromlieferung: 1 009 211 RM (990 276 i. V.) und aus Verschiedenem 138 342 RM (134 956 i. V.), Reingewinn: 369 708 RM (369 498 i. V.), Dividende: wieder 7 % auf 4,8 Mill RM Aktienkapital.

Die Stromversorgung Altenburg AG. konnte 1929 ihren Anschlußwert von 6783 auf 7188 kW, d.h. um nahezu 6 %, den Stromabsatz um 4,3 % erhöhen. Sie hat Wahltarife für Lichtzwecke eingeführt, u. zw. den Doppeltarif für Gastwirtschaften, den Dreifachtarif für Geschäfte und den Grundgebührentarif für Haushaltungen. Einnahmen aus Betrieb, Installationen usw.: 930 189 RM (879 264 i. V.), Reingewinn: 89 127 RM (87 428 i. V.), Dividende: wieder 8 % auf 1 Mill RM Aktienkapital.

Die Unternehmungen, an denen die Elektra AG., Dresden, beteiligt ist, haben sich 1929 trotz der gedrückten Wirtschaftslage befriedigend weiter entwickelt, so daß die Gesellschaft bei einem Geschäftserträgnis von 2 013 404 RM (1 670 994 i. V.) und 427 983 RM Zinsen (708 681 i. V.) 1 921 983 RM Reingewinn zu erzielen vermochte (1 915 239 i. V.), aus dem sie auf 15 Mill RM Aktienkapital wieder 12 % Dividende ausgeschüttet hat.

Die Energie- und Verkehrs-AG. Westsachsen, Zwickau i. Sa., an der die ASW und die Stadt Zwickau zu gleichen Teilen beteiligt sind, hat von 1929 an die von letzterer bisher betriebenen Unternehmen (Elektrizitätswerk, Straßenbahn und Gaswerk) übernommen und von der Stadt für die Dauer ihres Bestehens die ausschließliche Konzession zur Versorgung des Stadtgebiets mit elektrischer Arbeit usw. erhalten. 1929 ist die nutzbare Stromabgabe trotz der schwierigen Verhältnisse in der heimischen Industrie von 16,090 auf 16,461 Mill kWh, also um 2,3 % gewachsen. Die elektrische Arbeit bezieht die Gesellschaft fast ausschließlich aus dem Kraftwerk des Erzgebirgischen Steinkohlen-Aktienvereins Zwickau, der ihr 18,060 Mill kWh geliefert hat (17,430 i. V.). Die Jahreshöchstbelastung betrug 5291 kW. Das Zwickauer Kraftwerk arbeitet nur noch im Notfall oder zur Deckung von Belastungspitzen. Der Betriebsüberschuß des Elektrizitätswerks betrug 1 483 787 RM.

Die Entwicklung des Fränkischen Überlandwerks AG., Nürnberg, war 1929 befriedigend. Bei 42,327 Mill kWh nutzbarer Lieferung (36,509 i. V.) betrug die Absatzsteigerung 16 %. Der Gesamtanschlußwert ist von 140 628 auf 149 377 kW gestiegen. Als Ergänzung früherer Tarifmaßnahmen hat die Gesellschaft für Landwirtschaft und Kleingewerbe auch die Arbeitsgebühr für Kraftstrom ermäßigt. Betriebsüberschuß: 2 499 851 RM (1 639 152 i. V.), Reingewinn: 550 687 RM (545 170 i. V.), Dividende: wieder 7 % auf 7,2 Mill RM Stammaktienkapital.

Das Licht- und Kraftunternehmen der Koblenzer Straßenbahn-Gesellschaft konnte 1929 seine Lichtstromlieferung von 6,478 auf 6,707 Mill kWh erhöhen, während die Abgabe des Kraft- und Heizstroms von 16,198 auf 14,587 Mill kWh gesunken ist. Stromabgabe und Meßgebühren erbrachten 4 589 304 RM (4 588 638 i. V.) und verschiedene Einnahmen 83 452 RM (150 021 i. V.). Der Gewinn betrug 1 509 297 RM (1 495 060 i. V.).

Der Stromabsatz der Thüringischen Landeselektrizitätsversorgungs-AG. „Thüringenwerk", Weimar, ist 1929 von 97 auf 112,656 Mill kWh, d. h. um 16,2 %, und die gleichzeitige halbstündige Spitzen-

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 948.

Digitized by Google

leistung von 27 000 auf 28 000 kW, also um 3,7 % gestiegen. An der Stromabnahme waren besonders die Thüringer Elektricitäts-Lieferungs-Gesellschaft AG. (46,238 Mill kWh), das Kraftwerk Thüringen AG. (15,487), die Altenburger Land-Kraftwerke AG. (11,886) und das Jenaer Elektrizitätswerk AG. (10,135) beteiligt. Zwecks Belieferung eines Teils des an Thüringen angrenzenden Stromversorgungsgebiets der Überlandwerk Oberfranken AG., Bamberg, wurde mit dieser ein neuer Lieferungsvertrag geschlossen. Die Stromzuführung erfolgt durch eine 15 kV-Leitung zwischen den Umspannwerken Sonneberg der Berichterstatterin und Mönchröden; ein Parallelbetrieb mit dem Bayernwerk findet über diese Leitung aber nicht statt. Erträgnisse aus Stromlieferung, Zinsen und Sonstigem: 994 431 RM, Überschuß: 352 672 RM (270 677 i. V.), Dividende: 4 % auf 8 Mill RM Aktienkapital (3 % i. V.).

Erzeugung und Verbrauch elektrischer Arbeit in Deutschland[1]. — Verglichen mit dem Parallelmonat des Vorjahres ist die Erzeugung der 122 Elektrizitätswerke im April 1930 um 13 Mill kWh kleiner gewesen, arbeitstäglich aber um 1,625 Mill kWh (3 %) darüber hinausgegangen; sie war je Arbeitstag um 10 % niedriger als im Januar. Der Anschlußwert der von 103 Werken unmittelbar belieferten gewerblichen Abnehmer zeigte im März gegen den gleichen Monat von 1929 eine Zunahme um 0,260 Mill kW (6 %) und der Verbrauch eine solche um 13,2 Mill kWh (2,6 %). Arbeitstäglich lag letzterer aber um 0,277 Mill kWh unter dem des vorjährigen; je 1 kW Anschlußwert blieb er hinter diesem um 8 % zurück.

Monat	Arbeitstage		Von 122 Elektrizitätswerken selbst erzeugte Mill kWh				Anschlußwert und Verbrauch der von 103 Elektrizitätswerken direkt belieferten gewerblichen Abnehmer							
			insgesamt		arbeitstäglich		Anschlußwert Mill kW		Gesamtverbrauch Mill kWh		arbeitstäglicher Verbrauch insgesamt Mill kWh		arbeitstäglicher Verbrauch kWh/kW Anschlußwert	
	1930	1929	1930	1929	1930	1929	1930	1929	1930	1929	1930	1929	1930	1929
I.	26	26	1555,7	1443,6	59,8	55,5	4,6	4,3	545,0	540,0	21,0	20,8	4,6	4,8
II.	24	24	1392,4	1282,0	58,0	53,4	4,6	4,3	512,3	499,3	21,3	20,8	4,7	4,8
III.	26	25	1425,8	1306,9	54,8	52,3	4,6	4,3	523,4	510,2	20,1	20,4	4,4	4,7
IV.	24	25	1286,1	1299,1	53,6	52,0	.	4,3	.	511,6	.	20,5	.	4,7

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1030; 1930, S. 949.

RECHTSPFLEGE.

Über die Grenzen der Befugnis kommunaler Elektrizitätswerke zur autonomen Gestaltung ihrer Lieferungsbedingungen. — Der Bayerische Verwaltungsgerichtshof hat in einer Entscheidung vom 28. XII. 1929 — Nr. 18 II 29 — die Frage untersucht, ob kommunale Elektrizitätswerke kraft ihres öffentlich-rechtlichen Charakters befugt sind, in ihre Satzungen und Stromlieferungsbedingungen Vorschriften aufzunehmen, die — z. B. im Falle des Konkurses des Stromabnehmers — den Ausfall rückständiger Stromrechnungsbeträge weitgehend verhindern sollen. In einer solchen Satzung hieß es: „In Konkursfällen wird die Fortlieferung elektrischen Stromes von der vorherigen Bezahlung der sämtlichen rückständigen Strom- und sonstigen Gebühren abhängig gemacht. Im Weigerungsfalle wird die Stromleitung abgesperrt." Auf Grund dieser Vorschrift hielt das Werk sich für berechtigt, einem Konkursverwalter, der sich zur vollen Bezahlung der Rückstände nicht bereit erklärte, die Lieferung von Strom zu sperren. Der Verwalter hielt die rechtliche Zulässigkeit dieser Maßnahme für nicht gegeben und versuchte im Verwaltungsstreitverfahren die Aufhebung der Sperre durchzusetzen. Der Regierungssenat wies ihn ab, seine Beschwerde beim Verwaltungsgerichtshof hatte jedoch Erfolg. Die Entscheidung wurde wie folgt begründet (im Auszug):

Die Gemeinden sind berechtigt, durch Satzung die Benutzung ihrer Anstalten und Einrichtungen zu ordnen und Gebühren für die Benutzung festzusetzen. Zu solchen Anstalten gehören auch die gemeindlichen Elektrizitätswerke, deren Errichtung dem autonomen Ermessen der Gemeinden vorbehalten ist. Daraus ergibt sich auch ihre Befugnis, über die Inanspruchnahme der Leistungen solcher Werke, d. h. über den Strombezug, allgemein verbindliche Bestimmungen zu erlassen. Derartige Anordnungen schaffen zwar für beide Teile, sowohl für die Gemeinde als auch für ihre Angehörigen, bindende Rechtsnormen, aus denen gegenseitige öffentlich-rechtliche Ansprüche und Verbindlichkeiten abgeleitet werden können, aber diese haben nicht den Charakter eines zweiseitigen privatrechtlichen Vertrages. Gleichwohl haben die Gemeinden als Rechtsträger der Werke, besonders wenn sie praktisch die Alleinlieferung von Strom innehaben, auf die Allgemeinheit und auf die Bedürfnisse ihrer Angehörigen ebenso Rücksicht zu nehmen und dürfen ebenso wenig bei Ausübung ihres Bestimmungsrechtes die Regeln über Treu und Glauben außer acht lassen wie die Unternehmer von Betrieben, die auf rein privatwirtschaftlicher Grundlage beruhen. Die Rechtsgedanken des BGB. über die Auslegung von Verträgen finden sinngemäß auch auf öffentlich-rechtliche Verhältnisse der hier umschriebenen Art Anwendung. Daraus folgt weiter, daß auch die dem Konkursverwalter in der KO. gegebenen Rechte und Pflichten nicht durch Anordnungen und öffentlich-rechtliche Satzungen beengt oder aufgehoben werden können.

Das Reichsgericht zur Frage der Stromabsperrberechtigung. — Zur Frage, inwieweit ein Elektrizitätswerk verpflichtet ist, einem in Konkurs verfallenen Abnehmer weiter Strom zu liefern, und wie es um die Stromabsperrbefugnis steht, wenn der Konkursverwalter keine Erklärung nach § 17 KO. abgibt, ist neuerdings eine Reichsgerichtsentscheidung (Urteil v. 8. X. 1929 — VII 116/29) ergangen, der kurz folgender Sachverhalt zugrunde liegt.

Zwischen Elektrizitätswerk und Abnehmer (Fabrikationsbetrieb) wurde ein Stromlieferungsvertrag auf die Dauer von 5 Jahren geschlossen. Der Abnehmer ging längere Zeit darauf in Konkurs. Auf Wunsch des Verwalters lieferte das Werk zunächst weiter Strom, sperrte dann aber die Zuleitung, weil der Verwalter eine Erklärung nach § 17 KO. nicht abgab, vielmehr erneut um Weiterlieferung zwecks Aufarbeitung der Vorräte ersuchte. Nunmehr verlangte der Verwalter Ersatz des der Konkursmasse durch das Nichtaufarbeiten der Vorräte entstandenen Schadens und erzielte in erster Instanz ein diesem Begehren dem Grunde nach stattgebendes Urteil. Das OLG. wies jedoch die Klage ab, eine Entscheidung, der das RG. mit folgender, inhaltlich wiedergegebener Begründung beitrat:

Die Sperrung des Stromes stellt keinen Mißbrauch der wirtschaftlichen Stellung des Elektrizitätswerks gegenüber dem Abnehmer dar und ist auch nicht als ein Verstoß gegen die guten Sitten (§ 826 BGB.) zu bezeichnen. Das Werk hat vielmehr in Übereinkunft mit dem Verwalter zunächst weiter geliefert und den Verwalter verpflichtet, bis zu einem bestimmten Tage sich zu erklären, ob die Stromlieferung weitergehen solle oder nicht. In diesem Abkommen ist eine Aufforderung des Werkes an den Verwalter zu sehen, ob er Erfüllung des Vertrages verlangen wolle. (§ 17 KO.) Dieser Aufforderung ist jedoch der Verwalter unstreitig nicht nachgekommen, da er lediglich zwecks Aufarbeitung noch restlicher Vorräte erneut um Weiterlieferung auf kurze Zeit ersuchte. Nach § 17 Abs. II KO. konnte er damit nicht mehr auf Erfüllung des ursprünglichen Stromlieferungsvertrages bestehen. Das Werk war berechtigt, den Strom zu sperren, und verstieß durch Ausübung dieses Rechts nicht gegen die guten Sitten, auch wenn ihm bekannt war, daß durch die Absperrung des Stromes Schaden für die Konkursmasse entstehen würde.

Die Frage, ob das Werk sich etwa dadurch schadensersatzpflichtig gemacht hat, daß es in Ablehnung des Verlangens des Verwalters, noch für eine kurze Zeit weiter Strom zu liefern, den Abschluß eines neuen, kurzfristigen Lieferungsvertrages widerrechtlich verweigerte, verneinte das RG. ebenfalls. Das Werk hatte in eindeutiger Weise dem Verwalter mitgeteilt, die Stromlieferung werde mangels Erklärung zu einem näher bezeichneten Zeitpunkt eingestellt. Hierauf erwiderte der Verwalter nur, er habe bisher eine Erklärung nicht abgeben können, da er hierzu vom Gläubigerausschuß noch nicht ermächtigt worden sei. Das Werk also nahm an, daß der Verwalter nicht auf Vertragserfüllung bestehen könne, dieser aber glaubte offenbar, daß er noch auf Grund des alten Vertrages Stromlieferung zu verlangen befugt sei. War der Standpunkt des Verwalters richtig, so war das Werk nicht gehalten, einen neuen Vertrag mit ihm zu schließen, denn jener konnte den Strombedarf auf Grund des alten Vertrages decken. War aber die Auffassung des Werkes zutreffend, so durfte es erwarten, daß der Verwalter von sich aus das Verlangen nach Abschluß eines neuen Vertrages stellen würde. Bei dieser Sachlage kann nach Auffassung des RG. in der Ablehnung des Werkes, noch weiterhin Strom zu liefern, nicht die Verweigerung des Abschlusses eines neuen Lieferungsvertrages gesehen werden.

Dr. jur. C. v. dem Busch

Digitized by Google

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Preisausschreiben!

Das Kuratorium der Zusatzstiftung zu Zeitlers Studienhaus-Stiftung, Berlin, dem auch ein Vertreter des Elektrotechnischen Vereins angehört, hat folgende Preisaufgaben ausgewählt (vgl. ETZ 1930, S. 480):

1. „Die neuzeitliche Schweißtechnik verdrängt infolge ihrer wirtschaftlichen Überlegenheit andere Verbindungsarten (Nieten, Falzen, Schrauben usw.) immer mehr. . . . . Es ist ein Prüfgerät zu entwickeln, das in der Hand des üblichen Abnahmeingenieurs schnell und zuverlässig Fehlstellen in der Schweißnaht anzeigt."

Preis für die beste Lösung **5000,— RM.**

2. „Entwicklung eines ruhenden Frequenzumformers für 50/16⅔ Hz mit möglichst geringen Störwirkungen auf den Fernsprechbetrieb."

Preis für die beste Lösung **3000,— RM.**

3. „Die Auswirkung der Fürsorgeerziehung als Vorbeugung oder Heilung der Asozialität."

Preis für die beste Lösung **1200,— RM.**

4. „Der Alkoholismus in der Nachkriegszeit in Deutschland und im Ausland, an klinischem und statistischem Material geprüft."

Preis für die beste Lösung **1000,— RM.**

Als letzte Frist zur Lösung dieser Preisaufgaben war ursprünglich der 1. April 1931 vorgesehen. Auf unseren Antrag hat sich das Kuratorium der Zusatzstiftung zu Zeitlers Studienhaus-Stiftung mit der Verlängerung der Frist

bis zum 1. Oktober 1931

einverstanden erklärt.

Elektrotechnischer Verein e. V.
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 1 Kurfürst Nr. 5862—64.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Bekanntmachung.

Kommission für Hochfrequenztechnik.

Die Unterkommission 1 „Antennenbau" hat auf Grund verschiedener Anregungen den nachstehend veröffentlichten Entwurf 1 zu Änderungen an den ab 1. Oktober 1925 in Kraft befindlichen

„Vorschriften für Außenantennen"

ausgearbeitet.

Einsprüche gegen diesen Entwurf sind bis zum 15. September 1930 in doppelter Ausfertigung an die Geschäftstelle des VDE zu richten.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

Kommission für Hochfrequenztechnik.

Entwurf 1.

Änderungen der „Vorschriften für Außenantennen".

Inhaltsübersicht.

IV. Bauvorschriften.

§ 9. Kreuzungen von Starkstromleitungen mit Betriebspannungen von 1 kV und darüber.
§ 10. Kreuzungen von Starkstromleitungen mit Betriebspannungen unter 1 kV.

I. Gültigkeit.

§ 1.

Geltungsbereich.

Die Vorschrift b) erhält folgenden geänderten Wortlaut:

„b) Auf Balkonantennen, die über den Balkon nicht hinausragen und sich über nicht mehr als ein Stockwerk erstrecken, sowie auf Außenantennen, die nicht mehr als 5 m über dem Erdboden liegen und nicht länger als 25 m sind, finden nur §§ 9 bis 14 Anwendung."

IV. Bauvorschriften.

§ 4.

Normale Baustoffe und Querschnitte.

Die Vorschrift b) erhält folgenden geänderten Wortlaut:

b) Als Antennenleiter kommen vorzugsweise die aus DIN VDE 8300, Bl. 1 und 2 entnommenen Werte der nachstehenden Tafeln I und II in Frage:

Tafel I. Eindrähtige Leitungen.

Bezeichnung	Durchmesser mm: Nennwert	Durchmesser mm: Zulässige Abweichungen	Querschnitt mm² Rechnungswert
Hartkupferdraht	2,0	± 0,05	3,14
„	2,5	± 0,05	4,91
„	3,0	± 0,05	7,07
Bronzedraht II	2,0	± 0,05	3,14
„	2,5	± 0,05	4,91
„	3,0	± 0,05	7,07
Bronzedraht III	2,0	± 0,05	3,14
„	2,5	± 0,05	4,91
„	3,0	± 0,05	7,07
Aluminium	3,0	± 0,05	7,07
„	4,0	± 0,05	12,57

Tafel II. Mehrdrähtige Leitungen (aus Einzeldrähten gefertigt).

Bezeichnung	Durchmesser des Einzeldrahtes mm: Nennwert	Durchmesser des Einzeldrahtes mm: Zulässige Abweichungen	Querschnitt mm² Rechnungswert	Drahtzahl und Aufbau
Bronzedraht II	0,25	± 0,02	2,45	7×7×0,25
oder	0,4	± 0,03	6,37	7×7×0,4
Bronzedraht III	0,7	± 0,04	2,66	7×0,7
Aluminium	0,4	± 0,03	6,2	7 × 7
„	0,7	± 0,04	18,62	7 × 7

§ 9.

Dieser Paragraph erhält folgenden geänderten Wortlaut:

„§ 9.

Kreuzungen von Starkstromleitungen mit Betriebspannungen von 1 kV und darüber.

a) Sofern die Betriebspannung 1 kV und darüber beträgt, sind Kreuzungen von Starkstromleitungen und von Fahrleitungen elektrischer Bahnen verboten."

§ 10.

Dieser Paragraph erhält folgenden neuen Wortlaut:

Digitized by Google

„§ 10.

Kreuzungen von Starkstromleitungen mit Betriebspannungen unter 1 kV.

a) Kreuzungen von Starkstromleitungen mit Betriebspannungen unter 1 kV sowie von Fahrleitungen elektrischer Bahnen sind möglichst zu vermeiden. Sind derartige Kreuzungen erforderlich, so ist der Antennenleiter als Gummiaderleitung mit wetterfest getränkter Beflechtung NGAW nach den „Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen V. I. L." auszuführen.

b) Das Gleiche gilt bei Annäherungen, sofern nicht eine metallene Berührung beim Reißen der Antenne praktisch ausgeschlossen ist.

c) Sofern die Betriebspannung mehr als 250 V gegen Erde beträgt, sind bei Kreuzungen von Starkstromleitungen oder von Fahrleitungen elektrischer Bahnen noch folgende Sicherheitsmaßnahmen anzuwenden:

α) Nur Einleiterantennen aus mehrdrähtigen Kupfer- oder Bronzeleitern mit einem Durchmesser des Einzeldrahtes nicht unter 0,4 mm sind zulässig. Die auftretende Höchstzugspannung soll im Antennenleiter im ungünstigsten Belastungsfalle bei Hartkupfer 10 kg/mm² bei Bronze 12,5 kg/mm² nicht überschreiten. Der Antennenleiter ist an den beiden Befestigungspunkten doppelt, zweckmäßig an in waagerechter Richtung angeordneten Querträgern, abzuspannen. Zu Abspannungen ist der gleiche Baustoff und mindestens der gleiche Querschnitt wie für den Antennenleiter zu verwenden.

β) Die Isolatoren sind in den Antennenleiter so einzubauen, daß sie nur auf Druck beansprucht werden, damit der Antennenleiter bei Isolatorbruch nicht herabfallen kann. Die Verbindung der Isolatoren mit dem Antennenleiter ist besonders sorgfältig auszuführen.

γ) Die Gestänge müssen bei Höchstbeanspruchungen eine 4-fache Sicherheit gegen Zug, Druck, Biegung und Knickung haben, Ankerdrähte, Seile und Streben dagegen eine 5-fache Sicherheit aufweisen. Die größte Entfernung zwischen den Gestängen soll nicht mehr als etwa 60 m betragen.

δ) Außer den in §§ 12 und 13 verlangten Schutzmaßnahmen ist ein Schutzkondensator für eine Betriebspannung von 1 kV zwischen Erdungschalter und Empfänger möglichst kurz hinter der Einführung anzuordnen.

d) Bei Annäherung an solche Leitungen muß die Antennenanlage einschließlich der Abspanndrähte in einem solchen Abstande verlegt werden, daß auch bei Drahtbruch eine Berührung unter allen Umständen ausgeschlossen ist. Der waagerechte Abstand darf keinesfalls weniger als 10 m betragen."

§ 11.

Kreuzungen von Fernmeldeleitungen.

Die Vorschrift c) erhält folgenden geänderten Wortlaut:

„c) Wenn bei Bruch der Antennenleiter eine Berührung mit der Fernmeldeleitung möglich ist, sind die Antennenleiter als Gummiaderleitungen mit wetterfest getränkter Beflechtung NGAW nach den „Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen V. I. L." auszuführen, sofern die Fernmeldeleitung blank verlegt ist."

V. Bauausführung durch Fachleute.

§ 15 erhält folgenden geänderten Wortlaut:

„§ 15.

a) Antennenanlagen nach § 10 dürfen nur im Einvernehmen mit den Bauunternehmen oder den Elektrizitätswerken durch anerkannte Fachleute ausgeführt werden."

Neu erschienene VDE-Sonderdrucke.

Folgende VDE-Vorschriften-Sonderdrucke sind neu erschienen:

VDE 478 Regeln für den Bau und die Prüfung von Hochfrequenz-Heilgeräten.
„ 479 Regeln für die Bewertung und Prüfung von Anodenbatterien.
„ 480 Bericht über die Tätigkeit des Verbandes seit der letzten Jahresversammlung in Aachen. 1929/30.
„ 481 Leitsätze für zweipolige Steckvorrichtungen mit Schutzkontakt (Dosensteckvorrichtungen 250 V, 10 A) für Erdung, Nullung oder Schutzschaltung.

Die Sonderdrucke können vom VDE, Abt. Verlag, Berlin W 57, Potsdamer Str. 68, bezogen werden.

Neu erschienene DIN VDE-Normblätter.

Folgende DIN VDE-Normblätter sind neu erschienen:

DIN VDE 1503 Rundfunkgerät. Buchsen.
„ „ 1520 Rundfunkgerät. Stecker.
„ „ 1600 Rundfunkgerät. Anodenbatterien.
„ „ 1825 Blitzableiter. Dachleitungstützen zur Befestigung der Leitung an Firststeinen und Gratsteinen.
„ „ 1826 Blitzableiter. Dachleitungstützen zur Befestigung der Leitung am Dachfirst.
„ „ 1827 Blitzableiter. Dachleitungstützen zur Befestigung der Leitung auf Ziegeldächern.
„ „ 1828 Bl. 1 u. 2 Blitzableiter. Dachleitungstützen für Schieferdächer und Pappdächer.
„ „ 1840 Blitzableiter. Schelleisen.

Alle Anfragen bezüglich Lieferung und Versand der Normblätter sind an die Beuth-Verlag G. m. b. H., Berlin S 14, Dresdener Str. 97, zu richten. Lieferung von VDE-Sonderdrucken durch den VDE, wie oben angegeben.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
i. V. Zimmermann.

SITZUNGSKALENDER.

Physikalische Gesellschaft zu Berlin. 25. VII. 1930, nachm. 5½ h, gr. Hörsaal des Physikal. Inst. d. Universität, Berlin, Reichstagsufer 7/8: 1. Vortrag A. Smekal, „Über die Feldstärkenabhängigkeit der Gegenspannungen und wahren Leitvermögen von Ionenkristallen". (Nach Messungen von F. Quittner und O. Beran). 2. Vortrag A. Byk, „Zur algebraischen und geometrischen Deutung der Wechselstromgrößen".

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

M. Vogelsang †. In der Nacht vom 8. zum 9. Juli d. J. starb in Frankfurt a. M. nach kurzer, schwerer Krankheit im Alter von 62 Jahren Herr Dr.-Ing. E. h. Max Vogelsang, ehemaliger Direktor der Voigt & Haeffner AG. Wir kommen auf die Verdienste des Verstorbenen demnächst zurück.

LITERATUR.

Besprechungen.

Proceedings International Congress on Illumination 1928. Including Proceedings of 7. Plenary Session Internat. Comm. on Illum., Saranac Inn, and Selected Papers, from 22. Annual Convention of the Illum. Engg. Soc., Toronto. Mit zahlr. Abb. u. Tab., XIII u. 1443 S. in 8°. Herausg. vom Executive Committee International Congress on Illumination, Suite 901, 20 West 39th St., New York 1929. Preis geb. 10 $.

Der umfangreiche Band enthält einen ausführlichen Bericht über die Arbeiten des Internationalen Beleuchtungstechn. Kongresses, der im Herbst 1928 in Saranac Inn im Staate New York stattfand und an dem Deutschland erstmalig wieder vertreten war. Vorbereitet war dieser Kongreß durch eine Vortagung in Bellagio, an welcher ebenfalls deutsche Vertreter teilgenommen hatten. In Saranac Inn waren 12 Nationen vertreten, diese hatten insgesamt 100 Vertreter entsandt. In der Zeit vom 22. bis 28. IX. wurden in zahlreichen Sitzungen folgende Gegenstände behandelt: Straßenbeleuchtung — Lichtstreuende Stoffe — Wörterbuch — Einheiten und Bezeichnungen — Kraftfahrzeug-Scheinwerfer — Fabrik- und Schulbeleuchtung — Heterochrome Photometrie — Signalgläser — Auffangschirme für Photometer — Genauigkeit der Photometrie — Lichtstrom-Verteilung — Tageslichtbeleuchtung — Kino-Bildfeldbeleuchtung — Blendung —

Digitized by Google

Kolorimetrie — Photometrische Einheiten — Verbreitung lichttechnischer Kenntnisse — Flugverkehrsbeleuchtung — Wohnungs- und Schaufensterbeleuchtung. Über diese Dinge wurden in den Sitzungen der Studienkomitees zuerst Einzelvorträge gehört, dann der Sekretariatsbericht; es folgte eine Aussprache, endlich wird das Ergebnis zusammengefaßt und der Arbeitsplan für die Zukunft aufgestellt. Die Verhandlungen fanden in deutscher, englischer und französischer Sprache statt, während als offizielle Sprache für die Festlegung der Satzungen, der Verhandlungsberichte und der Empfehlungen des Kongresses das Französische dient. Dementsprechend sind auch in dem vorliegenden offiziellen Bericht die Mitteilungen der Studienkomitees sowie die Vorträge entweder englisch, deutsch oder französisch abgefaßt, doch ist jedem Abschnitte eine kurze Zusammenstellung in jeder dieser drei Sprachen vorangesetzt. Eine Besprechung der Einzelheiten des offiziellen Berichtes, der viel Interessantes bietet und mannigfache Anregungen bieten dürfte, ist an dieser Stelle seines zu großen Umfanges wegen nicht möglich; das Buch sei aber allen, die mit Beleuchtungsfragen zu tun haben und die sich über den gegenwärtigen Stand der obengenannten Gebiete unterrichten wollen, wärmstens empfohlen. Eine kurze Zusammenstellung der Titel der gehaltenen und ausführlich wiedergegebenen Vorträge läßt den Inhalt und die Reichhaltigkeit des „Berichts" sowie die Sprache, in welcher die einzelnen Vorträge gehalten sind, erkennen:

1. Straßenbeleuchtung:
   Clifford C. Paterson: „The British Standard Specification for Street Lighting".
   A. K. Taylor: „The Reflection Characteristics of Road Surfaces".
   A. Gouffé: „Calcul de l'Eclairement Moyen des Voies Publiques et des Espaces Découverts".
   L. Schneider: „Physiologische Grundlagen der Straßenbeleuchtung".
   B. Halverson: „American Practice in Traffic Control by Illuminated Color Signals".
2. Blendung:
   W. S. Stiles: „Recent Measurements of the Effect of Glare on the Brightness Difference Threshold".
   S. Millar u. Mc. K. Gray: „Glare — its Manifestations and the Status of Knowledge Thereof".
3. Autoscheinwerfer:
   W. Jolley: „The Automobile Headlight and its Standardization".
   W. Ryde and E. Yates: „The Divergence of Beams from Parabolic Reflectors".
   P. Bossu: „Considérations Générales sur les Projecteurs d'Automobiles".
4. Verteilung des Lichtstromes:
   Ziro Yamanti: „Point to Point Methods of Determining Zonal Flux".
   H. Desarces and D. Demeure: „Définition des Appareils d'Eclairage par la Méthode de la Répartition du Flux".
   J. Wetzel: „Etude de la Répartition du Flux des Appareils d'Eclairage".
5. Tageslichtbeleuchtung:
   J. Waldram: „Daylight and Public Health"
   J. G. West „Daylight Illumination in Respect to a Typical Building Site in a large town".
   H. Kimball: „The Distribution of Energy in the Visible Spectrum of Sunlight, Skylight and the Total Daylight".
   Mac Intyre and H. Buckley: „The Protection of Pictures and Museum Specimens from the Effects of Fading".
6. Fabrik- und Schulbeleuchtung:
   M. Cohn: „Essais Concernant l'Influence de l'Eclairement sur le Rendement et la Fatigue dans les Travaux Manuels".
   W. Trüb: „Principles of Illumination".
7. Einheiten und Bezeichnungen:
   A. Blondel: „Sur les Grandeurs et Unités Photométriques".
8. Farbige Signalgläser:
   W. Dziobek u. M. Pirani: „Normung von Signalgläsern".
   H. Phelps Gage: „Practical Considerations in the Selection of Stadards for Signal Glass in the United States".
   J. Guild: „The Selection of a Suitable Yellow Glass for Railway Signals".
9. Lichtstreuende Stoffe:
   E. Lax, M. Pirani u. H. Schönborn: „Experimentelle Studien über Flüssigkeitsmodelle trüber Medien".
   M. Waldram: „The Precise Measurement of Optical Transmission, Reflection and Absorption Factors".
10. Genauigkeit der Photometrie:
    G. Holst, W. Geiss u. A. Halbertsma: „The Accuracy of Photometry".
11. Photometrische Einheiten:
    P. Fleury: „Propriétés du Corps Noir".
    C. Müller: „Über die Realisierung einer rationellen Lichteinheit mit Hilfe absoluter Messung der Gesamtstrahlung".
    C. Müller u. R. Frisch: „Über die Realisierung der Warburgschen rationellen Lichteinheit".
    C. Crittenden u. Franclin Meyer: „Status of Candlepower Standards".

Voege.

Handbuch der Experimentalphysik. Unter Mitwirk. zahlr. Fachgen. herausg. v. W. Wien † und F. Harms. Unter Mitarb. v. H. Lenz. Bd. 13, 3. Teil: Allgemeine Eigenschaften der selbständigen Entladungen. Die Bogenentladung. Von Prof. Dr. R. Seeliger. Townsend-Entladungen. Die Glimmentladung. Von Dr. G. Mierdel. Mit 471 Abb., XII u. 763 S. in gr. 8°. Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H., Leipzig 1929. Preis geh. 67 RM, geb. 69 RM.

Ein zeitgemäßes Buch über das in raschester Entwicklung befindliche Gebiet der Gasentladungen fehlte bis zum Jahre 1927, als etwa gleichzeitig die „Physik der Gasentladungen" von Seeliger und Bd. 14 des „Handbuch der Physik" von Geiger u. Scheel erschienen. Nun liegt mit Bd. 13, Teil 3 des Handbuchs der Experimentalphysik schon wieder eine Sonderdarstellung dieses Gebietes vor, die indessen neben den übrigen Neuerscheinungen durchaus berechtigt ist. Während das Lehrbuch Seeligers seinem Charakter entsprechend als allgemeine Einführung dienen kann und das Handbuch der Physik vorzugsweise die Theorie, u. zw. durch verschiedene Forscher beleuchtet, wird der Elektroingenieur neben dem Seeligerschen Buch besonders gern nach dem hier vorliegenden Werke greifen, das Seeliger und Mierdel in außerordentlich homogener Weise verfaßt haben und das seinen speziellen Interessen entgegenkommt. Der erste „Allgemeine Eigenschaften der selbständigen Entladungen" behandelnde Teil von Seeliger schafft eine im ganzen Werk durchgehend beibehaltene Einteilung der Entladungsformen auf Grund der Raumladungsverhältnisse. Weiter werden die Genetik, das von Seeliger mit besonderer Liebe geförderte Gebiet, und die Dynamik der Entladungen behandelt. Über „Townsend-Entladungen" unter gebührender Berücksichtigung der Toeplerschen Leistungen berichtet Mierdel. Dieser Abschnitt ist für die Hochspannungstechnik von besonderer Bedeutung; zahlreiche Kurven und Zahlentafeln machen ihn für den praktischen Gebrauch wertvoll. (Bei einer Neuauflage wäre hier mehr Einheitlichkeit in die Bezeichnung der Einheiten zu bringen; man findet KV und KVolt nebeneinander; auch sonst bleiben die AEF-Normen, nach denen kV zu setzen wäre, oft unberücksichtigt.) Der folgende Abschnitt „Glimmentladung" stammt ebenfalls von Mierdel; er enthält in konsequenter Durchführung des Einteilungsprinzips auch den sog. Niedervoltbogen. Der letzte, von Seeliger geschriebene Abschnitt behandelt die „Bogenentladung" auf der Grundlage der thermischen Theorie in sehr übersichtlicher Darstellung.

Das ganze Werk legt naturgemäß besonderen Nachdruck auf die experimentelle Seite, was ja dem Elektroingenieur nur angenehm ist. Die Theorie kommt jedoch keinesfalls zu kurz, auch die vielen strittigen Fragen der Gasentladungsphysik werden jeweils klar gekennzeichnet (z. B. Einwände Rogowskis gegen die Townsendsche Theorie, Kritik der thermischen Bogentheorie). Die praktischen Anwendungen werden nur kurz gestreift; einen großen Gegensatz zwischen Theorie und Praxis gibt es ja auch auf diesem Gebiet nicht. Die Literatur hat erfreulich weitgehend — bis 1928 einschließlich — Berücksichtigung gefunden. Es sei noch hervorgehoben, daß beiden Verfassern eine klare, unkomplizierte Schreibweise eigen ist, deren Wert gerade bei einem Handbuch hoch eingeschätzt werden muß.

Winkler.

Eingegangene Doktordissertationen:

Klaus Sixtus, Untersuchungen über Sekundäremission. T. H. Dresden 1929. (Sonderdruck aus Ann. Phys. Bd. 3, H. 8, 1929.)

Digitized by Google

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Der Markt des Elektroporzellans[1]. — Die drei Haupterzeugungsgebiete des Elektroporzellans in Deutschland sind Thüringen-Sachsen, Bayern und Schlesien. Von insgesamt etwa 300 Betrieben mit 60 000 Arbeitern stellen 22 Fabriken Hochspannungsporzellan und 60 Niederspannungsporzellan her.

Abb. 1.

Gegenüber der Entwicklung des für die Gestaltung des Elektroporzellanmarktes maßgebenden Stromverbrauchs in Deutschland betrug die wertmäßige Umsatzsteigerung in Hochspannungsporzellan, wie Abb. 1 zeigt, von 1925 bis 1928 etwa 30 %. Die Elektroporzellanindustrie ist infolge ihrer im Verhältnis zum Inlandabsatz sehr überhöhten Leistungsfähigkeit in nicht geringem Maße von der Ausfuhr abhängig, die nach dem Kriege absolut, vor allem aber im Verhältnis zu der infolge verstärkter Elektrisierung in der Zwischenzeit gesteigerten Kapazität erheblich abgenommen hat. Im einzelnen lauten die Ausfuhrzahlen wie folgt:

Jahr	t	Mill RM
1913	9 686	6,440
1926	5 890	6,185
1927	6 724	7,095
1928	6 135	6,270
1929	8 524	8,419

Die einzelnen Länder schützen ihre in und nach der Kriegszeit neu aufgebauten Porzellanindustrien durch hohe Zölle. Um nur einige Beispiele zu nennen: Italien hat den Zoll auf Elektroporzellan auf das Vierfache gegenüber der Vorkriegszeit erhöht, Norwegen auf mehr als das Achtfache. Besonders ungünstig liegen die Dinge für uns in der Tschechoslowakei, die infolge gewaltiger Rohstoffmengen in hervorragender Qualität und billiger Löhne das Elektroporzellan zu wesentlich günstigeren Preisen auf den Markt bringt als wir. Die UdSSR ist auch auf diesem Gebiete bemüht, sich durch große Investitionen vom Ausland unabhängig zu machen.

Mangels einer amtlichen Statistik liegen Zahlen über den Verbrauch von Niederspannungs- bzw. Stanzporzellan nicht vor. Es ist jedoch interessant, in diesem Zusammenhang die Ausdehnungsmöglichkeit auf Grund der Wohnungstatistik zu betrachten, da wohl angenommen werden kann, daß in Neubauwohnungen stets elektrische Beleuchtung vorgesehen und damit die Vorbedingung für einen erweiterten Absatz von Installationsmaterial bzw. der dazugehörigen keramischen Teile geschaffen wird. Das statistische Jahrbuch 1929 beziffert die Haushaltungen mit zwei Personen und mehr im Jahre 1925 mit 14 248 847. Darin sind 3 886 494 Haushaltungen mit zwei und mehr Personen enthalten, von denen doch wohl der weitaus größte Teil nach einem selbständigen Haushalt strebt. Bisher wurden in Deutschland gebaut:

Jahr	Neubauten	Umbauten
1925	164 437	27 375
1926	199 084	21 445
1927	284 444	22 390
1928	306 825	23 617

Für das Jahr 1929 liegen die abschließenden Zahlen noch nicht vor, doch sieht man die kräftige Aufwärtsbewegung, die durch vermehrten Stromverbrauch auch der Stanzporzellanindustrie zugute kommt.

Der Bedarf eines Jahres verläuft i. a. so, daß besonders für das Installationsporzellan die günstigsten Monate im Herbst und Winter liegen, für das Freileitungsporzellan hingegen im Frühjahr und Sommer. Im Apparateporzellan und in der Ausfuhr verteilt sich der Bedarf über das ganze Jahr.

R. Bucka.

Aus der Geschäftswelt. — Im Geschäftsjahr 1929, dem ersten der fusionierten Betriebe der Aronwerke Elektrizitäts AG., Berlin-Charlottenburg, hat der Umsatz der Zählerabteilung sich ungefähr auf der Höhe von 1928 gehalten, der Absatz der Schaltuhrenabteilung befriedigende und der der Radioabteilung ganz erhebliche Fortschritte gemacht, so daß der Gesamtumsatz den des Vorjahres um etwa 30 % übertraf und rd. dreieinhalbmal größer war als vor dem Krieg. Der Berichterstatterin ist es gelungen, die Nora-Fabrikate überall in steigendem Maß einzuführen und trotz teilweise sinkender Preistendenz durch Rationalisierung den prozentualen Nutzen an dem stark erhöhten Umsatz nicht allzu wesentlich unter dem des Vorjahres zu halten. Fabrikationsgewinn: 5 812 532 RM, Effektengewinn und Grundstückertrag: 89 512 RM, Reingewinn: 919 612 RM, Dividende: 10 % auf die ausgegebenen 3,589 Mill RM A-Aktien bei einem Gesamtaktienkapital von 8 Mill RM.

In das Handelsregister wurden eingetragen: Monette Asbestdraht G. m. b. H., Berlin (21 000 RM): Fabrikation von und Handel mit elektrotechnischen Materialien, besonders Asbest, isolierten Leitungen, Kabeln oder drgl.; Weser-Ems-Stromversorgungs-AG., Leer (2,4 Mill RM): Errichtung, Erwerb und Betrieb energiewirtschaftlicher Anlagen zur Versorgung der Bevölkerung mit elektrischem Strom und Gas. Unter den Gründern werden die Stadt Leer und die Preußische Elektrizitäts-AG. genannt; „Vauelfa" Vereinigte Leitungsdraht-Fabriken G. m. b. H., Berlin (0,1 Mill RM): Ein- und Verkauf von Leitungsdrähten für die Gesellschafter und Betrieb aller damit zusammenhängender Geschäfte[1]; Elu Elektrische Stromlieferungsgesellschaft m. b. H., München (20 000 RM): Betrieb einer elektrischen Unterstation; Audion-Krafft G.m.b.H., St. Blasien (20 000 RM): Bau und Verwertung von Hochfrequenz- und otologischen Apparaten; Wasser-, Elektrizitäts- und Gaswerke Wiesbaden AG., Wiesbaden (20 Mill RM: u. a. Erzeugung, An- und Verkauf von elektrischer Arbeit usw.; Sternberg-Traffic-Automaten Company G. m. b. H., Freiburg i. Br. (20 000 RM): Verwertung der von A. Sternberg angemeldeten bzw. ihm erteilten Patente usw. auf elektroautomatische Verkehrssignale; Gesellschaft für Telephon- und Telegraphenbeteiligungen m. b. H., (2 Mill RM): Beteiligung an deutschen Unternehmungen auf dem Gebiet der Schwachstrom-Elektrizitätswirtschaft, besonders auf dem des Funk-, Telephon- und Telegraphenwesens; I. C. Koch G. m. b. H., Hohenlimburg (0,1 Mill RM): Fabrikation von isolierten Drähten und Dynamobürsten usw. unter Fortführung des Fabrikunternehmens der bisherigen offenen Handelsgesellschaft I. C. Koch; Ingenieur Friedrich Weber G. m. b. H., Berlin (20 000 RM): Fabrikation und Vertrieb von Widerständen und Apparaten für die Elektrotechnik und Radiobranche; Iso-Elektra G. m. b. H., Magdeburg (20 000 RM): Herstellung und Vertrieb elektrotechnischer Isoliermassen, Porzellankitte, Lötmittel usw.; Schalterlicht G. m. b. H., Berlin (20 000 RM): Herstellung und Vertrieb geschützter Apparate zur elektrischen Schalterbeleuchtung.

[1] Auszug aus einem in den AEG-Marktnachrichten vom 1. V. 1930, S. 20 erschienenen Aufsatz.

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 555.

Bezugsquellenverzeichnis.

Frage 31: Wer stellt Phosphortinkturen her, die sich auf Papier, Glas oder Metall aufstreichen lassen und in der Dunkelheit leuchten?

Frage 32: Wer ist Hersteller des Haarschneideapparates „Kohinor"?

Abschluß des Heftes: 12. Juli 1930.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19000 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin. Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Vertauschbarkeit der Phasen beim Kabelendabschluß.

Mitteilung der AEG.

Mit der zunehmenden Verwendung von Höchstspannungskabeln treten Schwierigkeiten hinsichtlich der Einhaltung der richtigen Phasenfolge in den Stationen auf. Wenn z. B. ein Kabel aus irgendwelchen

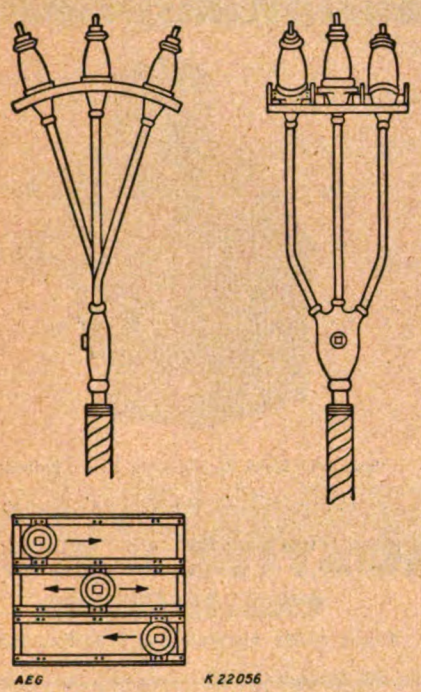


Abb. 1. Vertauschbarkeit der Phasen.

Gründen geschnitten und mit einem anderen Kabel verbunden werden soll, so ist die Phasenfolge normalerweise in den Stationen schon festgelegt, so daß in der Anschlußmuffe eine entsprechende phasengleiche Verbindung hergestellt werden müßte. Meistens ist dies jedoch infolge ungünstiger Lage oder verschiedener Reihenfolge der Adern an den beiden Kabelenden nicht möglich. Das „Kreuzen" der Adern in den Verbindungsmuffen ist mit Rücksicht auf die dabei auf-

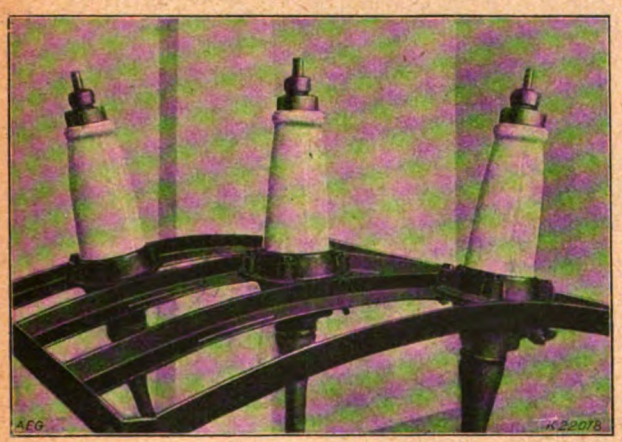


Abb. 2. Kabelendverschlüsse, eingebaut.

tretende starke mechanische Beanspruchung der Isolierschichten bei Höchstspannungskabeln nicht statthaft. Auch bei Instandsetzungen, die als Folge von Kabelfehlern oder Störungen erforderlich sind, treten diese Schwierigkeiten auf, da schon wegen einer geringen Abweichung in der Drall-Länge eine Änderung der Phasenlage in der neu zu schaffenden Verbindungsstelle eintritt.

In diesen Fällen blieb bisher nichts anderes übrig, als die Phasen aus Sicherheitgründen in den Muffen so zu verbinden, wie es ihrer natürlichen Lage entspricht, und dafür die erforderlichen Vertauschungen durch Umklemmen der Zuleitungen an den Sammelschienen in der Anfangs- oder Endstation vorzunehmen.

Mit dieser Umklemmung sind aber die Schwierigkeiten noch nicht behoben. Es müssen weitere Vertauschungen vorgenommen werden, ganz abgesehen davon, daß die Zuleitungen einen anderen Anstrich (Phasenfarbe) erhalten müssen. Die in jedem Leitungszuge befindlichen Stromwandler liegen infolgedessen in einer anderen Phase; es müssen also auch die zugehörigen Relais umbezeichnet oder ihre Niederspannungs-Leitungen umgeklemmt werden. Die an den Klemmleisten oder den Relais vorzunehmenden Kreuzungen sehen unschön aus und können sehr leicht zu Irrtümern führen.

Die vielfach geäußerten Wünsche nach einer bequemeren Art der Phasenvertauschung haben in der in den Bildern 1 bis 3 dargestellten AEG-Konstruktion (DRP) ihre Lösung gefunden. Die Einleiterendverschlüsse sind auf kreisbogenförmigen Trägern nach der

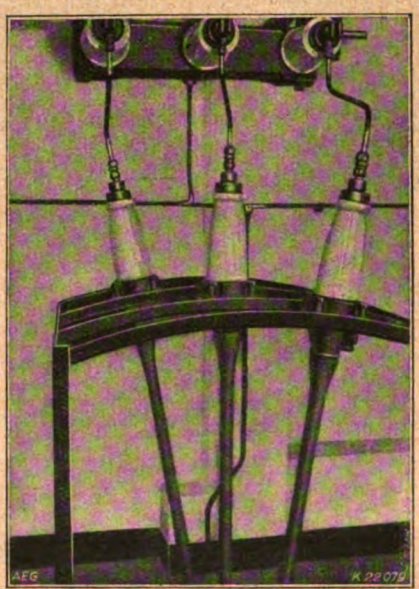


Abb. 3. Kabelendabschluß mit fächerförmiger Anordnung der Adern.

Aufteilung des Mehrfachkabels in einem „Spreizkopf", bzw. des Drehstromkabels mit einzelnen verbleiten Adern in einer „Endschelle" eingebaut.

Die Einphasenendverschlüsse werden auf dem bogenförmigen Gestell so angebracht, daß die Adern eine fächerförmige Anordnung bekommen. Dadurch ist es möglich, die Endverschlüsse bequem und ohne irgendeinen Nachteil gegeneinander beliebig zu vertauschen, weil die Adern vom Spreizkopf bis zum Kreisbogen gleich lang sind.

Der neue Endabschluß läßt sich ohne Schwierigkeiten in den normalen Endverschlußzellen unterbringen. Bei ungünstigen Raumverhältnissen wird die Unterbringung dadurch erleichtert, daß der „Spreizkopf" bzw. die „Endschelle" in gerader oder gebogener Form geliefert werden kann, je nachdem es Lage und Richtung des ankommenden Kabels erfordern.

Digitized by Google

Elektrizitätswerke
Bergwerke
Großbetriebe

Kennen Sie das

Asymmeter?

D.R.P.

Verhüten Sie **Schäden** an Transformatoren, Ölschaltern, Generatoren, Kabeln usw.

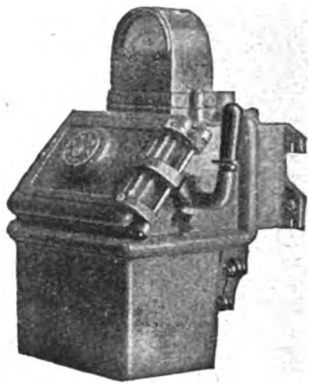
Schützen Sie sich vor **Betriebsstörungen,** sie kosten Geld!

Verlangen Sie unsere **Liste As,** die **alles Wissenswerte für Sie** enthält!

Zur Berliner Funkausstellung
Halle IV, Stand Nr. 35

P. Gossen & Co.
Fabrik Elektr. Meßgeräte, Erlangen

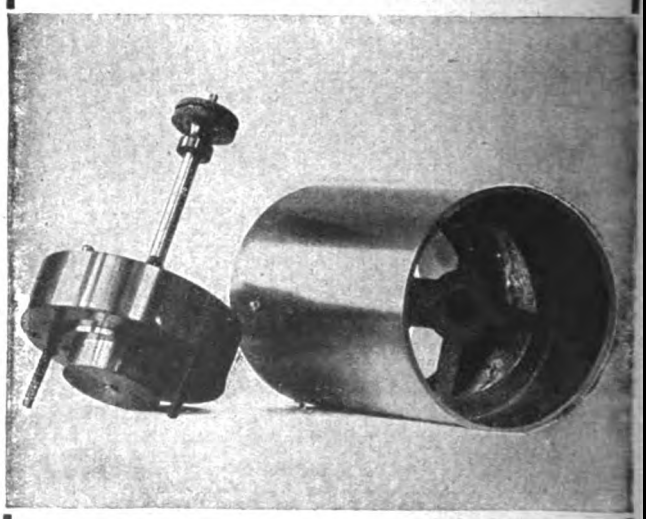
Motorwächter
PHYLAX
schützt den Motor gegen alle
Überlastungsschäden



Neue ermäßigte Preise, bitte Listen anfordern
Ausführliche Prospekte auf Wunsch

HOSTITZ & KOCH
CHEMNITZ-N
Fabrik elektr. Apparate und Transformatoren

T. Baeuerle & Söhne
Uhrenfabrik
St. Georgen 15 (Schwarzwald)



Uhrwerke für Elektrizitätszähler und für schreibende Meß-Instrumente jeder Art.
Schaltuhrwerke für elektrische Wärmespeicher, für Treppen-, Straßenbeleuchtung und Lichtreklame.
Uhrwerke für Fernmeldeanlagen.
Zählwerke für Elektrizitäts-, Gas- und Wassermesser.
Laufwerke für alle sonstigen technischen und wissenschaftlichen Zwecke.

Digitized by Google

Engineering Library

E T Z

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

AUG 11 1930

INHALT

Die zehn Tage der Zweiten Weltkraftkonferenz. 1057
Kompensation der Verstimmung in der Rückkopplungschaltung. Von M. v. Ardenne. 1060
Über die Oberwellen in den Magnetisierungströmen von Drehstromtransformatoren. Von G. Stein. 1061
Die Gleichstromleistung des Glühkathodengleichrichters. Von P. Cornelius. 1067
Das Pumpspeicher-Kraftwerk Niederwartha. Von Energieversorgung Groß-Dresden AG. (Schluß.) 1069

Rundschau

Das Haus der Technik in Bielefeld. 1076
Praxis der Holzmastverwendung in den V. S. Amerika. 1077
Zur Konstruktion und Berechnung d. Dämpferanordnung d. synchron. Einankerumformers. 1077
Anwend. d. komplexen Wechselstromkompensators bei geoelektr. Untersuchungen. 1078
Entwickl. der el. Meßgeräte in den V. S. Amerika. 1078
Beleuchtung und Sehleistung. 1078
Die el. Lokomot. d. Transandine-Bahn. 1079
Die Sicherheit d. el. Schießens in Bergwerken. 1081
El. Gichtgasreinigung. 1081
Das Funkfernsprechen mit Schiffen. 1082
Rumän. Fernsprechkonzession für die International Telephone and Telegraph Corp. 1082
Die unterdrückte Entladung bei Stoßspannung. 1082
Das Kupferoxyd-Element in Amerika. 1083
Elektromechan. Meldesystem für Werkstätten. 1084
Rohrkamera. 1084
Jubiläum. 1095
Energiewirtschaft. 1085
Briefe a. d. Schriftl.: W. Estorff. 1086
Literatur: F. Lubberger, R. Albrecht, A. Ludin, E. Hatschek, E. Abderhalden, W. Hort u. W. Spannhake, „Instruments". 1086
Geschäftliche Mitteilungen. 1088

BLEIKABEL

FÜR STARK-UND SCHWACHSTROM

ISOLIERTE LEITUNGEN UND DRÄHTE

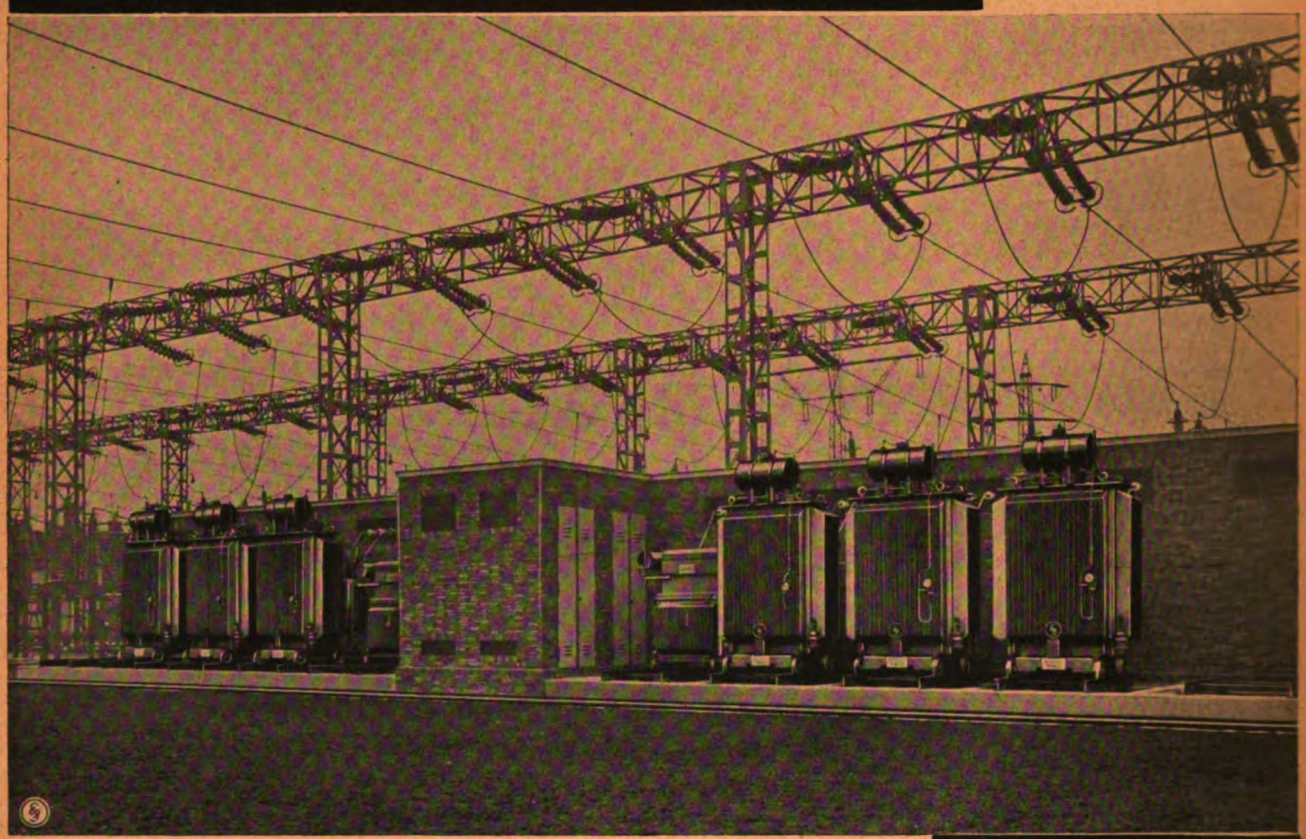
DR. CASSIRER & Co A. G.
KABEL-UND GUMMIWERKE
CHARLOTTENBURG

30. HEFT · 51. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9
(1057-1088) 24. Juli 1930

Digitized by Google

220 000 VOLT-ÜBERTRAGUNG

KOMPENSIERUNG DES LADESTROMES



6 Drosselspulen je 6000 kVA, 10 kV, zur Kompensierung des Ladestromes der 220 kV-Übertragung des Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerkes, Essen, und 2 unter Last regelbare Eigenbedarfstransformatoren je 500 kVA, 10 kV.

Siemens-Schuckert

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

51. Jahrgang | Berlin, 24. Juli 1930 | Heft 30

Die zehn Tage der Zweiten Weltkraftkonferenz.

Die zweite Vollversammlung der s. Z. von D. N. Dunlop angeregten Weltkraftkonferenz in Berlin (16. bis 25. VI.) dürfte die Erwartungen der rd. 4000 Teilnehmer aus 50 Ländern erfüllt haben. Was sie ihnen — von den Fachsitzungen und Besichtigungen abgesehen, über die später noch berichtet werden wird — bot, sei hier in einem kurzen Rückblick festgehalten.

Empfangen wurden die Teilnehmer am 15. VI. abends im Reichstagsgebäude durch den Ehrenvorsitzenden Exzellenz O. v. Miller, dem der Präsident der Ersten Weltkraftkonferenz, Earl of Derby, vorher die Insignien des Präsidiums überreicht hatte, sowie durch den Vorsitzenden, Generaldirektor Dr.-Ing. E. h. C. Köttgen, und am 16. VI. eröffnete v. Miller in dem mit den Farben aller Nationen geschmückten Theaterraum der Staatsoper am Platz der Republik in Gegenwart zahlreicher Vertreter der Reichsregierung unter Führung des Reichskanzlers, ferner der preußischen Regierung, des Reichstags, des diplomatischen Korps, der Wissenschaft, Industrie und Wirtschaft nach dem Vortrag der Meistersinger-Ouvertüre die Tagung. Er gab einen Überblick über die gewaltigen Fortschritte auf dem Gebiet der Energieverwertung und betonte, daß es den Ingenieuren aus allen Teilen der Welt, wenn sie nicht nur gemeinsam beraten, sondern auch gemeinsam arbeiten, möglich sein werde, die Energiequellen von den höchsten Spitzen der Berge bis zu den tiefsten Schächten der Erde zu erschließen und immer mehr Kräfte zu gewinnen, um den Menschen Nahrung, Kleidung und Wohnung zu bieten. Sache der Finanzleute, der Politiker und der Behörden sei es, dafür zu sorgen, daß allen Menschen das, was der Ingenieur schaffe, auch wirklich zugute komme. Reichskanzler Dr. Brüning hieß insbesondere diejenigen herzlich willkommen, die als Abgesandte ihrer Regierungen erschienen waren. Die Konferenz interessiere nicht nur den Techniker, sondern die ganze Welt. Die Tätigkeit des Ingenieurs habe die allgemeinen Lebensbedingungen der Menschheit außerordentlich verbessert, seine Erfolge zeigen dem Staatsmann den Weg zur Senkung der Produktionskosten, stellen aber auch den Politiker und den Wirtschaftsführer vor die schwere Aufgabe, diesen veränderten Lebensbedingungen gerecht zu werden. Die mannigfache Versorgung mit Maschinenkraft beeinflusse den Arbeitsmarkt und führe zu der dringenden Forderung, neue Wirkungsmöglichkeiten zu schaffen. Er würde es dankbar begrüßen, wenn gerade in dieser Beziehung von der Konferenz wichtige Anregungen ausgingen. Die Reichsregierung werde durch ihre Vertreter mit größtem Interesse an den Beratungen teilnehmen und in Gemeinschaftsarbeit mit der Konferenz die Wege suchen, die auf dem Gebiet der Gesetzgebung und Verwaltung dem hohen Ziel dienen können, das sich die Konferenz gesetzt habe. Der Reichskanzler verlas sodann folgende Botschaft des Ehrenprotektors der Zweiten Weltkraftkonferenz, Reichspräsidenten v. Hindenburg:

„Der Weltkraftkonferenz entbiete ich Deutschlands Gruß!

Aus allen Teilen der Welt, von allen Staaten des Erdballs sind Sie herbeigekommen, von einem großen Gedanken beseelt: Durch gemeinsame Arbeit die Kräfte der Natur immer mehr zu beherrschen und zum Segen und Fortschritt der Menschheit nutzbar zu machen.

Als ein „Völkerbund der Technik" ist die Weltkraftkonferenz bei ihrer Gründung bezeichnet worden. Nichts ist in der Tat geeigneter, die Völker zu verbinden, als gemeinsames Bemühen dieser Art um das allgemeine Wohl.

Die Zusammenarbeit der Geister fördert das gegenseitige Verständnis. Darüber hinaus wird gerade durch praktische Fortschritte auf den Gebieten, deren Erforschung Ihre Tagung gewidmet ist, eine immer engere Verbindung der Völker untereinander herbeigeführt. Die Technik steht im Begriff, durch den Ausbau der Kraftübertragung über die politischen Grenzen hinweg das Wirtschaftsleben der Völker stärker denn je zu beeinflussen und miteinander in Zusammenhang zu bringen.

Durch Ihre Tagung fördern Sie ein verständnisvolles Zusammenwirken der Regierungen und aller anderen Faktoren des öffentlichen Lebens mit Ihnen, den Meistern der Technik, der Wissenschaft und der Wirtschaft! Die Versorgung mit Kraft, Licht und Wärme in immer neuen und verbesserten Formen wird sich als ein wirksames Mittel erweisen, die Wirtschaftstätigkeit der Völker zu beleben, die Arbeitslosigkeit zu mindern und so den Störungen entgegenzuwirken, unter denen heute das Wirtschaftsleben fast aller Länder leidet.

Es ist mir daher eine besondere Freude, als Ehrenprotektor dieser Zweiten Vollkonferenz Sie hier zu begrüßen. Deutschland heißt Sie an den Stätten seiner harten Wiederaufbauarbeit herzlich willkommen und will Ihnen Eindrücke vermitteln von dem, was Natur und Kunst ihm an Schönheit gegeben haben.

Ihrer Arbeit aber wünsche ich von Herzen den Erfolg, welchen die Welt von dieser Konferenz erhofft!"

Der Begrüßung durch den Bürgermeister der Stadt Berlin A. Scholtz folgten die Ansprachen der Ländervertreter. Es sprachen für England der britische Vizepräsident der Weltkraftkonferenz, Sir Charles Algernon Parsons, für Frankreich Georges Magnier, Präsident des französischen Komitees der Weltkraftkonferenz und Inspecteur général des Ponts et Chaussées, für Polen Dipl.-Ing. Ludwig Tolloczko, Vorsitzender des polnischen Energetischen Komitees, Prof. S. Krajewsky für Rußland, Generaldirektor Gösta Malm von der kgl. schwedischen Wasserfallverwaltung für die skandinavischen Länder, Dr. Hendrik Johannes van der Bijl, Chairman der Electricity Supply Commission, für Südafrika, Charles Camsell, Deputy Minister, Department of Mines, Kanada, für Nordamerika, Zivilingenieur Rodrigues Megalvio Silva, Brasilien, für Südamerika, Prof. Dr.-Ing. Masawo Kamo von der Kaiserlichen Universität Tokio für Asien und Ranald Harvey, der Vertreter der neuseeländischen Regierung, für Ozeanien. Im Namen der Schweiz ergriff der stellvertretende Vorsitzende des Internationalen Hauptausschusses der Weltkraftkonferenz Dr. Edouard Tissot das Wort und brachte folgende von der Versammlung mit einstimmigem Beifall aufgenommene Antwort auf die Botschaft des Reichspräsidenten zur Verlesung:

„Überwältigt von dem Empfang, den sie in Deutschland gefunden hat, bezeugt die Zweite Weltkraftkonferenz in tiefster Ehrfurcht Ihnen, Herr Reichspräsident, und dem deutschen Volke ihren unauslöschlichen Dank! In der erhebenden Botschaft, die Sie namens des deutschen Volkes an die Zweite Weltkraftkonferenz richteten, erblickt die Zweite Weltkraftkonferenz nicht nur den Beweis vollen Verständnisses für ihre hohen Ziele, sondern sie sieht darin auch einen Appell und erneuten Ansporn, alle ihre Kräfte einzusetzen zum Wohle der Menschheit. Die Ströme der Kraft, die dieses gastfreie deutsche Land durchfluten, sind uns ein Vorbild und geben uns die Gewähr dafür, daß die Welt durch das freundschaftliche und enge Zusammenwirken aller geistigen, wirtschaftlichen, administrativen, sozialen, pädagogischen und künstlerischen Kräfte in ein neues Zeitalter friedlicher Kulturentwicklung einzutreten im Begriffe steht.

Digitized by Google

Nochmals, Herr Reichspräsident, Dank für Ihre Schirmherrschaft und Ihre und des deutschen Volkes gute Wünsche!"

In der Schlußansprache dankte Dr. Köttgen den ausländischen Rednern, dem Reichspräsidenten und dem Reichskanzler. Zur sachlichen Arbeit hinüberleitend, machte er über das Berichtsmaterial, seine Sichtung und Vorbereitung für die Fachsitzungen durch die Generalberichterstatter Mitteilungen und sprach diesen seinen besonderen Dank für die geleistete Arbeit aus. Es waren 431 Berichte eingelaufen, die zu vier Fünfteln aus anderen Ländern stammten und über 34 Sektionen verteilt wurden. Als eine sehr große Ehrung für den Kongreß wurde hervorgehoben, daß sich besonders hervorragende Wissenschaftler und Wirtschaftler führender Nationen hatten bereitfinden lassen, über aktuelle Fragen aus ihren Forschungs- und Arbeitsgebieten zu sprechen. So entstanden die sieben nachstehend aufgeführten allgemeinen Hauptvorträge[1], die den Hörern innere Zusammenhänge rein wissenschaftlicher Naturerkenntnis mit den Ergebnissen und der künftigen Entwicklung praktischer Technik vor Augen führten:

1. Prof. Dr. A. Einstein „Das physikalische Raum-Ätherproblem.
2. Prof. Dr. D. Serruys „Die neuen Formen der Rationalisierung".
3. Dr. H. Foster Bain „Die Bedeutung der Mineralien in einer von Kraft beherrschten Welt".
4. Dr.-Ing. O. Oliven „Europas Großkraftlinien".
5. Prof. G. Vallauri „Energie und Elektrizität".
6. Prof. A. S. Eddington „Inneratomare Energie".
7. Prof. A. F. Enström „Die Maschinenkraft als Kulturfaktor".

Die Vortragenden wurden jeweils durch den Vertreter ihres Staates eingeführt; bei seinem Landsmann Bain tat das der amerikanische Botschafter Sackett mit einer längeren Ansprache, in der er darauf hinwies, daß die Zweite Weltkraftkonferenz größtes Interesse in den Vereinigten Staaten gefunden habe und deren bedeutendste Ingenieure und Naturwissenschaftler Tausende von Kilometern gereist seien, um Fühlung mit den neuesten Errungenschaften anderer Länder zu gewinnen. Besonders wichtig sei es, einem Volk die Annehmlichkeiten der Elektrizität zu schaffen und deren weitestgehende Verwendung wirtschaftlich zu ermöglichen. Das Hauptaugenmerk wäre demnach auf die Frage der Kosten und der Verfügbarkeit für den Verbraucher zu richten. Große Fortschritte in der Krafterzeugung würden der Elektrizitätsindustrie nachgerühmt und als Beweis von Tüchtigkeit in Verwaltung und Betrieb hervorgehoben, daß ihr Erzeugnis heute billiger als vor dem Kriege sei. Gleichwohl kenne er keine andere Industrie, in der der Verkaufspreis des Produkts an die Verbrauchermasse das Fünfzehnfache des tatsächlichen Herstellungspreises betrage. Wiederholte Verbesserungen hätten die Kosten des Stroms an der Sammelschiene heruntergeschraubt, so daß man wohl sagen könne, daß wirtschaftliche Kraftwerke ihn für 0,3 ... 0,4 ct/kWh erzeugen; in den meisten großen Bevölkerungszentren Amerikas zahle der Abnehmer für Haushaltstrom aber etwa 6 cts. Ein derart großer Unterschied biete dem Verteilungsingenieur also noch ein weites Studienfeld. Mit einem weiteren Abbau der Herstellungskosten werde sich wenig erzielen lassen, weil es sich dabei um einen Spielraum von höchstens ½ ct je 1 kWh handeln dürfte. Erfolg sei nur von besseren Verteilungsmethoden und Rationalisierung zu erwarten. Für Amerika regte der Botschafter einen entsprechenden staatlichen Versuch im Verteilungssystem irgendeines modernen Dampfkraftwerks an. Die dann von ihm verlesene Botschaft des Präsidenten H. Hoover hatte folgenden Wortlaut:

„Allen bei der „Amerikanischen Stunde" auf der Weltkraftkonferenz Anwesenden entbiete ich herzliche Grüße. Der Geist wird angeregt durch die ständige Erweiterung auf dem Gebiete des Wissens und seine praktische Anwendung bei den immer zahlreicher werdenden Hilfsmitteln im Dienste der Menschheit. Die zivilisierte Gesellschaft hängt im wachsendem Maße von dem Geist der Forschung und der Verwendung wissenschaftlicher Wahrheit ab. Diejenigen, welche dieser Sache dienen, dienen den besten Interessen der Nation."

An den Vortrag Bains reihte sich die Vorführung des Sprechfilms „Die Geburt der Glühlampe", über die man den betagten Altmeister Edison in temperamentvoller Weise sich äußern sah und hörte.

[1] Eine Wiedergabe dieser Vorträge müssen wir uns versagen. Sie sind auch bereits als erster Band der „Berichte der Zweiten Weltkraftkonferenz" im VDI-Verlag erschienen.

Für den Abend hatte die Reichsregierung die Teilnehmer der Weltkraftkonferenz in die Festräume des Zoologischen Gartens eingeladen. Nach einem musikalischen Vorspiel hob Reichsaußenminister Dr. Curtius die internationale Bedeutung dieser Tagung hervor, die im Austausch von Erfahrungen bei gemeinsamen Aufgaben der Technik und in der gegenseitigen Annäherung der Völker zugunsten ihrer wirtschaftlichen Lage zum Ausdruck komme. Gewaltig seien die Kräfte, deren Gewinnung und Verteilung bzw. zweckmäßigste Verwendung in dieser Konferenz behandelt würden, groß aber auch die Gefahren, die Geister, die man gerufen habe, nicht wieder los zu werden und sich durch objektive Gewalten und selbstgeschaffene Organisationen in Fesseln geschlagen zu sehen. Man müsse sich deshalb mit geistig-sittlichen Kräften über die Materie erheben. Das letzte Ziel solle der Mensch selbst und die Höherentwicklung seiner Kultur sein. Wir könnten auch die materiellen Massen, die wir in Bewegung setzen, beherrschen, wenn wir die höchsten ethischen Kräfte einsetzten. In der Reihe weiterer Redner dankte Prof. G. Vallauri im Namen der italienischen Delegation für die in Deutschland gefundene Gastfreundschaft. Sektionschef Ing. R. Reich, der Präsident des Österreichischen Nationalen Komitees, ging auf die Entwicklung der österreichischen Energiewirtschaft nach dem Kriege ein und wünschte den Ausbau eines über die Länder weitverzweigten Stromnetzes. Prof. Dr.-Ing. B. Bauer sprach für den Schweizer Bundesrat und das Schweizerische Nationale Komitee; die gründliche deutsche Wissenschaft und die starke deutsche Technik würden das Gelingen der Konferenz sichern. Es folgten D. Pedro M. Gonzalez Quijano für Spanien und der Vorsitzende des amerikanischen Komitees O. C. Merrill, der seine Ausführungen über die Notwendigkeit der Betriebswirtschaftlichkeit mit einem Hoch auf das deutsche Volk schloß.

Eine viel begrüßte Neuerung dieser Konferenz bildete das zwanglose Treffen der Teilnehmer auf Fachgebieten (Brennstoffe, Elektrizität, Dampfkraft, Verbrennungskraft, Wasserkraft, Ausbildung, Rechtsfragen usw.), wofür zwei Abende freigegeben waren. In der Fachgruppe „Elektrizität" hatten der Bund der Elektrizitätsversorgungs-Unternehmungen Deutschlands, der Verband Deutscher Elektrotechniker, die Vereinigung der Elektrizitätswerke und der Zentralverband der deutschen elektrotechnischen Industrie die Kollegen zu einem solchen Abend am 17. VI. eingeladen. Sie wurden von Generaldirektor Dr.-Ing. E. h. M. Krone der Vereinigten Elektrizitätswerke Westfalen begrüßt und sahen nach dem gemeinsamen Essen den in der ETZ schon erwähnten Kulturfilm „Das hohe Lied der Kraft", den die VdEW., die Accumulatoren-Fabrik, AEG, Osram und die SSW der Konferenz gewidmet hatten.

Am 18. VI. fand das offizielle Bankett der Weltkraftkonferenz mit Damen, das „Weltkraftfest" im Sportpalast statt, dessen mächtige, von über 3000 Besuchern besetzte Halle mit den Flaggen der Nationen und prächtigem Blumenschmuck bei strahlender Beleuchtung ein ungemein eindrucksvolles, unvergeßliches Bild bot. Zunächst ein vom Schauspieler A. Schröder gesprochener Prolog, dann trugen 400 Berliner junge Mädchen deutsche Volkslieder vor. Um 9 Uhr kam der Anruf des Präsidenten der National Electric Light Association, M. S. Sloan, aus San Francisco, wo 9000 Mitglieder dieser Vereinigung ihre Jahresversammlung abhielten. Es war der Anfang zu einem ersten Versuch, eine gleichzeitige radiotelephonische Verbindung zwischen Berlin, London, New York und San Francisco und damit zwischen zwei gleichzeitig in verschiedenen Erdteilen tagenden Kongressen herzustellen. Die Übertragung erfolgte über den bei London gelegenen Kurzwellensender Rugby, der auf 24 m Wellenlänge arbeitet und dem die Ansprachen über Fernsprechleitungen von Berlin aus zugeführt wurden. In Amerika nahm die Empfangsstation Netcong die Berliner Ansprachen auf und übermittelte sie telephonisch nach San Francisco. Die hier gesprochenen Worte fanden ihren Weg über den großen amerikanischen Kurzwellensender Lawrenceville und die englische Empfangsstation Bildock nach Berlin. Die Gesamtlänge der Verbindung betrug über 11 000 km. Dem Präsidenten Sloan antwortete Dr.-Ing. Köttgen; ferner beteiligten sich an dem Gespräch Owen D. Young und mittels besonderer Anschlüsse an die Hauptlinien in London der Earl of Derby, dem diesseits O. v. Miller erwiderte und Senator Marconi sowie Thomas A. Edison in West Orange, N. J. Die bedeutenden Fortschritte in der Nachrichtenübermittlung und das Wiedersehen in Amerika gelegentlich der Dritten Weltkraftkonferenz im Jahre 1936 waren Gegenstand dieses welt-

Digitized by Google

umspannenden Meinungsaustausches. Großen Beifall fanden das „Deutsche Lied", vorgetragen durch die Berliner Liedertafel, „Deutsche Körperkultur", dargeboten in Vorführungen der Preußischen Hochschule für Leibesübungen, und „Deutsche Volkstrachten", die unter Mitwirkung der Süddeutschen Trachtengemeinschaft gezeigt wurden.

Von weiteren geselligen Veranstaltungen seien ein Nachmittagstee beim Reichskanzler, die von der Preußischen Regierung veranstaltete Besichtigungsfahrt nach Potsdam mit anschließendem Empfang im Neuen Palais, eine Einladung der großen deutschen Industrieverbände in die Staatsoper Unter den Linden zum vom Komponisten selbst dirigierten „Rosenkavalier" erwähnt. Gleichzeitig hatte die Stadt Berlin in der Städtischen Oper Ehrenkarten für die „Bohême" zur Verfügung gestellt.

Entsprechend der Gepflogenheit früherer Weltkraftkonferenzen war am 20. VI. von den ausländischen Nationen ein Bankett zu Ehren des Deutschen Nationalen Komitees im Kaiserhof veranstaltet worden. Hier dankte Dr. Ed. Tissot, der stellvertretende Vorsitzende des Internationalen Hauptausschusses der Weltkraftkonferenz den deutschen Kollegen für die großen Leistungen bei ihrer Vorbereitung der zweiten Tagung. Ihm schlossen sich Vertreter anderer Nationen an. Als letzter sprach Dr.-Ing. E. h. J. Ruths, der Delegierte Schwedens, in fesselnder Weise über das Wesen des deutschen Ingenieurs wie des deutschen Menschen überhaupt. Vieles darin erkläre sich aus der Lage Deutschlands innerhalb der anderen Völker. Das Leben sei für die Deutschen vor allem ein Problem. Die Vielspältigkeit ihres Wesens habe sie zum Volk der Dichter und Denker werden lassen, und heute zeige sich ihre schöpferische Kraft in den großen technischen Leistungen, die alle bewundern. Die Sehnsucht des Goetheschen Faust lebe gegenwärtig vor allem im deutschen Ingenieur und lebe sich aus im Gestalten. Dem Deutschen sei die Technik Erkenntnisorgan geworden. Die Triebfeder, die zu deren wunderbaren Errungenschaften geführt hat, liege in dem Streben nach Erkenntnis und Wahrheit. Für ihn stelle der deutsche Ingenieur mehr als irgendein anderer in seiner Technik die Vereinigung des Forschers und des Schöpfers dar. Unter dem tiefen Eindruck, den alle Teilnehmer bei dem einzig schönen Weltkraftfest von jenen verborgenen Schätzen erhalten hätten, die noch im deutschen Volk lebendig sind, blicke er voll Hoffnung auf dessen Zukunft.

Den Dank Deutschlands für das Erscheinen der großen Zahl angesehenster Fachmänner aus dem Ausland erstattete Prof. C. Matschoß, der Geschäftsführer der Zweiten Weltkraftkonferenz.

An dem Besichtigungen und Wochenendfahrten vorbehaltenen 22. VI. empfingen Bürgermeister Scholtz und Stadtrat Kolwes die führenden Persönlichkeiten der Weltkraftkonferenz im Berliner Rathaus.

Am 23. VI. konnten die Teilnehmer der Konferenz in Staaken „Graf Zeppelin" und das größte Ganzmetall-Landflugzeug „Junkers G 38" besichtigen und sich auch an Rundfahrten über Berlin und Umgegend beteiligen; am 24. VI. wurde ihnen von der Stadt Berlin ein Dampferausflug auf der Havel geboten. Tags darauf fand dann die Schlußsitzung unter dem Vorsitz von O. C. Merrill statt. Die noch sehr gut besuchte Versammlung ließ dem Präsidenten der Vereinigten Staaten folgendes Telegramm zugehen:

„Die Zweite Weltkraftkonferenz möchte Ihnen ihren tiefgefühlten und herzlichen Dank aussprechen für die erhebende Botschaft, die Sie bei Gelegenheit ihrer „Amerikanischen Stunde" durch den Herrn Amerikanischen Botschafter Frederick Mosley Sackett gütigst an ihre Mitglieder gerichtet haben. Die Weltkraftkonferenz richtet am Schlusse ihres zweiten Vollkongresses ihre Blicke mit freudigster Erwartung auf den dritten Vollkongreß, der 1936 in den Vereinigten Staaten tagen wird, und hofft, daß Sie persönlich daran werden teilnehmen können. Die Weltkraftkonferenz ist sich bewußt, welch großen Dank sie Ihnen für die Förderung ihrer Ziele und Wirksamkeit schuldet, sowie dafür, daß unter Ihrer Mitwirkung so würdige Beteiligung von Bürgern und Fachleuten Ihres Landes zustande gekommen ist."

Darauf berichtete Dipl.-Ing. zur Nedden über die Ergebnisse der Weltkraftkonferenz sowie über eine Reihe von Beschlüssen des Internationalen Hauptausschusses und der Fachsitzungen. Man wird eine möglichst rationelle und wirksame Arbeitsweise der Weltkraftkonferenz beraten; allzu umfangreiche Konferenzberichte (Transactions) sollen in Zukunft tunlichst vermieden und der laufende Austausch von energiestatistischem Material sowie von Hinweisen auf wichtige Veröffentlichungen zwischen den Nationalen Komitees ermöglicht werden. Den Konferenzbericht der Zweiten Weltkraftkonferenz will man in 21 fachlich eingeteilten Bänden veröffentlichen, die auch einzeln abgegeben werden. Band 21, der die sieben Allgemeinen Hauptvorträge enthält, ist bereits erschienen. In den Beziehungen zu anderen internationalen Organisationen sind sehr erfreuliche Fortschritte zu verzeichnen: Mit dem Internationalen Talsperrenausschuß und der Internationalen Hochspannungskonferenz wurde eine Verständigung über die gegenseitige Abgrenzung der Arbeitsgebiete erzielt; mit der Commission Mixte Internationale pour les lignes téléphoniques et les canalisations souterraines wird der Hauptausschuß in Informationsaustausch treten. Auf Grund dreier Berichte, die der Internationale Normenausschuß, die Internationale Elektrotechnische Kommission und der Neue Internationale Verband für Materialprüfungen über ihre Zusammensetzung, Aufgaben und Arbeitsweise dem Hauptausschuß der Weltkraftkonferenz zur Verfügung gestellt haben, wird ihnen dieser, wie schon bisher, alle einschlägigen Normungsaufgaben überweisen und ihnen nahelegen, unter sich die Arbeitsverteilung zu klären.

Zur internationalen Regelung der Heizwertfrage wurde ein endgültiger Beschluß gefaßt, mit allen der Weltkraftkonferenz zur Verfügung stehenden Mitteln dahin zu wirken, daß in Zukunft bei allen Angaben, die mit dem Heizwert von Brennstoffen verknüpft sind, stets genau kenntlich gemacht wird, ob der obere oder der untere Heizwert, für die die genannten Normungsorganisationen eine einheitliche internationale Definition herbeiführen sollen, zugrunde liegt. Zu diesem Zweck werden 1. ein offizielles Verzeichnis der Bezeichnung für beide Heizwerte in den verschiedenen Sprachen sowie 2. international einheitliche Indices für beide geschaffen und diese Bezeichnungen und Indices noch im laufenden Jahr veröffentlicht.

Der Internationale Hauptausschuß hat weiter beschlossen, Skandinavien als Tagungsort für die nächste Teilkonferenz der Weltkraftkonferenz im Jahr 1933 in Aussicht zu nehmen. Diese wird sich mit der Energieversorgung der Großindustrie befassen. Die dritte Vollkonferenz findet 1936 in Amerika statt.

Der Internationale Hauptausschuß würde es ferner begrüßen, wenn eine Aussprache herbeigeführt werden könnte, die sich mit den Vor- und Nachteilen des Verkaufs elektrischer Arbeit auf der Grundlage des Kilowattjahrs und der Kilowattstunde oder einer Kombination beider befaßt. Er nimmt gern davon Kenntnis, daß die Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Energie Electrique die Aufnahme dieser Frage in die Tagesordnung einer ihrer nächsten, wenn nicht ihrer allernächsten Tagung erwägen wird.

Der Versuch, die Generalberichte und die Diskussionsbeiträge gleichzeitig mit ihrem mündlichen Vortrag in einer der drei Kongreßsprachen auch in den beiden anderen durch den Sprachenübertragungsapparat an die Hörer zu übertragen, darf als geglückt bezeichnet werden. Alles, was vor den Sitzungen schriftlich bei der Konferenzleitung eingeliefert war, konnte dank der sorgfältigen Schulung und der hingebenden Tag- und Nachtarbeit der Dolmetscher gut übertragen werden. Auch für die gänzlich freie Diskussion gelang die Simultanübertragung oft über Erwarten gut und jedenfalls nicht schlechter als Übersetzungen ohne Sprachenübertragungsapparat. Nur solche Übertragungen, bei denen der Vortragende ein Manuskript benutzte, die Dolmetscher aber unvorbereitet übersetzten, mußten naturgemäß mißlingen. Jedenfalls war es nur infolge der Zeitersparnis durch den Sprachenübertragungsapparat möglich, daß die hohe Zahl von 430 Diskussionsrednern zu Worte kommen konnte. Die praktische Erprobung des Apparates hat zahlreiche dankenswerte Vorschläge zu seiner Verbesserung gezeitigt.

Faßt man schließlich die Gesamtergebnisse der Zweiten Weltkraftkonferenz ins Auge, so hat sie, wie zur Nedden bemerkte, Antworten auf wichtige Fragen gegeben, die von leitenden Staatsmännern und von der ganzen Welt an sie gestellt worden sind: Den Weg zur Verbilligung der Energie erblickt die Weltkraftkonferenz in der Herabsetzung der Kosten der Energieerzeugungs- und verteilungsanlagen durch zahlreiche hier besprochene technische und organisatorische Mittel, und zweitens in der Erhöhung der Benutzungsdauer dieser Anlagen. Alle Berichte und Diskussionen dienten fast ausnahmslos diesen beiden Zielen. Sie bildeten das Generalthema der Konferenz, die ferner gezeigt hat, daß die Versorgung der Welt mit Maschinenkraft, Licht und Wärme letzten Endes zur Verminde-

Digitized by Google

rung der Arbeitslosigkeit führen muß, da sich die Produktionsverfahren ständig vermehren und damit neue Arbeitsmöglichkeiten bringen.

An diesen Bericht knüpften sich einige Abschiedsansprachen von Vertretern verschiedener Länder, die zu drei Entschließungen führten, in denen von der Weltkraftkonferenz der deutschen Technik und besonders dem Verein deutscher Ingenieure, sodann dem Deutschen Nationalen Komitee und allen denen Dank ausgesprochen wurde, die den Mitgliedern Gastfreundschaft gewährt haben. In einer 4. Resolution dankte der Vorsitzende Dr.-Ing. Köttgen für die Mitarbeit der Nationalen Komitees und der Vertreter von nahezu 50 Nationen. Nach einem Schlußwort von Prof. Matschoß erklärte O. C. Merrill die Zweite Weltkraftkonferenz für beendet.

Kompensation der Verstimmung in der Rückkopplungschaltung.

Von **Manfred von Ardenne**, Berlin.

Übersicht. **Die Frage der Verstimmung von Schwingungskreisen in der Rückkopplung wird behandelt. Eine einfache, nahezu verstimmungsfreie Rückkopplungschaltung wird angegeben, die besonders für Einknopfempfänger wichtig ist.**

Bei Empfangschaltungen, in denen mit einer veränderlichen Rückkopplung gearbeitet wird, treten bekanntlich bei Variation der Rückkopplungselemente berechenbare Veränderungen der Eigenwelle des Empfangsystems ein. Diese Verstimmungen, die leicht einige Prozente der Empfangswelle erreichen können, müssen dann, wenn mit weitgehender Entdämpfung gearbeitet werden soll, durch Nachdrehen des Abstimmkondensators wieder ausgeglichen werden. Bei einfachen Rückkopplungsgeräten nimmt man diese Korrektureinstellung in Anbetracht der an sich leichten Bedienbarbeit noch mit in den Kauf, anders ist es jedoch bei komplizierten Geräten mit mehreren Abstimmkreisen. Besonders wenn mehrere rückgekoppelte Systeme hintereinandergeschaltet werden, kann die Bedienungserschwerung durch die Verstimmungskorrekturen unzulässig werden. Die Beseitigung der Verstimmung bei Rückkopplungsvariationen wird aber zum unbedingten Erfordernis, wenn bei solchen mehrkreisigen Empfängern Einknopfbedienung durchgeführt werden soll. Je mehr die technische Entwicklung derartiger Qualitätsgeräte zur Vereinfachung der Bedienung durch Einknopfeinrichtungen hindrängt, um so wichtiger wird das Problem der Kompensation der Rückkopplungsverstimmungen, für welches im folgenden eine Lösung gegeben und begründet werden soll.

Ganz allgemein wird die Verstimmung in einer Rückkopplungschaltung um so größer, je größer der Variationsbereich der elektrischen Elemente des Rückkopplungszweiges sein muß, um den für die Empfangspraxis erforderlichen Entdämpfungsbereich von der natürlichen Dämpfung bis zur Selbsterregung zu überstreichen. Nun muß aber ganz allgemein der Rückkopplungskanal um so reichlicher bemessen werden, je kleiner die verfügbare Rückkopplungspannung ausfällt. Da diese mit der zu entdämpfenden Gitterwechselspannung durch die Verstärkung des dazwischenliegenden Röhrensystems verknüpft ist, wird demnach der Variationsbereich im Rückkopplungszweig am größten für Einrohrschaltungen, während er, und damit auch die Verstimmung, bei einer Rückkopplung über mehrere Stufen stark zurückgeht. So kann z. B. bereits bei einer Rückkopplung über zwei Röhren nach Art der Leithäuser-Hegener-Schaltung das Verhältnis der Kapazität im Rückkopplungszweige zu der im Empfangskreis in die Größenordnung von 1 % gebracht werden, wenn die zwei Stufen eine wirksame aperiodische Verstärkung liefern[1], und da die maximalen Verstimmungen etwa in der gleichen Größenordnung liegen, so kann eine derartige Zweirohr-Rückkopplungschaltung bereits als verstimmungsfrei angesehen werden[2]. Im folgenden darf man sich daher auf Einrohrschaltungen beschränken, unter denen wiederum die Transformatorschaltung mit kapazitiver Regelung (Leithäuser-Reinartz-Schaltung) einen Typus darstellt, auf den sich alle anderen induktiven Rückkopplungen leicht zurückführen lassen.

In Abb. 1 ist eine Schaltung angegeben, wie sie anzuwenden ist, wenn hinter dem rückgekoppelten Gleichrichter Niederfrequenz-Verstärkerstufen durch Widerstände angekoppelt werden sollen. Der Kondensator C_a ist dann erforderlich, wenn eine solche Einheit auf einen Hochfrequenz-Vorverstärker von großer Wirksamkeit folgt: Er ist notwendig zur Hochfrequenzabschwächung vor dem Niederfrequenzteil und beseitigt damit hochfrequente Schwingneigung. Indem für den Transformator sein äquivalentes T-Glied eingeführt wird, gelangt man zu der Schaltung Abb. 2. In dieser liegen im Rückkopplungszweig die Streu-

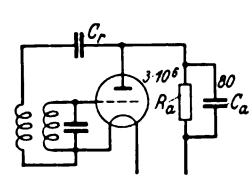


Abb. 1. Typische Rückkopplungsschaltung.

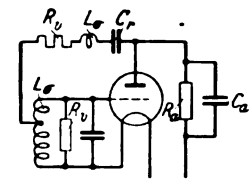


Abb. 2. Ersatzschema.

induktivität L_σ und der Verlustwiderstand der Sekundärwicklung in Serie mit der Rückkopplungskapazität C_r, während durch die primäre Streuinduktivität eine Spannungsteilung der Kondensatorspannung in der gezeichneten Weise entsteht. Die Scheinwiderstände im Rückkopplungszweige sind alle gegenüber dem des kleinen Rückkopplungskondensators zu vernachlässigen. Beseitigt man auch noch die Gitterspannungsteilung, so gelangt man zu Abb. 3. Darin mußte aber, um den Rückkopplungsfaktor konstant zu halten, die Kapazität C_r durch die kleinere C_r' ersetzt werden. Die beiden stehen zueinander in der einfachen Beziehung

$$C_r' = K^2 C_r. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Nunmehr ist festzustellen, wie das äquivalente System Abb. 3 den angeschalteten Kreis zwischen den Punkten A und B belastet. Eine einfache Durchrechnung ergibt für

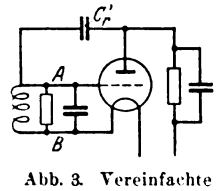


Abb. 3. Vereinfachte Schaltung.

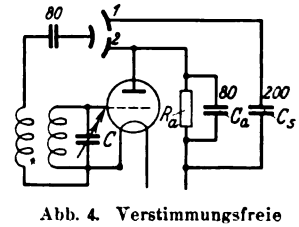


Abb. 4. Verstimmungsfreie Rückkopplungschaltung.

den Widerstand $\mathfrak{R}'$, den man sich an Stelle der Röhre parallel zum Schwingungskreise zu denken hat, die Beziehung

$$\mathfrak{R}' = -\frac{1}{S_0} \frac{\mathfrak{R}_a + \frac{1}{j\omega C_r'}}{\mathfrak{R}_a - \frac{1}{S_0}}. \quad \ldots\ldots \quad (2)$$

Um zu einfachen Ergebnissen zu kommen, werden folgende zwei Annahmen gemacht, die in der Praxis sehr gut erfüllt sind:

$$1)\ \mathfrak{R}_a = \frac{1}{j\omega C_a}$$

$$2)\ |\mathfrak{R}_a| < R_i.$$

Dann folgt aus Gl. (2) die folgende:

$$\frac{1}{\mathfrak{R}'} = -S_0 \left(1 + \frac{C_r'}{C_a}\right) + j\omega (C_r' + C_a). \quad \ldots \quad (2a)$$

[1] Im Rundfunkbereich ist dies beispielsweise bei den Hochfrequenz-Zweifachröhren der Fall.

[2] Entsprechende Fragen bei dieser Schaltung werden eingehend untersucht in der Arbeit: M. v. Ardenne u. K. Schlesinger, Jahrb. drahtl. Telegr. Bd. 35, S. 60 (1930).

Digitized by Google

Aus Gl. (2a) läßt sich sofort folgendes herleiten:

In der Transformatorschaltung, Abb. 1, wirkt die Röhre so, als ob, abgesehen von einer negativen Wirkkomponente, parallel zum Schwingungskreis eine Kapazität im Betrage $C_p = C_a + K^2 C_r$ liegt. Diese bewirkt eine Verkleinerung der Eigenfrequenz des Kreises und damit eine Verstimmung nach langen Wellen hin vom Betrage

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{1}{2}\,\frac{C_a + K^2 C_r}{C}.$$

Würde man also versuchen, mit kleinerem C_r auszukommen, indem man der Rückkopplungspule mehr Windungen gibt, so würde dies offenbar an der Verstimmung nichts ändern, da das bestimmende Produkt $K^2 C_r$ dabei nicht unbedingt kleiner wird. In der Gleichung

$$C_p = C_a + K^2 C_r$$

für die scheinbare Parallelkapazität ist aber ein anderes Mittel gegeben, um die Verstimmung zu kompensieren: Soll diese Belastung C_p immer dieselbe bleiben, so muß C_a in dem Maße kleiner werden, wie bei zunehmender Rückkopplung C_r sich vergrößert.

Wie man dies prinzipiell durch einen Differentialkondensator erreichen kann, ist in Abb. 4 gezeichnet. Hier ist C_s eine Kapazität von gleicher Größenordnung wie C_a. In der Schaltung wird erreicht, daß die resultierende Parallelkapazität C_p immer die gleiche bleibt. Liegt nämlich der Differentialkondensator der Platte 1 gegenüber, so daß die wirksame Rückkopplungskapazität C_r Null ist, so ist der Rückkopplungszweig stark kapazitiv über C_s belastet, welches größer zu wählen ist als C_a. Je mehr der Kondensator sich der Platte 2 nähert und dadurch die Rückkopplung verstärkt, um so mehr nimmt die Belastung zwischen Anode und Kathode der Röhre ab, um schließlich auf den Betrag von C_a herabzusinken. Es kommt also sehr auf einen richtigen Wert von C_s an.

Dieser richtige Kompensationswert von C_s wird am besten durch einen Versuch ermittelt. Ein Empfänger nach Abb. 4 wurde auf einen Sender scharf abgestimmt und die Erreichung der Resonanzabstimmung durch ein mit seiner Schwingungskreisspule lose gekoppeltes Röhrenvoltmeter festgestellt. Indem nun die Korrekturkapazitäten ΔC_p festgestellt wurden, welche man bei verschiedenen Einstellungen des Differentialkondensators brauchte, um die Abstimmung auf den Sender wieder zu erhalten, wurden die Kurven von Abb. 5 gewonnen. In diesen ist die Zusatzkapazität mit der Verstimmung des Empfangskreises durch die Beziehung $(\Delta\lambda)^2 \sim -\Delta C$ verknüpft, d. h. beide sind gegenläufig. Man sieht, daß bei kleinem C_s (noch mehr ist dies im Grenzwerte bei $C_s = 0$ der Fall) der vorausgesagte Verstimmungseffekt sehr stark auftritt. Mit zunehmendem C_s läßt sich die Kapazitätskorrektion immer mehr verkleinern, und bei Kurzschluß von C_s tritt sogar Überkompensation ein, indem dann die Abnahme der Kapazitätsbelastung über den Zweig 2 (Anode-Kathode) überwiegt. Die richtige Kapazität C_s liegt hier, wie zu bemerken ist, bei etwa 160 cm, d. h. bei einem größeren Werte als C_a in Übereinstimmung mit den theoretischen Erwartungen.

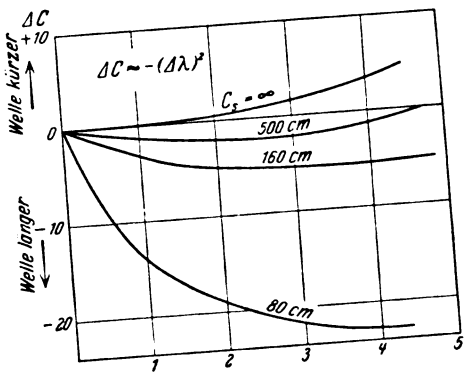


Abb. 5. Kurven der Verstimmung für verschiedene Kapazitäten C_s im Kompensationszweig.

Bei praktischem Arbeiten mit der Schaltung war in der Tat die Feststellung zu machen, daß der Schwebungston eines ungedämpften Senders bei Veränderungen von C_r sehr konstant blieb. Ein Nachteil der Anordnung von Abb. 4 ist jedoch darin zu erblicken, daß durch den Kompensationszweig C_s eine konstante und nicht mehr kleine kapazitive Schwingungskreisbelastung hervorgerufen wird. Diese hat zur Folge, daß die kleinste Empfangswelle der Anordnung in unerwünschter Weise heraufgesetzt wird. Einer unzulässigen Einengung des Wellenbereiches kann man daher nur durch Vergrößerung der Maximalkapazität des Schwingungskreiskondensators entgehen, wobei naturgemäß die Primärinduktivität der Schwingungskreisspule entsprechend zu verkleinern ist, wenn eine gegebene Minimalwelle für den Empfänger vorgeschrieben wird.

Über die Oberwellen in den Magnetisierungsströmen von Drehstromtransformatoren.

Von Dr.-Ing. G. Stein, Berlin.

Übersicht. Es wird auf theoretischem und experimentellem Wege die Größe der Oberwellen in den Magnetisierungsströmen von Drehstromtransformatoren in Prozenten der Grundwelle und des Nennstromes sowie in Abhängigkeit von der maximalen Schenkelsättigung untersucht und gezeigt, daß sie in der letzteren Darstellung umgekehrt proportional der vierten Wurzel aus der Leistung steigen und so nur bei kleineren Transformatoren einen wesentlichen Faktor bilden. Am einflußreichsten auf die Form der Netzspannungskurve ist hier die fünfte Oberwelle des Magnetisierungstromes, welche zwischen 13 000 und 15 000 Gauß maximaler Schenkelsättigung besonders stark ansteigt, um nachher wieder abzunehmen. Bei Hochleistungstransformatoren hingegen sind die magnetisierenden Oberwellen im Verhältnis zum Nennstrom sehr klein und können so die Netzspannungskurve nur wenig verzerren.

Der Verfasser hat in einem früheren Aufsatz[1] Berechnungsmethoden zur Ermittlung des zeitlichen Verlaufes der Magnetisierungsströme in Drehstromtransformatoren entwickelt und gezeigt, daß die Resultate mit den Meßwerten mit genügender Genauigkeit übereinstimmen. Es dürfte nunmehr von besonderem Interesse sein, über die Größe der einzelnen Oberwellen jener Magnetisierungsströme in Abhängigkeit von der maximalen Schenkelsättigung $\mathfrak{B}$ näheren Aufschluß zu gewinnen. So kann dann eine Entscheidung darüber getroffen werden, wie weit man mit Rücksicht auf diese harmonischen Komponenten die Induktion im Eisenkern steigern darf.

Wir wollen unsere Untersuchungen auf dreischenklige Typen beschränken und schließen hier an die Ausführungen des eingangs genannten Aufsatzes an. Demnach bezeichnen E_1, E_2, E_3 die Klemmenspannungen, $\mathfrak{J}_1$, $\mathfrak{J}_2$, $\mathfrak{J}_3$ die verketteten Ströme der Dreieckschaltung, i_1, i_2, i_3 die Phasenströme bei Dreieck- und Sternschaltung sowie n die Windungszahl einer Phase. Demnach bedeuten durch $\mathfrak{J}_2$ und $\mathfrak{J}_3$ die verketteten Ströme je einer äußeren und einer mittleren Phase, mit $\mathfrak{J}_1$ die Summe der beiden äußeren dargestellt, während unter i_2 und i_3 die beiden äußeren Phasenströme und unter i_1 der mittlere zu verstehen sind. Entsprechend dem Ersatzbild (Abb. 1) bedeuten ferner Φ_1, Φ_2, Φ_3 die drei Schenkelflüsse, M_1, M_2, M_3 die magnetischen Umlaufspannungen um ein Transformatorenfenster und schließlich $\mathfrak{M}_1$, $\mathfrak{M}_2$, $\mathfrak{M}_3$ die Teilspannungen zwischen den Knotenpunkten a und b. Diese sind ihrerseits als Funktionen der drei Flüsse mittels der zugehörigen Gleichstrom-Magnetisierungskurve $\mathfrak{H}(\mathfrak{B})$ des betr. Eisenblechs und der Transformatorabmessungen in bekannter

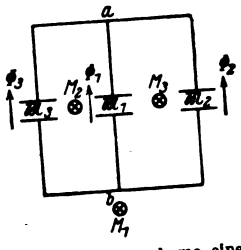


Abb. 1. Ersatzschema eines Dreischenkeltransformators.

[1] G. Stein, ETZ 1929, S. 1194.

Digitized by Google

Weise darstellbar, wobei $\mathfrak{H}$ die Feldstärke und $\mathfrak{B}$ die Induktion angeben. Abb. 2 zeigt die charakteristische Form einer Gleichstrom-Magnetisierungskurve $\mathfrak{M}(\Phi)$, d. h. die jungfräuliche Kurve in Verbindung mit einer Hysteresisschleife. Die drei Schenkelflüsse ihrerseits besitzen den zeitlichen Verlauf

$$\left.\begin{aligned}\Phi_1 &= \overline{\Phi}\sin\omega t\\ \Phi_2 &= \overline{\Phi}\sin(\omega t+120°)\\ \Phi_3 &= \overline{\Phi}\sin(\omega t+240°)\end{aligned}\right\},\quad\ldots\ldots\quad(1)$$

so daß auch jener der $\mathfrak{M}(\omega t)=\mathfrak{M}(\Phi(\omega t))$ eine einfache Herleitung findet. ω stellt hier wie üblich die Winkelgeschwindigkeit der Vektoren eines Potentialdiagrammes und t die Zeit dar. $\mathfrak{M}(\omega t)$ erhält so die bekannte charakteristische Form der Abb. 3, welcher eine jungfräuliche Gleichstrom-Magnetisierungskurve zugrunde liegt. Der sinusförmige Fluß $\Phi(\omega t)$ ist zum Vergleich mit eingezeichnet. Aus den $\mathfrak{M}(\omega t)$ wiederum errechnen sich die

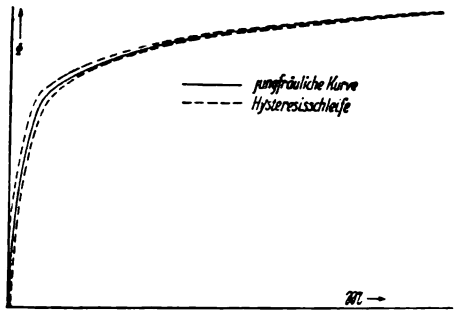


Abb. 2. Gleichstrom-Magnetisierungskurve

Magnetisierungsströme bei Dreieckschaltung durch

$$\left.\begin{aligned}n\,\mathfrak{J}_1 &= n\,(i_2-i_3)=\mathfrak{M}_2-\mathfrak{M}_3\\ n\,\mathfrak{J}_2 &= n\,(i_3-i_1)=\mathfrak{M}_3-\mathfrak{M}_1\\ n\,\mathfrak{J}_3 &= n\,(i_1-i_2)=\mathfrak{M}_1-\mathfrak{M}_2\end{aligned}\right\},\quad\ldots\ldots\quad(2)$$

bei Sternschaltung durch

$$\left.\begin{aligned}n\,i_1 &= n\,\frac{\mathfrak{J}_1-\mathfrak{J}_2}{3}=\frac{2\,\mathfrak{M}_1-(\mathfrak{M}_2+\mathfrak{M}_3)}{3}\\ n\,i_2 &= n\,\frac{\mathfrak{J}_2-\mathfrak{J}_3}{3}=\frac{2\,\mathfrak{M}_2-(\mathfrak{M}_3+\mathfrak{M}_1)}{3}\\ n\,i_3 &= n\,\frac{\mathfrak{J}_3-\mathfrak{J}_1}{3}=\frac{2\,\mathfrak{M}_3-(\mathfrak{M}_1+\mathfrak{M}_2)}{3}\end{aligned}\right\}\quad.\quad(3)$$

Die Gl. (2) und (3) gelten nun nach den bekannten Sätzen über Fouriersche Reihen nicht nur für den Zusammenhang zwischen den eigentlichen Wechselstromkurven $\mathfrak{M}(\omega t)$, $\mathfrak{J}(\omega t)$ und $i(\omega t)$ sondern auch für jede ihrer

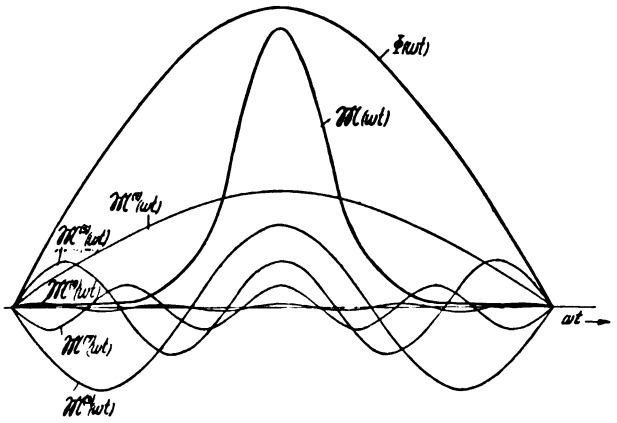


Abb. 3. Harmonische Analyse einer Einphasenwechselstrom-Magnetisierungskurve bei sinusförmigem Fluß.

harmonischen Komponenten. Diese lassen sich demnach entsprechend jenen Formeln in der üblichen Weise vektoriell zusammensetzen. Hierbei kann jedes $\mathfrak{M}$, abgesehen von dem Einfluß der Hysterese — die Hysteresisschleife weicht nämlich bei höheren Sättigungen von der jungfräulichen Kurve in Abb. 2 prozentual nur wenig ab — in gewissem Sinne als phasengleich mit dem zugehörigen Flusse Φ angesehen werden. Daraus folgt, daß die Grundwellen $\mathfrak{J}^{(1)}$ und $i^{(1)}$ der $\mathfrak{J}$ und i sich in der Form Abb. 4 aus den Grundwellen $\mathfrak{M}^{(1)}$ der $\mathfrak{M}$ herleiten. Da die äußeren Teilspannungen $\mathfrak{M}_2^{(1)}$ und $\mathfrak{M}_3^{(1)}$ um die Joch-Amperewindungen größer sind als $\mathfrak{M}_1^{(1)}$, so ist die Phasenverschiebung zwischen $\mathfrak{J}_1^{(1)}$ auf der einen sowie $\mathfrak{J}_2^{(1)}$ und $\mathfrak{J}_3^{(1)}$ auf der anderen Seite größer zwischen $i_1^{(1)}$ sowie $\mathfrak{J}_2^{(1)}$ und $\mathfrak{J}_3^{(1)}$ hingegen kleiner als 120° geworden. Aus demselben Grunde erhält $\mathfrak{J}_1^{(1)}$ eine größere, $i_1^{(1)}$ eine kleinere Amplitude als die beiden mit 2 und 3 gekennzeichneten Phasen, in welchen diese Komponenten ihrerseits gleich groß sind. Diese Erscheinungen sind zwar bekannt, wurden aber meistens noch nicht richtig erklärt[2].

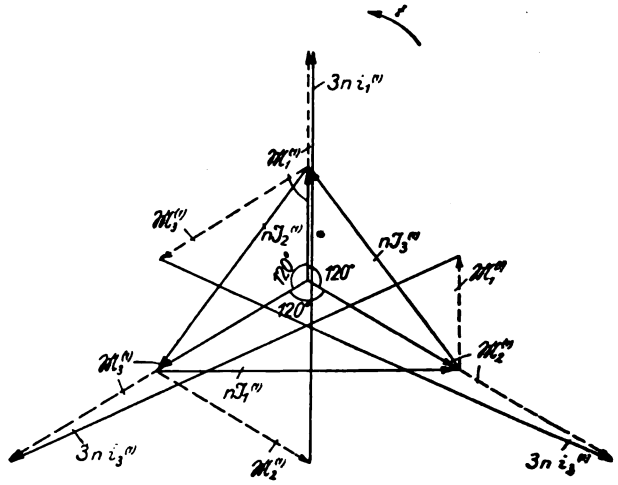


Abb. 4. Vektorielle Darstellung der Grundwellen der Magnetisierungsströme durch die entsprechenden Komponenten der magnetischen Teilspannungen

Da die $\mathfrak{M}$ wie die Φ [siehe Gl. (1)] in erster Näherung, d. h. unter Zugrundelegung einer jungfräulichen Kurve wie in Abb. 2, eine gegenseitige Phasenverschiebung von je 120° besitzen, so sind die dritten Oberwellen $\mathfrak{M}^{(3)}$ in ihnen gleichphasig enthalten und erzeugen die entsprechenden Komponenten $\mathfrak{J}^{(3)}$ und $i^{(3)}$ in der durch Abb. 5a gegebenen Form. Demnach heben sich die Schenkel-Amperewindungen überall auf und es bleibt nur eine Differenz übrig, nämlich die meist viel kleineren Joch-Amperewindungen. Man könnte so den Einwand machen, daß hier die magnetische Hysterese prozentual doch erheblich in Erscheinung tritt. Diese erzeugt nämlich eine Phasenverschiebung der einzelnen harmonischen Komponenten der $\mathfrak{M}(\omega t)$ gegeneinander. Besitzt der Transformator unverstärkte Joche, so sind diese Unterschiede in allen drei $\mathfrak{M}$ dieselben und die dritten Oberwellen bleiben in ihnen gleichphasig; es gilt weiterhin Abb. 5a. Bei verstärkten Jochen dagegen sind die Hystereseschleifen in Joch und Schenkeln verschieden. Deshalb erhalten die Joch-Amperewindungen eine andere Phase als die der Schenkel, und es entsteht ein Phasenunterschied zwischen $\mathfrak{M}_1^{(3)}$ einerseits, $\mathfrak{M}_2^{(3)}$ und $\mathfrak{M}_3^{(3)}$ anderseits. Man erhält die allgemeinere Form der Abb. 5b. In beiden Fällen, Abb. 5a und b, wird, wie schon

a) unverstärktes Joch b) verstärktes Joch

Abb. 5. Vektorielle Darstellung der 3. Oberwellen der Magnetisierungsströme durch die entsprechenden Komponenten der magnetischen Teilspannungen.

in dem eingangs genannten Aufsatz bewiesen wurde, $n\,\mathfrak{J}_1^{(3)}=0$, während $n\,\mathfrak{J}_2^{(3)}$ und $n\,\mathfrak{J}_3^{(3)}$ mit den Joch-Amperewindungen von $\mathfrak{M}_2^{(3)}$ und $\mathfrak{M}_3^{(3)}$ identisch sind. Aus ähnlichen Gründen ist $n\,i_1^{(3)}$ gleich zwei Drittel, $n\,i_2^{(3)}$ und $n\,i_3^{(3)}$ gleich je einem Drittel jener Joch-Amperewindungen zu setzen. Mit anderen Worten, eine dritte Oberwelle fließt bei Dreieckschaltung einphasig in der Phase 2 in den Transformator hinein und aus der Phase 3 wieder heraus. Bei Sternschaltung hingegen erscheint eine dritte Harmonische in allen drei Phasen, u. zw. kommt die dritte

[2] Vgl. z. B. Vidmar, El. u. Maschinenb. Bd. 45, S. 81 (1927).

Digitized by Google

Oberwelle der mittleren in den beiden äußeren Phasen in zwei gleichen Teilen wieder zurück. Der Einfluß der Hysterese schließlich reduziert sich auf den der Hysterese der Joch-Amperewindungen, bleibt also auch hier nur sekundärer Natur.

Der gegenseitige Phasenunterschied der fünften Oberwellen $\mathfrak{M}^{(5)}$ der $\mathfrak{M}$ ist fünfmal so groß wie der der Grundwellen. Da Winkel von 360° nicht in Erscheinung treten, so wird der Winkel zwischen $\mathfrak{M}_1^{(5)}$ und $\mathfrak{M}_2^{(5)}$ gleich 240°, zwischen $\mathfrak{M}_1^{(5)}$ und $\mathfrak{M}_3^{(5)}$ nur 120°. Das Potentialdiagramm der $\mathfrak{M}^{(5)}$, $n\,\mathfrak{J}^{(5)}$ und $n\,i^{(5)}$ in Abb. 6 weist so den-

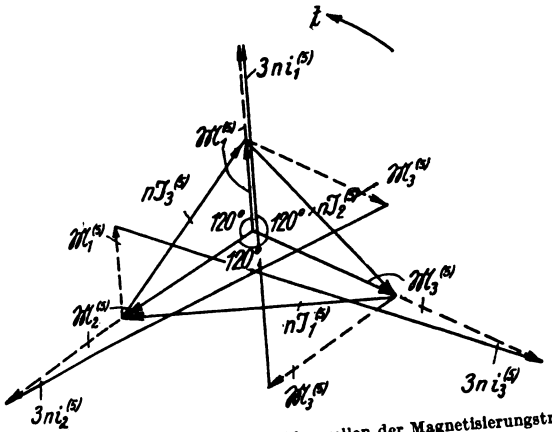


Abb. 6. Vektorielle Darstellung der 5. Oberwellen der Magnetisierungsströme durch die entsprechenden Komponenten der magnetischen Teilspannungen.

selben Charakter wie das der Grundwellen in Abb. 4 auf, nur die Reihenfolge der Vektoren ist vertauscht. Deshalb besitzen auch die resultierenden Ströme $\mathfrak{J}_1$ und i_1 eine symmetrische, $\mathfrak{J}_2$, $\mathfrak{J}_3$ und i_2, i_3 dagegen eine unsymmetrische Halbperiode. Die siebenten Harmonischen $\mathfrak{M}^{(7)}$, $n\,\mathfrak{J}^{(7)}$ und $n\,i^{(7)}$ bilden demgegenüber ein gleiches Diagramm wie die

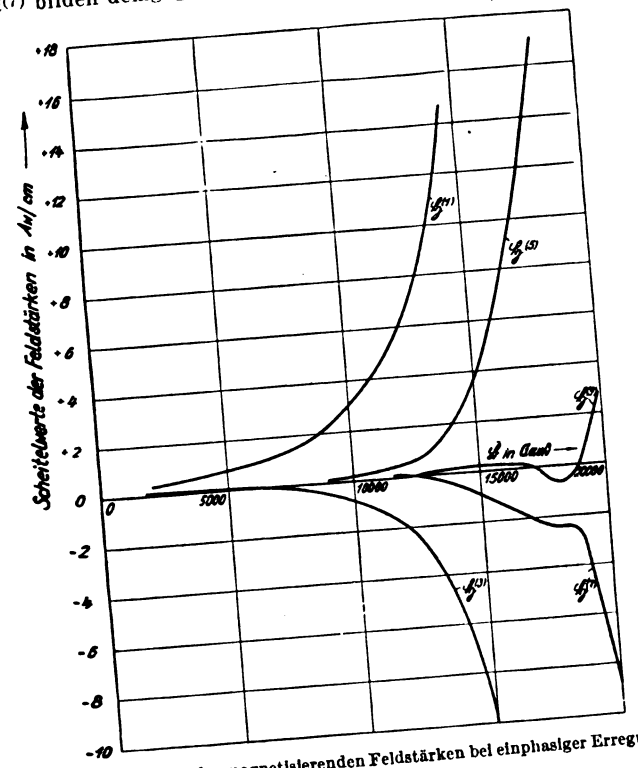


Abb. 7. Oberwellen der magnetisierenden Feldstärken bei einphasiger Erregung.

Grundwellen mit derselben Reihenfolge der Vektoren. Die neunten Oberwellen $\mathfrak{M}^{(9)}$, $n\,\mathfrak{J}^{(9)}$, $n\,i^{(9)}$ wiederum hängen in analoger Weise wie die dritten aus Abb. 5 a und b voneinander ab.

Auf Grund dieser Darstellung setzen sich die einzelnen harmonischen Komponenten der Magnetisierungsströme von Drehstromtransformatoren linear aus den entsprechenden Größen von Einphasen-Wechselstrom-Magnetisierungskurven zusammen. Daraus folgt z. B., daß die Luftfugen der Transformatoren mit gestoßenem Kern, wo die Amperewindungen proportional den Flüssen und gleich diesen [vgl. Gl. (1)] rein sinusförmig sind, ebenso wie im Einphasenfall nur auf die Stärke der Grundwelle, nicht aber auf die der Oberwellen einen Einfluß ausüben. Diese höheren harmonischen Komponenten müssen also in Abhängigkeit von der Sättigung den gleichen Werteverlauf aufweisen wie bei einphasiger Erregung einer luftspaltlosen Eisendrossel. Wir erhalten deshalb über seinen Charakter hinreichenden Aufschluß, wenn wir zunächst diesen einfacheren Fall, d. h. die Oberwellen der $\mathfrak{M}(\omega t)$ betrachten. Bekanntlich sind sie als Resultierende eines entsprechenden Mehrphasen-Funktionensystems[3] leicht zu ermitteln. Man ersetze hierbei zweckmäßig unter Berücksichtigung des mittleren Eisenweges l_e und des Eisenquerschnittes Q_e die $\mathfrak{M}$ durch $\mathfrak{H} = \frac{\mathfrak{M}}{l_e}$, die Φ durch $\mathfrak{B} = \frac{\Phi}{Q_e}$ und erhält die Summe aller durch m teilbaren Harmonischen in der Form:

$$\mathfrak{H}^{(m)}(\omega t) = \frac{1}{m}\left\{\mathfrak{H}(\overline{\mathfrak{B}}\sin\omega t) + \mathfrak{H}\left[\overline{\mathfrak{B}}\sin\left(\omega t + \frac{1}{m}\,360°\right)\right] + \ldots + \mathfrak{H}\left[\overline{\mathfrak{B}}\sin\left(\omega t + \frac{m-1}{m}\,360°\right)\right]\right\}. \quad (4)$$

Im einzelnen errechnen sich nach dieser Formel die Scheitelwerte der Oberwellen $\overline{\mathfrak{H}}^{(m)}$ von $\mathfrak{H}$ in Abhängigkeit

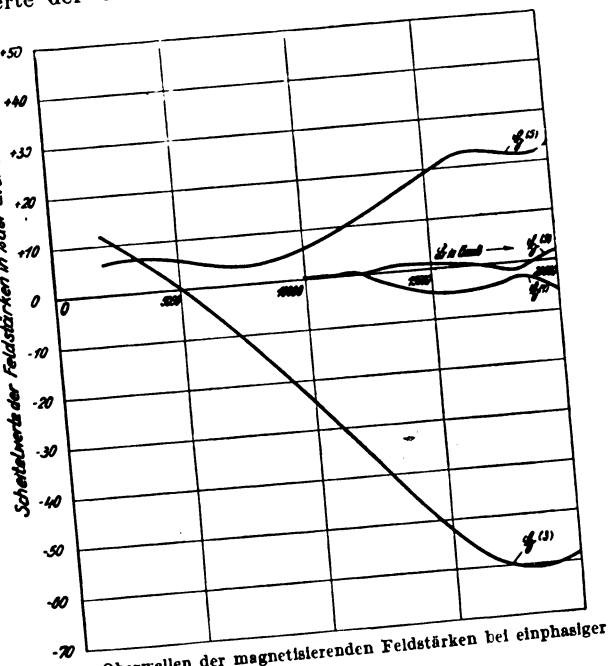


Abb. 8. Oberwellen der magnetisierenden Feldstärken bei einphasiger Erregung.

von dem Scheitelwert $\overline{\mathfrak{B}}$ aus der zugehörigen Gleichstrom-Magnetisierungskurve $\mathfrak{H}(\mathfrak{B})$ in der folgenden Weise

$$\left.\begin{aligned}
\overline{\mathfrak{H}}^{(3)}(\overline{\mathfrak{B}}) + \overline{\mathfrak{H}}^{9)}(\overline{\mathfrak{B}}) + \ldots &= \frac{1}{3}\left[\mathfrak{H}(\overline{\mathfrak{B}}) - 2\,\mathfrak{H}(0{,}5\,\overline{\mathfrak{B}})\right]\\
\overline{\mathfrak{H}}^{5)}(\overline{\mathfrak{B}}) + \overline{\mathfrak{H}}^{(15)}(\overline{\mathfrak{B}}) + \ldots &= \frac{1}{5}\left[\mathfrak{H}(\overline{\mathfrak{B}}) - 2\,\mathfrak{H}(0{,}81\,\overline{\mathfrak{B}}) + 2\,\mathfrak{H}(0{,}31\,\overline{\mathfrak{B}})\right]\\
\overline{\mathfrak{H}}^{(7)}(\overline{\mathfrak{B}}) + \overline{\mathfrak{H}}^{(21)}(\overline{\mathfrak{B}}) + \ldots &= \frac{1}{7}\left[\mathfrak{H}(\overline{\mathfrak{B}}) - 2\,\mathfrak{H}(0{,}9\,\overline{\mathfrak{B}}) + 2\,\mathfrak{H}(0{,}625\,\overline{\mathfrak{B}}) - 2\,\mathfrak{H}(0{,}225\,\overline{\mathfrak{B}})\right]\\
\overline{\mathfrak{H}}^{9)}(\overline{\mathfrak{B}}) + \overline{\mathfrak{H}}^{(27)}(\overline{\mathfrak{B}}) + \ldots &= \frac{1}{9}\left[3\,\overline{\mathfrak{H}}^{(3)}(\overline{\mathfrak{B}}) - 2\,\mathfrak{H}(0{,}94\,\overline{\mathfrak{B}}) + 2\,\mathfrak{H}(0{,}77\,\overline{\mathfrak{B}}) + 2\,\mathfrak{H}(0{,}174\,\overline{\mathfrak{B}})\right]
\end{aligned}\right\}. \quad (5)$$

$$\overline{\mathfrak{H}}^{(1)}(\overline{\mathfrak{B}}) = \mathfrak{H}(\Phi) - [\overline{\mathfrak{H}}^{(3)} + \overline{\mathfrak{H}}^{(5)} + \overline{\mathfrak{H}}^{(7)} + \overline{\mathfrak{H}}^{(9)} + \ldots]$$

Nun ist $\mathfrak{H}(\mathfrak{B}) = \mathfrak{M}(\Phi)$ eine monoton wachsende Funktion von $\mathfrak{B}$ bzw. Φ mit einem abgesehen von sehr kleinen Werten $\mathfrak{B}$ überall positiven zweiten Differentialquotienten (vgl. Abb. 2). Wir vernachlässigen außerdem in Gl. (5) die ein Vielfaches von m bildenden Oberwellen, welche infolge ihrer geringen Größe keinen Einfluß auf den qualitativen Verlauf der $\overline{\mathfrak{H}}^{(m)}(\overline{\mathfrak{B}})$ nehmen können. Dann besitzen auf

[3] Vgl. Fischer-Hinnen, ETZ 1901, S. 396; El. u. Maschinenb. Bd. 27, S. 335 (1906); ferner G. Stein, Versuch einer Theorie des Drei- und Mehrphasen-Frequenzwandlers im Vergleich mit dem Experiment; der Aufsatz wird demnächst im Arch. El. erscheinen.

Digitized by Google

Grund der Darstellung Gl. (5) $\overline{\mathfrak{H}}^{(3)}(\overline{\mathfrak{B}})$ eine einzige, $\overline{\mathfrak{H}}^{(5)}(\overline{\mathfrak{B}})$ zwei, $\overline{\mathfrak{H}}^{(7)}(\overline{\mathfrak{B}})$ drei und allgemein $\overline{\mathfrak{H}}^{(m)}(\overline{\mathfrak{B}})$ im ganzen $\frac{m-1}{2}$ reelle oder komplexe Nullstellen. Zwischen je zwei von ihnen existiert bekanntlich mindestens ein extremer Wert der Funktion, so daß also hier die $\overline{\mathfrak{H}}^{(m)}$ ebenso viele Gipfelpunkte wie Nullstellen besitzen, wovon auch zwei in einen Wendepunkt zusammenfallen können. Außerdem wird der Abszissenwert $\overline{\mathfrak{B}}$ dieser Extrema um so kleiner, je höher die Ordnungszahl der betr. Oberwelle

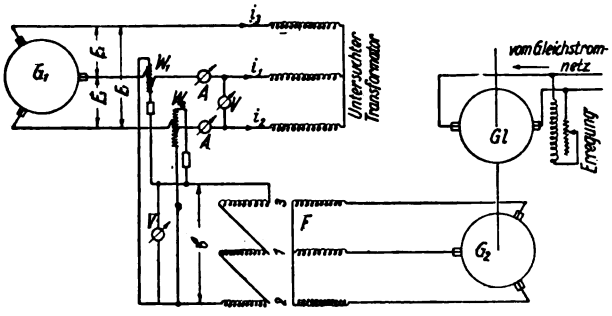


Abb. 9. Schaltung zur Messung von Oberwellen mittels Wattmeters.

ist. Diese theoretischen Überlegungen werden durch die Darstellung Abb. 7 bestätigt, wo die $\overline{\mathfrak{H}}^{(m)}$, so wie sie nach Gl. (5) und aus einer Gleichstrom-Magnetisierungskurve für hochlegiertes Dynamoblech (Qual. IV; 0,35) errechnet wurden, in Abhängigkeit von $\overline{\mathfrak{B}}$ aufgezeichnet sind. Einige erst bei sehr hohen Sättigungen liegende Gipfel-

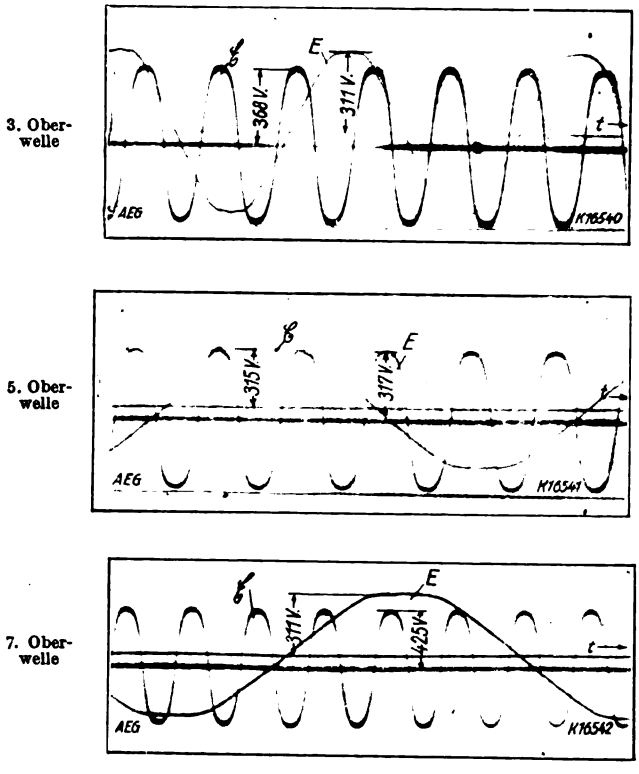


Abb. 10. Zeitlicher Verlauf von $\mathfrak{E}$ und E.

und Nullpunkte sind allerdings in Fortfall gekommen. Aus den verschiedenen Vorzeichen ist die Phasenlage der Oberwellen gegenüber der Grundwelle erkennbar, d. h. bei positiven Werten von $\overline{\mathfrak{H}}^{(m)}$ bewegt sich $\mathfrak{H}^{(m)}(\omega t)$ vom Nullpunkt aus in der gleichen Richtung wie $\mathfrak{H}^{(1)}(\omega t)$, bei negativen Werten dagegen in der entgegengesetzten, wobei noch zu bemerken ist, daß unter der Vernachlässigung der Hysterese die Nullstellen der Harmonischen zeitlich zusammenfallen. In dieser Darstellung läßt sich speziell im unteren Sättigungsbereich ein dauernder Wechsel in der Phasenlage der Oberwellen von Ordnungszahl zu Ordnungszahl feststellen. Man vergleiche hierzu die Abb. 3, wo die harmonische Analyse von $\mathfrak{M}(\omega t)$ bei sinusförmigem $\Phi(\omega t)$ veranschaulicht ist. Noch stärker als in Abb. 7 kommt schließlich die Maximumeigenschaft der $\mathfrak{H}^{(m)}(\overline{\mathfrak{B}})$ zum Ausdruck, wenn man sie, wie in Abb. 8 in Prozent der Grundwelle, also $\frac{\mathfrak{H}^{(m)}}{\mathfrak{H}^{(1)}}$. 100 in Abhängigkeit von $\overline{\mathfrak{B}}$ aufträgt.

Trotz jener qualitativen Analogie zwischen einphasiger und dreiphasiger Erregung dürfte es auf jeden Fall von Wichtigkeit sein, bei der letzteren den quantitativen Verlauf der Effektivwerte der Oberwellen ausführlich zu untersuchen. Da die $\mathfrak{F}(\omega t)$ und $i(\omega t)$ auch ihrerseits nach Gl. (2) und (3) sowie Abb. 4 ... 6 linear voneinander abhängen, so genügt es, diese Ermittlungen auf die Sternschaltung zu beschränken. Hierzu dienten:

Fall I: ein 30 kVA-Transformator mit $E_{\text{Nenn}} = 400$ V, $i_{\text{Nenn}} = 43{,}3$ A mit 20 % verstärktem Joch, Blechsorte Qual. IV; 0,35;

Fall II: ein 160 kVA-Transformator mit $E_{\text{Nenn}} = 231$ V, $i_{\text{Nenn}} = 400$ A mit unverstärktem Joch, Blechsorte Qualität III; 0,5;

Fall III: ein 21 500 kVA-Transformator mit $E_{\text{Nenn}} = 9000$ V, $i_{\text{Nenn}} = 1375$ A mit 15 % verstärktem Joch.

Hierbei geben E_{Nenn} und i_{Nenn} die Effektivwerte von Spannung und Strom bei normaler Vollast des Transformators an. Die Resultate sind sämtlich auf experimentellem Wege

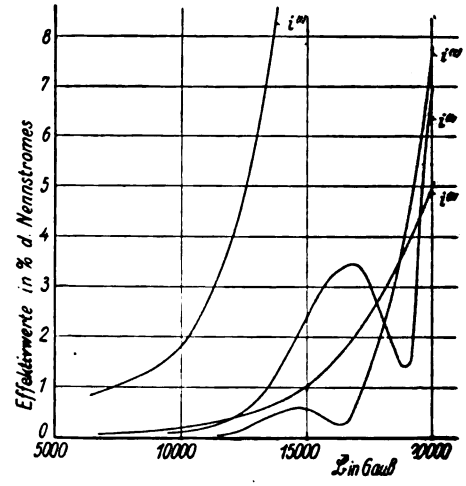


Abb. 11. Oberwellen der Magnetisierungsströme eines in Stern geschalteten 30 kVA-Transformators (Fall 1); mittlere Phase.

im Versuchslaboratorium der AEG-Transformatorenfabrik gewonnen. Die Messung bestand bei den Transformatoren II und III aus der oszillographischen Aufnahme und harmonischen Analyse der betreffenden Magnetisierungsströme[4]. Bei dem Transformator I hingegen wurden die Oberwellen direkt mit Hilfe einer wattmetrischen Methode ermittelt, welche ich Herrn Prof. Biermanns verdanke. Sie wird durch das Schaltbild Abb. 9 veranschaulicht. Den untersuchten Transformator speist hier ein Synchrongenerator G_1 mit den verketteten Spannungen E_1, E_2, E_3. In einer äußeren und der mittleren Phase liegt je eine Wattmeter-Stromspule. Die Spannungspulen hingegen sind über einen statischen Dreiphasen-Frequenzwandler F an einen zweiten von dem Gleichstrom-Nebenschlußmotor Gl angetriebenen Synchrongenerator G_2 angeschlossen[5]. Durch Änderung des Erregerstromes von Gl ist die Frequenz von G_2 zwischen 40 und 60 Hz regelbar. Arbeiten nun z. B. G_1 und G_2 beide mit 50 Hz, so beträgt die Frequenz der Spannung $\mathfrak{E}$ auf der Hochfrequenzseite von F den dreifachen Wert wie bei G_2, nämlich 150 Hz. Es heißt also $E_1 = \overline{E} \sin \omega t$ usw., $\mathfrak{E} = \overline{\mathfrak{E}} \sin 3\omega t$. Die von jedem Wattmeter gemessene Leistung W wiederum ist dann

$$W = \int_{(\text{Per.})} \overline{\mathfrak{E}} \sin 3\omega t \, i(\omega t) \, \mathrm{d}t,$$

[4] Vgl. a. G. Stein, Ein Hilfsmittel zur elektrischen Differentiation von Wechselströmen und seine Verwendung für die Bestimmung ihrer Oberwellen. El. u. Maschinenb. Bd. 48, S. 361 (1930). Die Methode kam hier noch nicht zur Verwendung.

[5] Wie G. Stein, Fußnote 3.

Digitized by Google

Warum Hescho Isolatoren?

Die richtige konstruktive Durchbildung
Die Verarbeitung hochwertiger Rohstoffe
Dem Verwendungszweck angepaßte Masse- und Glasurgemische
Die sorgsame Überwachung des Fertigungsganges und der Brandführung
Die scharfen elektrischen und mechanischen Prüfungen jedes Isolators
geben Ihnen die Gewähr für ausgezeichnete Erfahrungen bei Einbau von
HESCHO-ISOLATOREN

DIE ISOLATOREN BESTIMMEN DIE BETRIEBSICHERHEIT DER ELEKTRISCHEN ENERGIEÜBERTRAGUNG

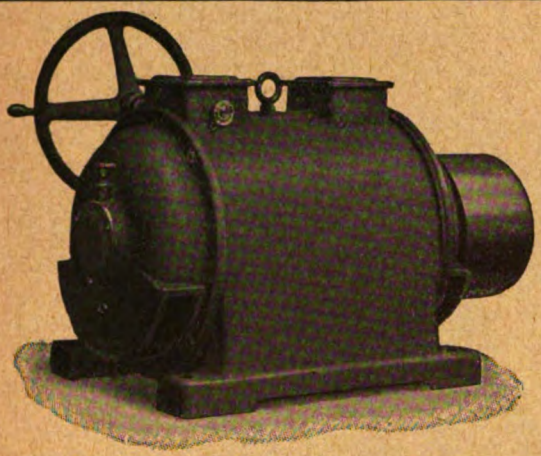
HESCHO

HERMSDORF/THÜR
iM KAHLA-KONZERN

Digitized by Google

Für jeden Betrieb, Pumpen, Ventilatoren nur unsere

Schleifringlose-Motoren



Keine Schleifringe · Keine Bürsten · Kein Anlasser Keine Kontakte · Keine Schaltwalzen · Keine Zentrifugalschalter

Verlangen Sie Preislisten und Angebot über

Kurzschluß-
Doppelkäfig- **Motoren**
Doppelfeld-

Kleinster Anlaufstrom • Hohes Drehmoment Besser wie Schleifringanker • Hoher Wirkungsgrad und hoher Leistungsfaktor • Große Überlastbarkeit • Lange Lebensdauer

Hochspannungs-Gesellschaft m. b. H.

Abteilung **COLONIA**-Motoren

Köln-Zollstock

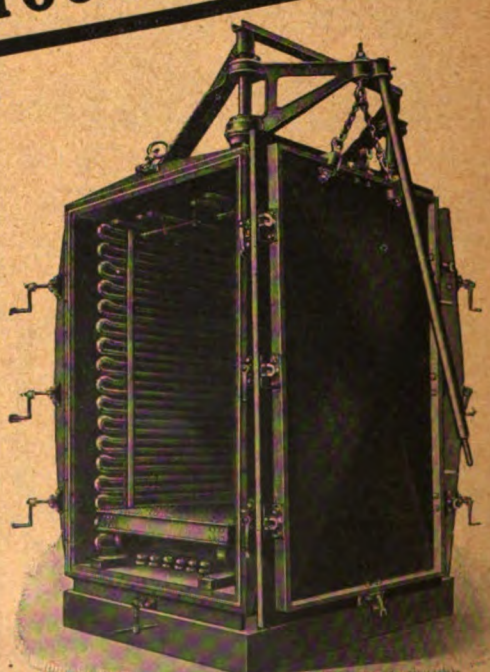
VTG Erfurt

Vacuum

Transformatoren-Trockenschränke

neuester Systeme,
auch in Schmiedeeisen,
in allen Sonderausführungen und
allen Größen

Verlangen Sie unsere Spezial-Kataloge und Referenzenlisten



Vacuumtrockner G. m. b. H.

Erfurt

Apparatebau für die chemische Industrie

Digitized by Google

SIEMENS Leitungsprüfer

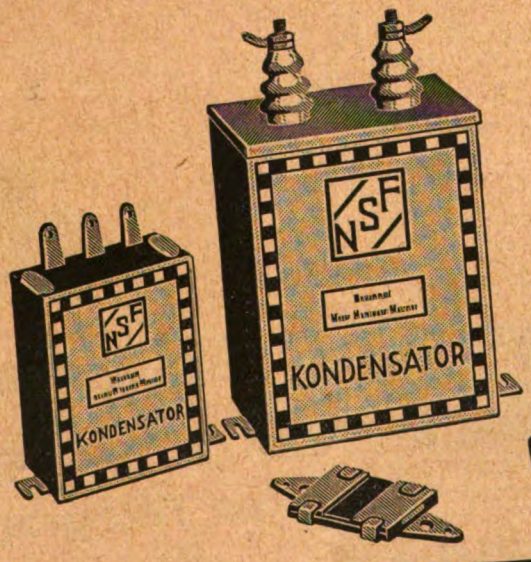
Zum Prüfen von Schwach- und Starkstromanlagen, überhaupt von Leitungen und Wicklungen jeder Art, auf Leitungsschluß, Drahtbruch oder Widerstand wird dieses kleine, handliche Gerät vorteilhaft verwendet. Es ist auch für die Prüfung von Brücken-Glühzündern geeignet und besitzt hierfür das Typenzeugnis der berggewerkschaftlichen Versuchsstrecke in Derne.

Das Gerät hat ein schwarzes Preßstoffgehäuse. Die widerstandsfähige Ausführung des Drehspul-Meßwerkes, der geringe Stromverbrauch, die einfache Handhabung sind Vorzüge, die den Leitungsprüfer für Montage und Reparatur unentbehrlich machen.

Nähere Auskunft und Drucksachen auf Wunsch.

SIEMENS & HALSKE A G.
Wernerwerk, Berlin-Siemensstadt
M« 027

DIE BESTEN KONDENSATOREN



NÜRNBERGER SCHRAUBENFABRIK U. FAÇONDREHEREI
ABTEILUNG RADIO
NÜRNBERG-BERLIN

Digitized by Google

Leitungsgerichtete

Hochfrequenz-Telefonie

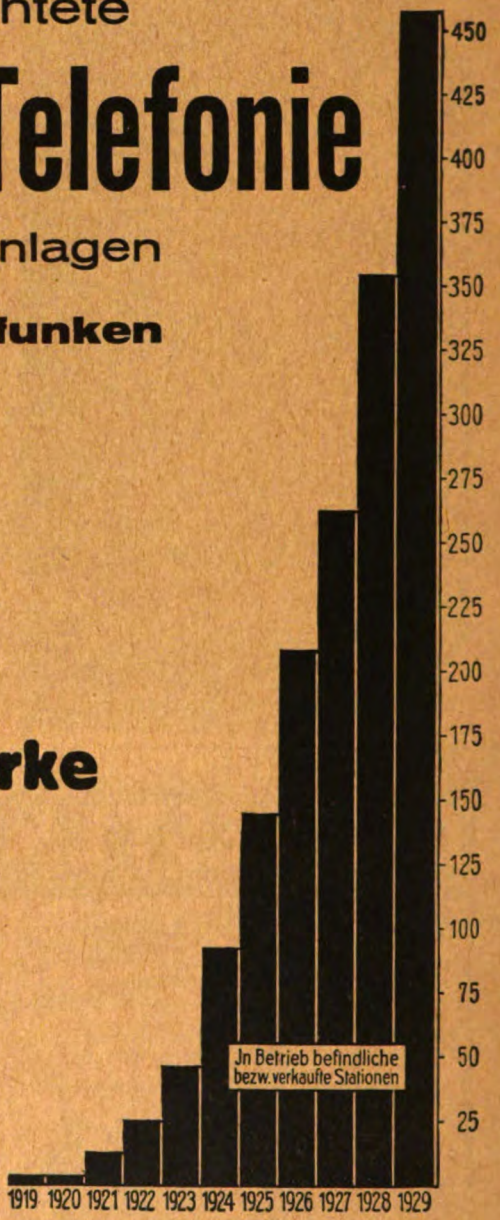
für Fernkraftanlagen

System Telefunken

In den Absatzzahlen liegt das

Werturteil der Elektrizitätswerke

über unsere Anlagen



TELEFUNKEN

Gesellschaft für drahtlose Telegraphie mbH.

BERLIN SW 11

Digitized by Google

und es wird entsprechend der Darstellung eines Fourier-Koeffizienten:

$$i_{\text{eff}}^{(3)} = \frac{W}{\mathfrak{E}_{\text{eff}}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

Will man in derselben Weise die 5. Oberwelle $i_{\text{eff}}^{(5)}$ wattmetrisch heraussieben, so braucht G_1 nur mit 25 Hz, G_2 mit 41⅔ Hz betrieben werden, so daß dann die Frequenz von $\mathfrak{E}$ den Wert $3 \cdot 41\frac{2}{3} = 125 = 5 \cdot 25$ Hz annimmt. Bei der Ermittlung von $i_{\text{eff}}^{(7)}$ ferner wird G_1 wieder mit 25 Hz, G_2 hingegen mit 28⅓ Hz erregt, wobei $\mathfrak{E}$ die Frequenz $3 \cdot 58\frac{1}{3} = 175 = 7 \cdot 25$ Hz erhält. In den von uns untersuchten Fällen schließlich ist $i_{\text{eff}}^{(1)}$ überall nahezu gleich i_{eff}. Soll jedoch jener Wert genauer festgelegt werden, so hat man nur in bekannter Weise

$$i_{\text{eff}}^{(1)} = \sqrt{i_{\text{eff}}^2 - (i_{\text{eff}}^{(3)2} + i_{\text{eff}}^{(5)2} + i_{\text{eff}}^{(7)2})} \quad \ldots\ldots \quad (7)$$

zu setzen. Natürlich könnte man $i_{\text{eff}}^{(1)}$ auch durch das wattmetrische Verfahren direkt ermitteln. Bei diesen Messungen wurden G_1 und G_2 so weit synchronisiert, daß die Wattmeter langsam pendelten. Ihr maximaler Ausschlag lieferte alsdann den gesuchten Wert W. In der Abb. 10 ist dieser Zustand für die dritte, fünfte und siebente Oberwelle, d. h. die entsprechenden Spannungskurven E und $\mathfrak{E}$ auch oszillographisch festgehalten.

Auf den Abb. 11 ... 15 befinden sich in Abhängigkeit von $\mathfrak{B}$ die Ergebnisse der nach den hier beschriebenen beiden Methoden ausgeführten Messungen. Hierbei waren folgende Gesichtspunkte maßgebend: Bekanntlich sind die Oberwellen in Magnetisierungsströmen deshalb besonders unangenehm, weil sie in Verbindung mit den Netzreaktanzen auch eine Verzerrung der Netzspannungskurve zur Folge haben können. Es ist klar, daß diese Verzerrung für eine bestimmte Frequenz im allgemeinen um so größer sein wird, je stärker die Summe der von allen am Netz hängenden Transformatoren aufgenommenen Oberwellen der gleichen Ordnungszahl im Verhältnis zu der Summe der zugehörigen normalen Belastungsströme ist. Dann aber trägt ein jeder Transformator entsprechend dem prozentualen Anteil seiner magnetisierenden Oberwellen an seinem i_{Nenn} zu jener Verunreinigung der Netzspannungskurve bei. Deshalb ist dieser Wert auf den Abb. 11 ... 15 eingetragen. Erst in zweiter Linie interessiert die Verzerrung der Magnetisierungsströme selbst, wofür das Verhältnis der Oberwellen zur Grundwelle ein besonders charakteristisches Maß bietet; es wurde deshalb auch in Abb. 11 ... 15 mit aufgenommen.

Wir betrachten zunächst einen Transformator mittlerer Leistung, also den Fall II. Die entsprechenden Werte findet man auf Abb. 13 für die äußere, auf Abb. 14 für die mittlere Phase. Entsprechend den Potentialdiagrammen Abb. 4 ... 6 sind in Prozenten des Nennstromes die erste, fünfte und siebente Oberwelle in der äußeren Phase größer, die dritte hingegen nur etwa halb so stark wie in der mittleren. Im übrigen zeigen sich ebenso wie bei einphasiger

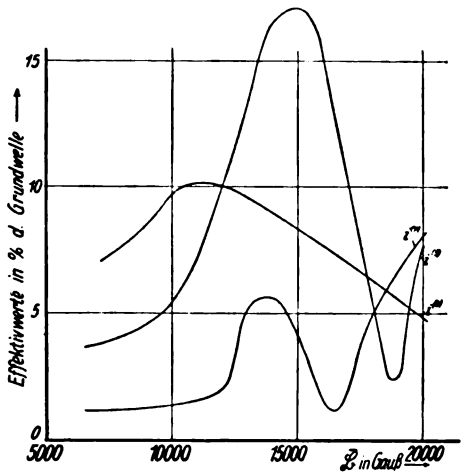


Abb. 12. Oberwellen der Magnetisierungsströme eines in Stern geschalteten 30 kVA-Transformators (Fall I); mittlere Phase.

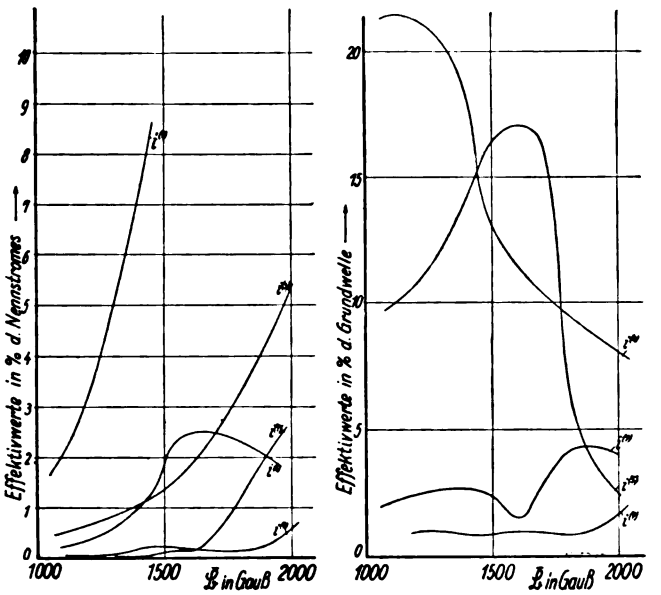


Abb. 14. Oberwellen der Magnetisierungsströme eines in Stern geschalteten 160 kVA-Transformators (Fall II); mittlere Phase.

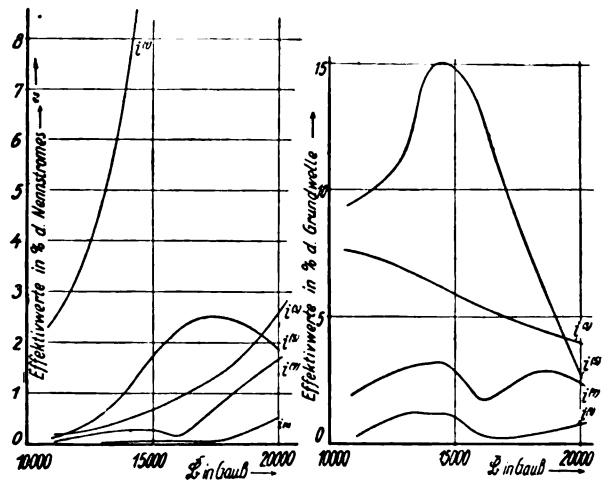


Abb. 13. Oberwellen der Magnetisierungsströme eines in Stern geschalteten 160 kVA-Transformators (Fall II); äußere Phase.

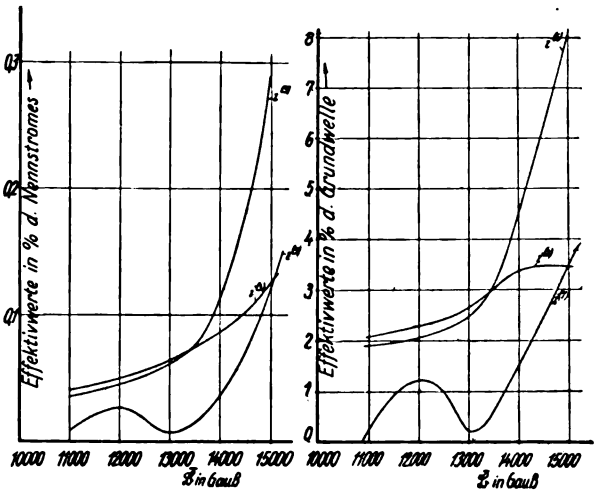


Abb. 15. Oberwellen der Magnetisierungsströme eines in Stern geschalteten 21500 kVA-Transformators (Fall III); mittlere Phase.

Digitized by Google

Erregung (Abb. 7) bei der fünften, siebenten und neunten Oberwelle Gipfelpunkte, welche in ähnlicher Weise über die Abszisse verteilt sind. Diese Maximumeigenschaft tritt natürlich in Übereinstimmung mit dem ebengenannten Fall (s. Abb. 8) bedeutend stärker bei dem Vergleich mit der Grundwelle auf Abb. 14 hervor. Man sieht dort, daß in Summa die Oberwellen, d. h. letzten Endes die Verzerrung der Magnetisierungsströme, ähnlich wie im Einphasenfall Abb. 7 u. 8 zwischen $\overline{\mathfrak{B}} \approx 10\,000$ und 16 000 Gauß am stärksten wer-

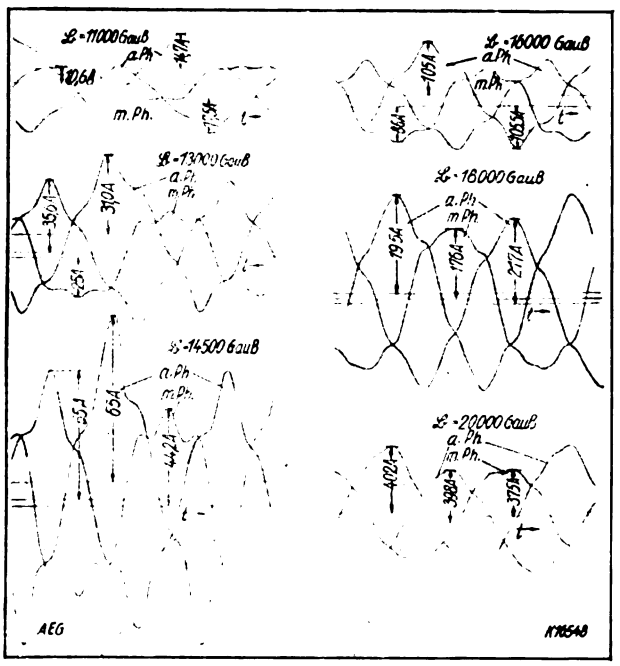


Abb. 16. Oszillogramme der Magnetisierungsströme eines in Stern geschalteten 160 kVA-Transformators (Fall II).

den und von da ab sinken. Hierfür liefern ihre oszillographischen Aufnahmen auf Abb. 16 für $\overline{\mathfrak{B}} = 11\,000$, 13 000, 14 500, 16 000, 18 000 und 20 000 Gauß ein besonders anschauliches Bild. Zur Ergänzung wird auf Abb. 17 ähnlich wie auf Abb. 3 noch gezeigt, wie sich z. B. bei $\overline{\mathfrak{B}} =$ 14 500 Gauß der Magnetisierungstrom der mittleren Phase aus seinen Oberwellen zusammensetzt.

Der Unterschied zwischen den Strömen der äußeren und mittleren Phase erweist sich als nur gering. Hierbei ist noch zu bedenken, daß der betreffende Transformator II unverstärkte Joche besitzt, so daß dort die AW./cm ebenso groß wie in den Schenkeln sind. Deshalb reicht es bei den mit 20 % bzw. 15 % verstärkten Jochen ausgeführten Transformatoren I und III aus, nur die Werte der mittleren Phase zum Vergleich heranzuziehen. Die Maxima der Oberwellen der für das Joch arbeitenden Amperewindungen sind bei diesen beiden Typen infolge der geringen Sättigung gegenüber den Gipfelwerten der Schenkel-Amperewindungen in Abhängigkeit von $\mathfrak{B}$ verschoben. Die Überlagerung dieser beiden Anteile liefert einen weiteren Gipfelpunkt. Sein Ansatz wird z. B. im Fall I auf Abb. 11 bei der fünften Oberwelle und in der Nähe von 20 000 Gauß ganz deutlich erkennbar.

Allen drei untersuchten Transformatoren sind entsprechend unseren eingangs angestellten theoretischen Überlegungen folgende Eigenschaften gemeinsam, wobei zunächst die Darstellung der $i^{(m)}$ in Prozenten von i_{Nenn} auf Abb. 11, 13, 14 und 15 betrachtet werde. Hier erweist sich der Einfluß der nach Abb. 4 nur von den Joch-Amperewindungen herrührenden dritten Oberwelle als verhältnismäßig gering. Am bemerkenswertesten ist demgegenüber vor allem mit Rücksicht auf ihre höhere Frequenz die Größe der fünften Oberwelle. Sie beginnt bei rd. 13 000 Gauß ganz besonders stark anzuwachsen und erreicht bei etwa 16 000 Gauß ihr Maximum, um dann wieder abzufallen. Die siebente Oberwelle hingegen nimmt erst bei diesem Wert eine beträchtliche Größe an. Die neunte Oberwelle entspricht ja ebenso wie die dritte nur jener der Joch-Amperewindungen, erweist sich schon bei unverstärktem Joch bis zu hohen Sättigungen hinauf als sehr klein und ist deshalb in Fall I und III nicht erst untersucht worden.

Weiterhin dürfte bekannt sein, daß die Magnetisierungsströme von Transformatoren gleicher Bauart und gleicher Sättigung $\overline{\mathfrak{B}}$ prozentual gegenüber dem Nennstrom umgekehrt proportional der vierten Wurzel aus ihren Nennleistungen anwachsen. Deshalb werden z. B. Transformatoren kleinerer Leistung wie in unserem Fall I und II mit geschichteten Kernen ausgeführt; bei großen Leistungen hingegen wie in Fall III läßt man auch Stoßfugen zwischen den Kernen und Jochen zu, da ja hier die magnetisierenden Amperewindungen im Eisen verhältnismäßig gering sind. Der letztgenannten Anordnung stehen um so weniger Bedenken entgegen, als ja, wie wir weiter oben bewiesen haben, jene Stoßfugen keinerlei Einfluß auf die Größe der Oberwellen auszuüben vermögen. Diese wachsen vielmehr in Prozenten des Nennstroms ebenso wie die gesamten Magnetisierungsströme im wesentlichen umgekehrt proportional der vierten Wurzel aus der Leistung. Wenn wir die Richtigkeit dieser Überlegung nachprüfen, so finden wir, daß sich bei den hier untersuchten Transformatoren die Leistungen wie

$$1 : 5{,}33 : 717 = 1 : 1{,}52^4 : 5{,}18^4$$

und demgegenüber beispielsweise die Effektivwerte der fünften Oberwelle der mittleren Phase in Prozenten des Nennstroms bei $\overline{\mathfrak{B}} = 15\,000$ Gauß sich wie

$$1 : \frac{1}{1{,}37} : \frac{1}{8{,}1},$$

also ähnlich verhalten.

In Prozenten der Grundwelle schließlich weisen die Oberwellen der drei untersuchten Transformatoren auf Abb. 12 ... 15 sämtlich jene ausgeprägten Maxima auf, welche wir schon im Fall II eingehender erläutert und dargestellt haben. Es wäre nur ergänzend zu erwähnen, daß die dritte Oberwelle bei den beiden kleineren Typen in der Nähe von $\overline{\mathfrak{B}} = 10\,000$ Gauß, bei dem Hochleistungstransformator hingegen bei rd. 15 000 Gauß ihren Gipfelpunkt besitzt. Hier wachsen ja die Luftspalt-Amperewindungen nur linear mit

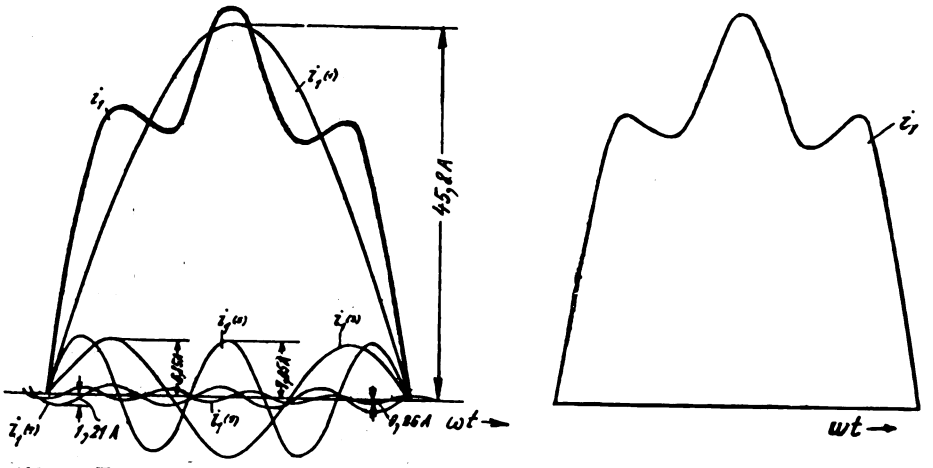


Abb. 17. Harmonische Analyse in der mittleren Phase eines in Stern geschalteten 160 kVA-Transformators (Fall II) bei $\overline{\mathfrak{B}} = 14\,500$ Gauß.

$\overline{\mathfrak{B}}$, die Amperewindungen im Eisen, also auch $n\,i^{(3)}$ jedoch bedeutend stärker an. Erst bei höheren Sättigungen ist der Anteil der Eisen-Amperewindungen an der Grundwelle so groß geworden, daß $n\,i^{(1)}$ schneller zu steigen beginnt als $n\,i^{(3)}$. Nach einer analogen Betrachtungsweise haben die Stoßfugen des Hochleistungstransformators auch zur Folge, daß seine Magnetisierungsströme bedeutend weniger verzerrt sind als bei den beiden kleineren Typen (Fall I und II); hierzu vergleiche man die Abb. 12 und 14 mit Abb. 15.

Digitized by Google

Es beträgt nämlich z. B. bei $\overline{\mathfrak{B}} = 15\,000$ Gauß die 5. Oberwelle im Fall I 17 %, im Fall II 16,4 %, im Fall III hingegen nur 8 % von der Grundwelle.

Aus unseren Untersuchungen können wir nunmehr folgende Schlüsse ziehen: Ein Transformator nimmt im Verhältnis zu seinem Nennstrom um so stärkere magnetisierende Oberwellen auf, je geringer seine Leistung ist. Eine große Anzahl kleiner Transformatoren ist also für die Netzspannungskurve weit gefährlicher als ein Hochleistungstransformator von gleicher Nennlast. Hierzu kommt, daß letzterer bei schwacher Netzbelastung viel leichter vom Netz abgetrennt werden kann als die überall verteilten kleinen Transformatoren. Bei ihm spielen also die Oberwellen in den Magnetisierungströmen selbst bei 15 000 Gauß maximaler Schenkelsättigung eine untergeordnete Rolle (vgl. Abb. 15, wo $i^{(5)}$ nur rd. 0,3 % von i_{Nenn} wird). Bei kleineren Typen hingegen muß in der Wahl der Induktion unbedingt auch die Ausbildung der magnetisierenden Oberwellen Berücksichtigung finden. Da Sättigungen zwischen $\overline{\mathfrak{B}} = 15\,000$ und 20 000 Gauß mit Rücksicht auf die hier fließende hohe Grundwelle des Magnetisierungstromes und auf die großen Eisenverluste bei normalen Leistungstransformatoren nicht in Frage kommen, so ist für uns nur der Sättigungsbereich unter $\overline{\mathfrak{B}} = 15\,000$ Gauß von besonderer Bedeutung. Hier aber haben wir gezeigt, daß bei Drehstromtransformatoren die 5. Oberwelle von allen harmonischen Komponenten mit Rücksicht auf ihre Größe und Frequenz die meiste Beachtung findet. Sie beginnt bei $\overline{\mathfrak{B}} = 13\,000$ Gauß im Verhältnis zum Nennstrom besonders stark anzusteigen.

Die Gleichstromleistung des Glühkathodengleichrichters.

Von Dipl.-Ing. **Peter Cornelius**, Berlin.

Übersicht. **Die folgenden Zeilen entstammen einer größeren Arbeit, die im Radiolaboratorium des Herrn Prof. Kock an der Berliner Technischen Hochschule angefertigt wurde. Sie geben eine theoretisch abgeleitete Formel für die Gleichstromleistung des Glühkathodengleichrichters, die aber infolge notwendiger Vernachlässigungen für die Praxis nur angenäherte Resultate ergibt.**

Die Gleichrichterwirkung des Glühkathodengleichrichters beruht darauf, daß in einer Gleichrichterröhre ein Strom von der Anode zur Glühkathode, nicht aber umgekehrt fließen kann. Je nachdem eine oder zwei Anoden dem Heizfaden der Gleichrichterröhre gegenüberstehen, wird von einer Periode des Wechselstromes die Hälfte oder das Ganze zur Gleichrichtung verwendet; man spricht von Halbweg- und von Vollweggleichrichtung. Die entsprechenden Schaltungen sind aus Abb. 1 und 2 ersichtlich.

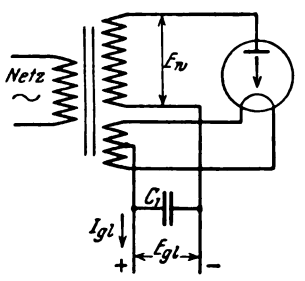


Abb. 1. Halbweggleichrichtung.

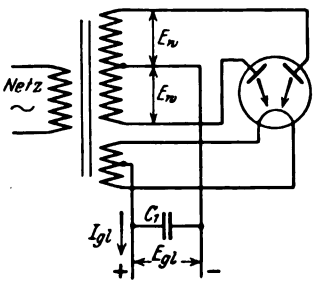


Abb. 2. Vollweggleichrichtung.

Folgende Faktoren bestimmen die Gleichspannung E_{gl} der gezeichneten Gleichrichteranordnung: die Wechselspannung E_w, der ohmsche, der induktive Widerstand der Wechselstromquelle, die Charakteristik der Gleichrichterröhre, die Größe des Ausgleichkondensators C_1, die Gleichstromentnahme I_{gl}.

Der Gleichrichtungsvorgang.

Zur rechnerischen Erfassung des Gleichrichtungsvorganges bedienen wir uns eines vereinfachten Schemas (Abb. 3 für Halbweggleichrichtung). Der Ausgleichkondensator C_1 sei so groß, daß praktisch kein Schwanken der Gleichspannung e_{gl} und damit des Gleichstromes i_{gl} auftritt. Wir betrachten den Beharrungszustand: Die während einer Wechselstromperiode dem Ausgleichkondensator über das Ventil pulsierend zufließende Elektrizitätsmenge ist gleich derjenigen, die während derselben Zeit gleichmäßig zum Verbraucher abfließt.

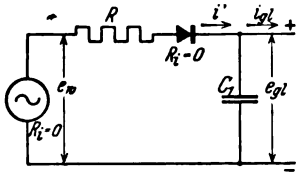


Abb. 3. Vereinfachtes Schema der Halbweggleichrichtung.

Halbweggleichrichtung.

Infolge der gezeichneten Anordnung des Ventils hat nur die eine Hälfte der Wechselspannungsperiode die Möglichkeit, Elektrizität auf den Ausgleichkondensator zu befördern. Ein Ladestrom i' fließt erst, wenn der Augenblickswert e_w der Wechselspannung größer ist als die entgegenwirkende Gleichspannung e_{gl} des Ausgleichkondensators C_1 (Abb. 4). Der Augenblickswert i' des Ladestromes ist dann gleich dem die Gleichspannung e_{gl} übersteigenden Betrag e' der Wechselspannung dividiert durch den Widerstand R.

Zur rechnerischen Erfassung des Vorganges genügt es, eine Viertelperiode zu betrachten. Bezeichnet man mit t_x die Zeit bis zum Beginn der Ladung, dann ist die von t_x bis zum Ende der Viertelperiode auf den Ausgleichkondensator C_1 fließende Elektrizitätsmenge gleich der während einer halben Periode abfließenden (Abb. 5).

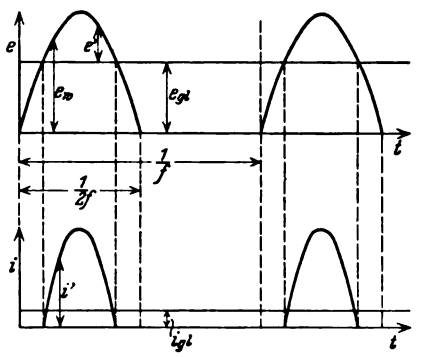


Abb. 4. Gleichrichtungsvorgang bei Halbweggleichrichtung.

$$i_{gl} \cdot \frac{1}{2f} = \int_0^{1/4f} i' \,\mathrm{d}\, t = \frac{1}{R} \int_0^{1/4f} e' \,\mathrm{d}\, t.$$

Von t_x bis $1/4\,f$ ist $e' = e_w - e_{gl}$. Gleichung der Wechselspannung: $e_w = e_{w_{max}} \sin \omega t$, worin $\omega = 2\pi f$ ist.

Für die Zeit t_x ist $e_w = e_{gl}$.

Es ergibt sich $t_x = \frac{1}{\omega} \arcsin \frac{e_{gl}}{e_{w_{max}}}$

und

$$\frac{i_{gl}}{2f} = \frac{1}{R}\left[\frac{1}{2\pi f}\sqrt{e_{w_{max}}^2 - e_{gl}^2} - \frac{e_{gl}}{2f}\left(\frac{1}{2} - \frac{1}{\pi}\arcsin\frac{e_{gl}}{e_{w_{max}}}\right)\right].$$

Diese Gleichung läßt sich nicht auf einfache Weise für e_{gl} auflösen. Wir ersetzen den sinusförmigen Wechselstrom für unsere Rechnung durch einen gleichwertigen dreieckförmigen (Abb. 6). Der Faktor A wird so bemessen, daß die Fläche des Dreiecks gleich der Fläche unter der Sinuskurve ist. Die Gleichung der dreieckförmigen Wechselspannung ist dann

$$e = A\, e_{w_{max}} \cdot 4 f t.$$

Der in Abb. 6 gezeichnete Fall tritt beim Gleichrichter nur bei Kurzschluß der Gleichstromseite auf, d. h. wenn $e_{gl} = 0$ ist. Im normalen Betriebsfall tragen nur diejenigen Augenblickswerte der Wechselspannung zur Stromlieferung bei, die die Gleichspannung e_{gl} des Aus-

Digitized by Google

gleichkondensators übersteigen. Der Faktor A muß dann so bemessen werden, daß die über e_{gl} liegenden Flächen des Dreiecks und der Sinuskurve einander gleich sind (Abb. 7). Für Leerlauf ($e_{gl} = e_{w_{max}}$) wird $A = 1$, für Kurzschluß ($e_{gl} = 0$) wird $A = 4/\pi = 1{,}27$. Die Zwischenwerte sind aus der Kurve Abb. 8 ersichtlich. Die Punkte dieser Kurve sind an einer auf Millimeterpapier gezeichneten Sinuskurve ermittelt worden auf Grund der in Abb. 7 veranschaulichten Bedingung.

Die rechnerische Behandlung des Gleichrichtervorganges geschieht für den dreieckförmigen Wechselstrom entsprechend wie für den ersetzten sinusförmigen (Abb. 9).

$$\frac{i_{gl}}{2f} = \frac{i'_{max}}{2}\left(\frac{1}{4f} - t_x\right).$$

Gleichung der Spannung:

$$e = A\, e_{w_{max}} \cdot 4f t.$$

Für $t = t_x$ ist $e = e_{gl}$;

$$e_{gl} = A\, e_{w_{max}} \cdot 4f t_x$$

$$t_x = \frac{e_{gl}}{A\, e_{w_{max}} \cdot 4f}$$

$$i'_{max} = \frac{1}{R}(A\, e_{w_{max}} - e_{gl})$$

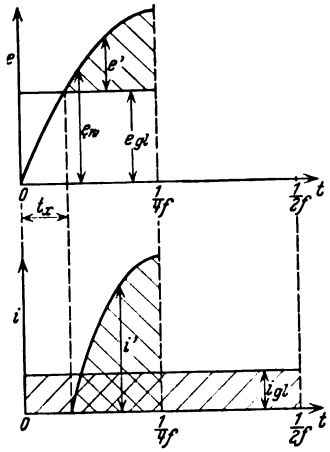


Abb. 5. Viertelperiode der Halbweggleichrichtung.

$$\frac{i_{gl}}{2f} = \frac{1}{2R}(A\, e_{w_{max}} - e_{gl})\left(\frac{1}{4f} - \frac{e_{gl}}{A\, e_{w_{max}} \cdot 4f}\right)$$

$$= \frac{1}{2R \cdot 4f}(A\, e_{w_{max}} - e_{gl})\left(1 - \frac{e_{gl}}{A\, e_{w_{max}}}\right)$$

$$i_{gl} = \frac{1}{4R}\left(A\, e_{w_{max}} - e_{gl} - e_{gl} + \frac{e_{gl}^2}{A\, e_{w_{max}}}\right)$$

$$4\, i_{gl} R = \frac{1}{A\, e_{w_{max}}}\left(A^2 e_{w_{max}}^2 - 2A\, e_{w_{max}} e_{gl} + e_{gl}^2\right)$$

$$A\, e_{w_{max}} - e_{gl} = \sqrt{4\, i_{gl} R A\, e_{w_{max}}}.$$

Mit Effektivwerten geschrieben gilt also für

Halbweggleichrichtung:

$$\underline{E_{gl} = A\, E_w \sqrt{2} - 2\sqrt{A\, E_w \sqrt{2}\, I_{gl} R}}.$$

Vollweggleichrichtung.

Durch die Schaltung der Vollweggleichrichtung werden beide Halbwellen der Wechselstromperiode zur Gleichrichtung herangezogen. Im Beharrungszustand muß die während einer Viertelperiode dem Ausgleichkondensator zufließende Elektrizitätsmenge gleich der während derselben Zeit abfließenden sein. Die rechnerische Ableitung ist dieselbe wie bei der Halbweggleichrichtung, jedoch wird in die Ausgangsgleichung die Gleichstrommenge nur für eine Viertelperiode eingesetzt:

$$\frac{i_{gl}}{4f} = \frac{i'_{max}}{2}\left(\frac{1}{4f} - t_x\right).$$

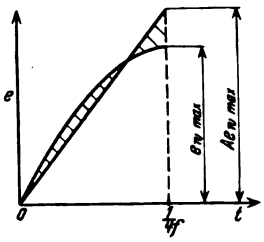


Abb. 6. Ersatz der sinusförmigen Wechselspannung durch gleichwertige dreieckförmige.

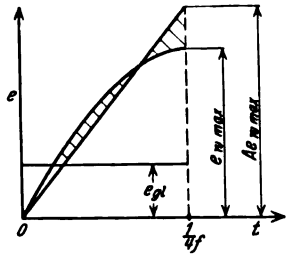


Abb. 7. Dreieckförmige Wechselspannung bei entgegenwirkender Gleichspannung.

Es ergibt sich für Vollweggleichrichtung:

$$\underline{E_{gl} = A\, E_w \sqrt{2} - \sqrt{2\, A\, E_w \sqrt{2}\, I_{gl} R}}.$$

Diese Formeln sind für den wirklichen Gleichrichterkreis brauchbar, wenn man für R den mittleren Widerstand R_m der Gleichrichterröhre und den inneren ohmschen Widerstand der Wechselstromquelle einsetzt. Der innere induktive Widerstand der Wechselstromquelle ist nicht berücksichtigt; die wirklich von einem Gleichrichter erhaltenen Werte von E_{gl} werden also niedriger sein als die errechneten.

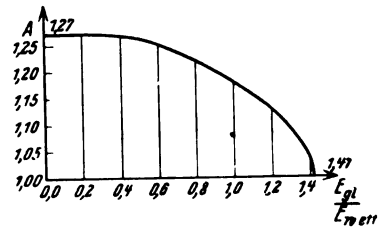


Abb. 8. Faktor A zur Umrechnung von sinusförmiger Wechselspannung in dreieckförmige.

Mittlerer Widerstand R_m der Gleichrichterröhren.

Für die Berechnung der mittels eines Gleichrichters erzielbaren Gleichspannung nach den oben angegebenen Formeln brauchen wir den mittleren Widerstand R_m der verwendeten Gleichrichterröhren. Wir ermitteln ihn aus der Charakteristik nach Abb. 10.

Wenn wir das in Abb. 4 gegebene Bild des Gleichrichtungsvorganges zugrunde legen, dann wird die Charakteristik während des Ladungstoßes von 0 bis e'_{max} ($= e_{w_{max}} - e_{gl}$) hin und zurück durchlaufen. Der zu e'_{max} nach der Charakteristik gehörige Strom sei i'_{max}; wir ziehen durch diesen Strompunkt eine Parallele zur e-Achse und legen eine Gerade OA so durch das zu ersetzende Stück der Charakteristik, daß die überschießenden Flächen gleich den unterschießenden sind. Dann ist b/a der gesuchte mittlere Widerstand R_m. Er gilt nur für das Stück der Charakteristik, für das er ermittelt ist. Wird also in einem anderen Fall ein anderes Stück der Charakteristik durchlaufen, dann muß der zugehörige mittlere Widerstand neu ermittelt werden.

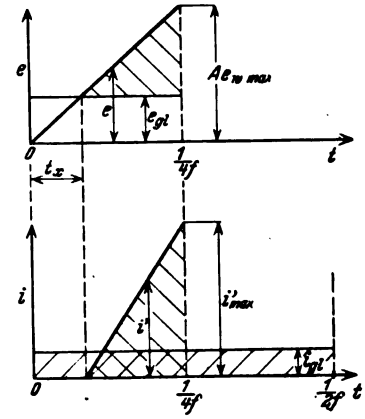


Abb. 9. Viertelperiode der Halbweggleichrichtung bei dreieckförmiger Wechselspannung.

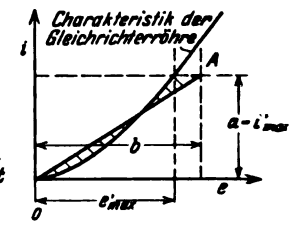


Abb. 10. Mittlerer Widerstand der Gleichrichterröhre.

Kontrollversuche.

Zur Kontrolle der angegebenen Formeln wurden Versuche angestellt, bei denen die bestimmenden Größen bei Benutzung verschiedener Gleichrichterröhren verändert wurden: die der Gleichrichterröhre aufgedrückte Wechselspannung E_w, der ohmsche Widerstand der Wechselstromquelle, die Größe des Ausgleichkondensators C_1, alles bei verschiedenen Gleichstromentnahmen I_{gl}. Es zeigte sich, daß die Formeln die Abhängigkeiten der verschiedenen Größen richtig erfassen, wenn der Ausgleichkondensator groß genug im Verhältnis zur jeweiligen Gleichstromentnahme ist, daß aber durch die Vernachlässigung des induktiven Widerstandes der Wechselstromquelle die Rechnung für E_{gl} einen Wert ergibt, der bis zu 10 % der Wechselspannung E_w zu hoch ist.

Digitized by Google

Das Pumpspeicher-Kraftwerk Niederwartha.

Von **Energieversorgung Groß-Dresden AG**, Dresden.

(Schluß von S. 1031.)

B. Elektrische Anlagen.

1. Aufgabe.

Die Eigenart der beim Pumpspeicher-Kraftwerk vorliegenden elektrotechnischen Aufgabe lag in der Vielgestaltigkeit der Bedürfnisse des Werkes. Diese bestand darin, daß der mit 10 kV in den Generatoren erzeugte Strom einmal in das 100 kV-Netz der Landesversorgung, das andere Mal in das 20 kV-Netz der Dresdner Gas-, Wasser- und Elektrizitätswerke AG. und in einen 20 kV-Teil der Landesversorgung abgegeben werden soll, u. zw. dieses sowohl gleichzeitig und gemeinschaftlich als auch ober- und unterspannungseitig metallisch getrennt hinsichtlich der Gruppen Land und Stadt.

Umgekehrt sollten die Pumpen aus dem 100 kV-Netz und aushilfsweise auch aus dem 20 kV-Netz der Dresdner Gas-, Wasser- und Elektrizitätswerke AG. gespeist werden können. Schließlich sollte bei zeitweiliger Stillsetzung des Pumpspeicher-Kraftwerkes, was elektrowirtschaftlich zu gewissen Zeiten in Erwägung gezogen werden kann, eine unmittelbare Speisung der beiden 20 kV-Netze von der 100 kV-Landesversorgung möglich sein. Alle diese Aufgaben mußten der ganzen Natur der Anlage nach von vornherein für alle möglichen Teilleistungen bis 120 000 kW Generatorenleistung oder 190 400 PS Pumpenkraftbedarf an der Welle im Vollausbau anstandslos vor sich gehen, wobei man sich bewußt sein muß, daß die Pumpen nicht elektrisch regelfähige Maschinen sind. Bedenkt man hierzu, daß sich bei Betrieb des Pumpspeicher-Kraftwerkes täglich die Stromrichtung im 100 kV-Netz umdreht, bezogen auf den Punkt Niederwartha, bedenkt man ferner die immerhin selbst für das Landesnetz beachtliche Größe der Hin- und Herflut elektrischer Energie und berücksichtigt man weiter, daß die Spannungsverhältnisse im 100 kV-Netz durch die Bedürfnisse der Gesamtheit der Abnehmer und die Spannungsverhältnisse in den angeschlossenen 20 kV-Netzen ebenfalls weitgehend festliegen, so wird man verstehen, daß insbesondere die Auslegung der Generatoren und der Umspanner eine überaus sorgfältige Erwägung aller jetzigen und künftigen Betriebsverhältnisse erforderte, um allen Bedürfnissen gerecht zu werden, insbesondere auch ohne besondere und auf jeden Fall kostspielige Regeleinrichtungen aufzustellen.

2. Schaltungsplan.

Die gestellte Aufgabe führte zu dem in Abb. 8 dargestellten Schaltungsplan der gesamten elektrischen Anlage. Diese gliedert sich in ein 100 kV-Schaltwerk, welches der Aktiengesellschaft Sächsische Werke gehört und in unmittelbare Nähe des Pumpspeicher-Kraftwerkes gelegt worden ist, ferner in die Generatoren- und Umspanneranlage, welch letztere entsprechend der vorliegenden Aufgabe mit Dreiwicklungs-Umspannern ausgeführt ist, einer umfangreichen 20 kV-Schaltanlage, die zum größten Teil der Dresdner Gas-, Wasser- und Elektrizitätswerke AG., zum kleinen Teil der Aktiengesellschaft Sächsische Werke gehört und ebenfalls in unmittelbare Nachbarschaft des Pumpspeicher-Kraftwerkes gelegt worden ist, und schließlich aus einer Warte nebst Eigenbedarfsanlage.

Die Eigentumsgrenzen des der Energieversorgung Groß-Dresden AG. gehörenden Pumpspeicher-Kraftwerkes liegen einerseits an den 100 kV-Sammelschienen-Abzweigen, anderseits an den 20 kV-Sammelschienen-Abzweigen der Dreiwicklungs-Umspanner und umfassen weiter den Hausgenerator und anteilig die Warte und Eigenbedarfsanlage. Die außerhalb dieser Grenze liegende 100 kV-Schaltanlage gehört der Aktiengesellschaft Sächsische Werke und die außerhalb liegende 20 kV-Anlage zum größten Teil der Dresdner Gas-, Wasser- und Elektrizitätswerke AG., zu einem geringen Teil ebenfalls der Aktiengesellschaft Sächsische Werke, in beiden Fällen einschließlich anteiligen Warten und Eigenbedarfsanlagen.

Der Schaltungsplan des eigentlichen Pumpspeicher-Kraftwerkes ist so ausgelegt, daß jeder Generator fest mit einem zugehörigen Dreiwicklungs-Umspanner 10/20/100 kV verbunden ist. Nach den sehr guten Erfahrungen, die die Aktiengesellschaft Sächsische Werke mit 100 kV-Umspannern bisher gemacht hat, und in Erwägung dessen, daß Wasserturbinen-Generatoren der vorliegenden Art außerordentlich betriebsicher ausgelegt werden können, ist von jeder Maschinen-Sammelschiene oder Hilfschiene zum Überkreuzfahren zwischen Generatoren und Umspannern im Falle von Schäden an einzelnen Betriebsmitteln abgesehen worden, was eine bedeutende Kostenersparnis zur Folge hatte. Die Anordnung und Planung in allen Teilen ist aber ohne zusätzliche Kosten so getroffen worden, daß an bestimmter Stelle im Krafthaus der spätere Einbau einer 10 kV-Hilfschiene bei Bedarf möglich ist. Die Maschinen sind auf verschiedene Schaltanlagenblocks 100- und 20 kV-seitig derart verteilt, daß die oben erwähnten Bedingungen über gemeinsames und getrenntes Fahren erfüllt werden können. Besondere Spannungs-Regeleinrichtungen sind weder auf der 100 kV- noch auf der 20 kV-Seite vorgesehen worden. Die Anordnung ist aber so getroffen, daß auf der 20 kV-Seite im Bedarfsfalle Zusatzumspanner mit nicht unter Last schaltbaren Anzapfungen bei späterem Bedarf eingebaut werden können.

Den besonderen Wünschen Dresdens folgend wurden die Abzweige an den 20 kV-Sammelschienen so vorgenommen, daß eine Gruppe für die Stadt gebildet ist, an deren Anfang im Zug der Schienen der Verkaufsmeßsatz sitzt, eine Gruppe für Hauptumspanner und Eigenbedarf und schließlich durch Längstrennschalter abtrennbar eine Gruppe für die Aktiengesellschaft Sächsische Werke, wobei eine Ringschließungsmöglichkeit für Störungsfälle besteht.

Der Eigenbedarf des Werkes kann sowohl von einer Hausmaschine als auch über die 20 kV-Seite von den Generatoren oder dem 100 kV-Netz über besondere Dreiwicklungs-Umspanner gedeckt werden. Dabei ist sowohl die 6 kV-Werkanlage wie die 380/220 V-Eigenbedarfsanlage in je zwei Abschnitten geschaltet, die jeder für sich von einem der beiden Dreiwicklungs-Werkumspanner gespeist werden.

3. Gesamtanordnung.

Die Gesamtanordnung der elektrischen Anlage geht aus Abb. 9 hervor. Sie ist grundlegend beeinflußt durch die Tatsache, daß aus später noch zu erläuternden Erwägungen heraus die 100 kV-Anlage als Freiluftanlage, die 20 kV-Schaltanlage als umbaute Anlage errichtet worden sind. 20 kV-Anlage und Warte nebst Eigenbedarfsanlage sind in einem Gebäude vereinigt und liegen unmittelbar neben der 100 kV-Anlage, während zwischen dem Wartengebäude und dem Krafthaus ein Hofraum von immerhin beachtlicher Größe vorgesehen worden ist. Dies ist trotz der damit entstehenden längeren Kabelverbindungen zwischen Generatoren und Umspannern geschehen, um sich einen hinreichenden Zugang zu dem Gelände hinter der 100 kV-Anlage entlang dem unteren Becken zu sichern, auf welchen Flächen nach der Sachlage allein weitere Stromversorgungs- oder Stromabnehmeranlagen unterzubringen waren, mit denen bei der Leistungsgröße des Werkes für die Zukunft vorsorglich gerechnet werden muß.

4. Generatoren.

Der Auslegung der Generatoren und Umspanner bei den Fabrikationsfirmen mußten in diesem Falle durch uns besonders eingehende Erwägungen und Rechnungen über die künftigen Wirk- und Blindleistungs- und Spannungsverteilungen im 100 kV- und 20 kV-Netz vorausgehen. Es mußten dabei infolge der Eigenart der Betriebsweise eines derartigen Pumpspeicher-Kraftwerkes die verschiedensten Fälle berücksichtigt werden, insbesondere um befriedigendes Arbeiten der Anlage sicherzustellen, ohne zusätzliche und teuere Regeleinrichtungen einbauen zu müssen. Dies ist gelungen und die Auslegung, die sich dabei für die Generatoren ergeben hat, ist die folgende:

Als Generator (Turbinenbetrieb)
Nennleistung 21 500 kVA ~ 15 000 kW bei $\cos\varphi = 0{,}7$,
Nennspannung 10 000 V,
Spannungsregelbereich 9000/11 000 V,
Nennstrom 1240 A,
dauernd überlastbar auf 1412 A,
Wirkungsgrad bei 21 500 kVA, 10 000 V und
$\cos\varphi = 1$ etwa 97.5 %,
$\cos\varphi = 0{,}7$ etwa 96,0 %.

Digitized by Google

Als Motor (Pumpbetrieb)
Nennleistung an der Welle 21 500 kW (29 200 PS),
Leistungsfaktor cos φ = 1,
Nennspannung 10 000 V,
zulässige Spannungschwankungen 9000/11 000 V,
dauernd belastbar mit 21 500 kW an der Welle bei 9000 V und cos φ = 1,
Wirkungsgrad bei 21 500 kW an der Welle, 9000 V und cos φ = 1 etwa 97,5 %,
Betriebsdrehzahl 375 U/min,
zulässige Durchgangsdrehzahl 710 U/min,
Schwungmoment 700 tm².

Hierzu sei erläutert, daß sich die Leistungsbemessung der Maschinen aus den Pumpbedürfnissen ergeben hat. Eine Regelung der Aufnahmeleistung der Pumpen ist wirtschaftlich nicht möglich, und es war daher notwendig, die Motoren so zu bemessen, daß sie die erforderliche Antriebsleistung nachts, also bei tiefster Spannung (9000 V und cos φ ≈ 1) liefern können. Diese gestattete gleichzeitig als Generator die über die Nennleistung hinausgehende Dauerbelastung von 26 875 kV A, das sind bei der aus den Netzverhältnissen nötigen höchsten Abgabespannung von 11 000 V 18 750 kW bei tiefstem cos φ, nämlich 0,7. Diese Leistung geben die Wasserturbinen tatsächlich her.

Bei den Generatoren bzw. Motoren mußte weiterhin im Hinblick auf die Erfahrungen mit Netzen die Frage entschieden werden, ob Synchronmaschinen oder Asynchronmaschinen angewendet werden sollten. Der Nachteil der Synchronmaschinen liegt in dem leichteren Außertrittfallen bei Spannungsenkungen, wie sie bei Kurzschlüssen im Netz auftreten. Man hätte deshalb am liebsten Asynchronmaschinen angewendet; diese hätten aber im Hinblick auf die erwünschte Blindlastabgabe bei Generatorbetrieb mit Drehstrom-Erregermaschinen ausgeführt werden müssen. Man hätte sich trotz des hierfür erforderlichen Mehrpreises für diese entschieden, wenn bereits über Maschinen derartiger Größe mit Drehstrom-Erregermaschinen ausreichende Erfahrungen vorgelegen hätten. Da dies nicht der Fall war, mußte man zu Synchronmaschinen greifen.

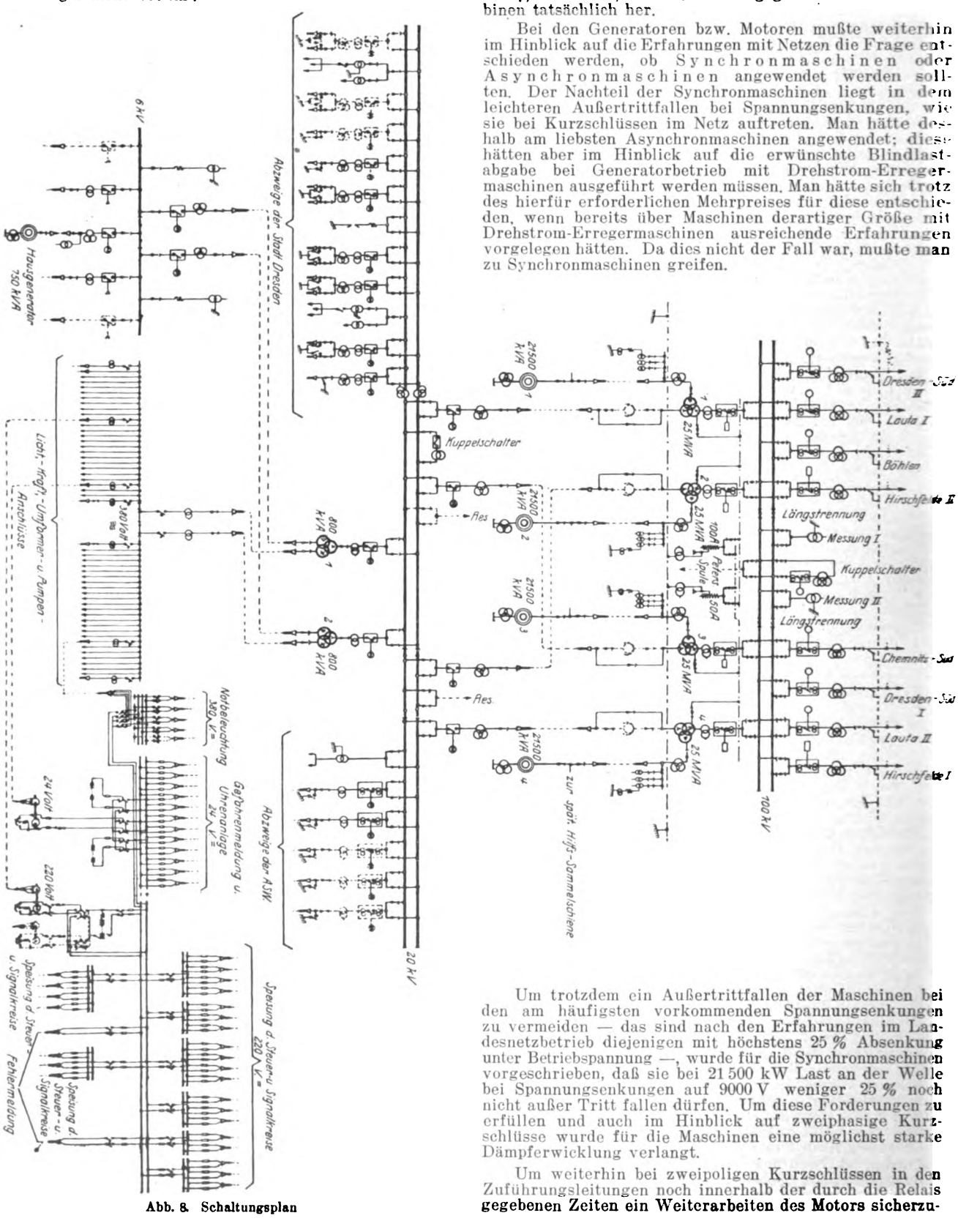


Abb. 8. Schaltungsplan

Um trotzdem ein Außertrittfallen der Maschinen bei den am häufigsten vorkommenden Spannungsenkungen zu vermeiden — das sind nach den Erfahrungen im Landesnetzbetrieb diejenigen mit höchstens 25 % Absenkung unter Betriebspannung —, wurde für die Synchronmaschinen vorgeschrieben, daß sie bei 21 500 kW Last an der Welle bei Spannungsenkungen auf 9000 V weniger 25 % noch nicht außer Tritt fallen dürfen. Um diese Forderungen zu erfüllen und auch im Hinblick auf zweiphasige Kurzschlüsse wurde für die Maschinen eine möglichst starke Dämpferwicklung verlangt.

Um weiterhin bei zweipoligen Kurzschlüssen in den Zuführungsleitungen noch innerhalb der durch die Relais gegebenen Zeiten ein Weiterarbeiten des Motors sicherzu-

Digitized by Google

stellen, wurde festgelegt, daß der Motor bei zweipoligem Kurzschluß in den Zuführungsleitungen ein Drehmoment von 85 % des normalen Drehmomentes 20 s lang entwickeln kann, wobei eine höchste Auslösezeit der Relais von 10 s und eine zusätzliche Sicherheit von 10 s zugrundegelegt wurde. Schließlich sind die Maschinen so bemessen worden, daß ein Frequenzanlauf bei einem Drittel des Vollastdrehmomentes stattfinden kann.

Der Stoßkurzschlußstrom wurde nach den R.E.M. vorgeschrieben, für den dreipoligen Dauerkurzschlußstrom wurde höchstens der 2,2fache Wert des Nennstromes bei voller Auslegung festgelegt.

Stromaufnahme unmittelbar mit Maschinenspannung nicht vorlagen. Zur Wahl standen deshalb 6 oder 10 kV. Man entschied sich für 10 kV, u. zw. weil diese Spannung als Maschinenspannung vollkommen beherrschbar ist, die Kosten der immerhin umfangreichen Kabelverbindung zwischen den Maschinen und den zugehörigen Umspannern niedriger wurden, die Maschinen kurzschlußfester gemacht werden konnten und man schließlich auch noch eine Herabsetzung der Kurzschlußstromstärke erzielt, die bei etwaiger späterer Errichtung einer Maschinen-Hilfsammelschienen-Anlage wertvoll sein würde.

Für die Maschinen wurde Frischluftbelüftung gewählt, da, wie es bei Wasserkraftanlagen meist der Fall ist, saubere Kühlluft zur Verfügung steht. Hinsichtlich der Löschung von Generatorbränden entschied man sich für Kohlensäurelöschung. Die Kohlensäureflaschen sind unter den Generatorfundamenten aufgestellt und können von der Bedienung unter Absperrung der Frisch- und Abluftkanäle im Gefahrfalle abgeblasen werden.

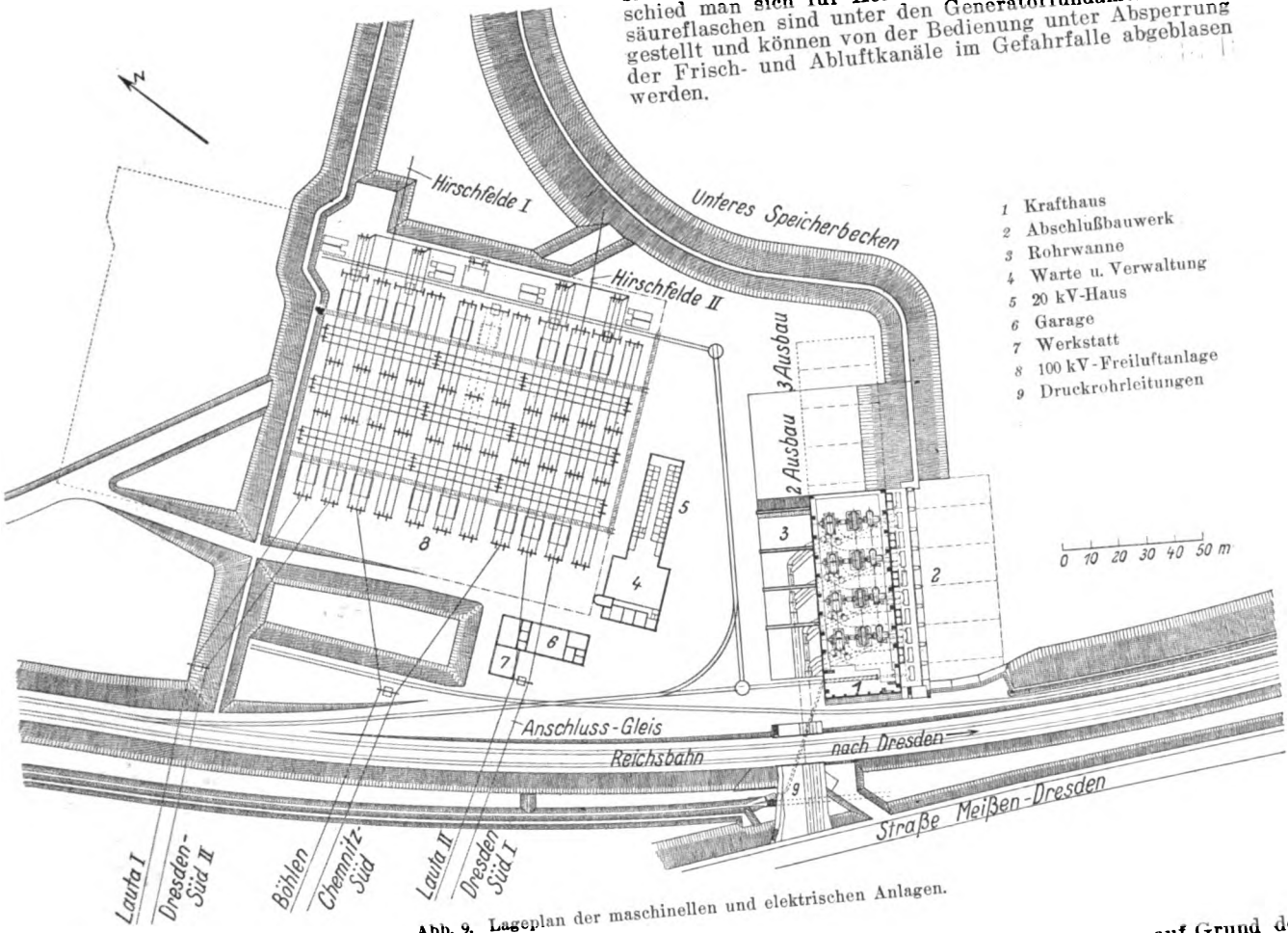


Abb. 9. Lageplan der maschinellen und elektrischen Anlagen.

Im Hinblick auf die dem Generatorschutz zugrundeliegenden Gesichtspunkte sind die Maschinen fernerhin so ausgelegt worden, daß sie einen zwei- und dreipoligen Kurzschluß vom 2,5fachen Betrag des Nennstromes 1 min lang im Anschluß an den Dauerbetrieb aushalten können. Hierdurch kann man nämlich nach den Erfahrungen der Landesversorgung die Generatorrelais so einstellen, daß man bei großen Überlastungen hinreichend Zeit hat, um unter Vermeidung der immer unerwünschten selbsttätigen Abschaltung die Maschinen mit Hand außer Betrieb setzen zu können, was nach den Erfahrungen bei 1 min als gesichert gelten kann.

Mit Rücksicht auf den Netzbetrieb und die angeschlossenen Abnehmer wurde bei der Auslegung der Maschinen weiterhin besonderer Wert auf die Spannungskurve gelegt. Es wurde deshalb über die Mindestanforderungen der R.E.M. hinausgegangen und vorgeschrieben, daß bei 11 kV und Leerlauf und ferner bei 11 kV und rein induktionsfreier Belastung in Höhe der Nennleistung keiner der Augenblickswerte der Spannungskurven vom Augenblickswerte gleicher Phase der Grundwelle (1. Harmonische) um mehr als 2 % (nach R.E.M. 5 %) des Grundwellenscheitels abweichen darf, d. h. die Spannungskurve praktisch rein sinusförmig sein muß.

Was die Maschinenspannung anbelangt, so war man in der Wahl derselben insofern frei, als nach den vorliegenden Verhältnissen eine Stromlieferung oder eine

Schließlich wurden die Generatoren auf Grund der Erfahrungen der Landesversorgung mit Temperaturmessung im Nutengrund und in der Mitte der Nut und mit zugehöriger Registriereinrichtung ausgerüstet. Hierbei wurden, um ein Übertreten der Hochspannung bei einem Durchschlag in der Nut in der Warte zu vermeiden, noch besondere Isoliertransformatoren vorgesehen.

Hinsichtlich der Haupt- und Hilfserregermaschinen wurde die Frage besonders untersucht, ob und wie bei plötzlichen Spannungsenkungen im Netz ein einwandfreies Stabilbleiben der Maschinen erreicht werden könnte. Es zeigte sich dabei, daß dies mit billigen Mitteln nicht erreichbar war. Man beschränkte sich daher darauf, die Einbaumöglichkeit größerer Haupt- und Hilfserregermaschinen vorzusehen.

Eine ganz besondere Sorgfalt haben wir auf die Auslegung des Generatorschutzes gelegt, u. zw. wurden dieser die vieljährigen, planmäßig gesammelten Erfahrungen im Landesnetz zugrundegelegt. Wir sind hierbei auf folgenden Umfang der Schutzeinrichtungen gekommen: Überstrommeldung, Überstromschutz, Differentialschutz und Gestellschlußschutz. Von einem Windungsschlußschutz haben wir vorläufig abgesehen, obwohl eine Mehrleiterwicklung vorliegt, weil die Kosten hierfür verhältnismäßig hoch sind; er kann aber jederzeit eingebaut werden, zumal der Nullpunkt des Generators bereits für den Differentialschutz herausgeführt ist.

Digitized by Google

Überstrommeldung und Überstromschutz gehen von dem Bestreben aus, ein unerwünschtes Ausschalten der Maschinen bei außenliegenden Kurzschlüssen sicher zu vermeiden und dabei alle anderen betriebsmäßig vorkommenden Fälle zu berücksichtigen. Für betriebsmäßige Überlastungen hat man sich daher auf eine Überstrommeldung beschränkt, die aus drei Überstromrelais und einem Zeitrelais besteht. Die Stromeinstellung beträgt 1440 A, entsprechend 1,16 × Nennstrom (1240 A) oder 1,02 mal höchstzulässiger Dauerstrom (1412 A). Das Zeitrelais ist auf 2 s eingestellt. Die Verzögerung wurde vorgesehen, damit nicht die Überstrommeldung bei jedem Stromstoß im Netz anspricht. Die Überstrommeldung betätigt ein Signal (Klingel), eine Fallklappe und eine Stoppuhr. Jede Maschine hat ihre eigene Stoppuhr.

Der Überstromschutz umfaßt zwei Gruppen von Vorkommnissen, einmal höhere Überlastungen infolge besonderer Vorkommnisse einschließlich fernabliegender Kurzschlüsse (hier treten niedrigere Ströme ein und man kann mit längeren Zeiten arbeiten) und ferner Kurzschlußvorgänge mit hohen Kurzschlußströmen, also naheliegenden Kurzschlüssen, wobei man niedrigere Zeiten benötigt. Demgemäß besteht der Überstromschutz aus zwei Sätzen von je drei Überstromrelais und zwei Zeitrelais. Der erste Satz ist wie folgt eingestellt:

210 A entsprechend 1,69 × Nennstrom,
1. Zeitrelais 30 s,
2. Zeitrelais 34 s.

Das erste Relais betätigt Signal, Fallklappe und die Feldschwächung. Ist nach Betätigung der Feldschwächung der Überstrom nicht verschwunden, so werden durch das zweite Zeitrelais 100 kV- und 20 kV-Ölschalter zur Auslösung gebracht.

Der zweite Satz ist auf höheren Strom, dafür aber auf kürzere Zeit eingestellt, u. zw. wie folgt:

2600 A entsprechend 2,1 × Nennstrom,
1. Zeitrelais 8 s,
2. Zeitrelais 9,5 s.

Die Tätigkeit der Zeitrelais ist die gleiche wie beim ersten Satz.

Als Fehlerschutz des Generators für zwei- und dreipolige Kurzschlüsse, nicht aber für Windungs- oder Erdschlüsse dient der Differentialschutz. Er besteht aus drei Differentialrelais (Stromrelais für Einstellbereich 0,5 ... 2 A) und einem Zeitrelais. Der Differentialschutz ist auf 240 A entsprechend 0,19 × Normalstrom eingestellt, das zugehörige Zeitrelais auf 0,9 s. Der Differentialschutz betätigt Feldschwächung, Ölschalter 100 kV- und 20 kV-seitig und die Brandlöscheinrichtung, wenn diese eingebaut ist, weiter Signal und Fallklappe.

Die Wandler für den Differentialschutz sind in dem aufgelösten Nullpunkt der Generatoren und direkt vor den Umspannern eingebaut, so daß außer den Generatoren auch die Meßwandler und Kabel geschützt werden.

Dem Schutz des Generators gegen Erdschlüsse dient der Gestellschlußschutz. Er besteht aus einem Widerstand, der zur Erreichung eines Schutzes bis zum Nullpunkt der Wicklung an eine Spezialdrossel (Drossel mit verschobenem Nullpunkt) und Erde angeschlossen ist. An einem Stromwandler in der Erdschlußleitung mit dem Übersetzungsverhältnis 7/10 A ist ein Relais angeschlossen mit einem Einstellbereich von 0,3 ... 0,6 A. Das Relais des Gestellschlußschutzes betätigt die Ölschalter 100 kV- und 20 kV-seitig, Feldschwächung und Brandlöscheinrichtung sowie weiter noch Signal und Fallklappe.

Die 10 kV-Wandler für den Erdschlußschutz wurden mangels eines geeigneten Platzes unter den Generatoren in der Freiluftanlage neben den Umspannern eingefügt, wobei auf besonders reichliche Spannungsabstände und hohe Prüfspannung des Porzellans Wert gelegt wurde.

Für die Feldschwächung wurde nach genauerem Studium die Entregungseinrichtung der AEG gewählt.

5. Umspanner.

Unmittelbar mit den Maschinen verbunden sind die jeder Maschine zugeordneten Umspanner. Im ersten Ausbau sind vier Dreiwicklungs-Umspanner mit folgenden Abmessungen vorgesehen:

Leistung kVA	21 500 /	25 000 /	25 000
Übersetzung kV	10,5 /	114 /	24,2
Kurzschlußspannung bei	10,5/114	10,5/24,2	114/24,2
	11,5	8	13,0%.

Wie zu ersehen ist, ist die Leistung der 100 kV- und 20 kV-Wicklung größer als die der 10 kV-Wicklung. Sie ergab sich aus dem Bedürfnis, daß außer der Maschinenleistung bei Pumpbetrieb von 21 500 kVA noch 3500 kVA als Nachtlast an das Netz der Dresdner Gas-, Wasser- und Elektrizitätswerke AG. abgegeben werden sollen. Die Auslegung erfolgte weiterhin in Übereinstimmung mit der Bemessung der Maschinen so, daß die volle Leistung auch bei niedrigster Maschinenspannung, nämlich 9 kV, abgegeben werden kann, wobei auch in diesem Fall die Höchsttemperatur der Umspanner laut VDE-Vorschriften eingehalten werden muß.

Weiterhin wurde, um die vergleichsweise hohen Kurzschlußleistungen des Landesnetzes von dem 10 kV- und besonders vom 20 kV-Stadtnetz möglichst fernzuhalten, auf eine möglichst hohe Bemessung der Kurzschlußspannung in den Übersetzungen 100/10 und 100/20 Wert gelegt. Dieser Bemessung waren aber gewisse Grenzen durch die Spannungsverhältnisse, also die Leerlauf-Übersetzungsverhältnisse gesetzt. Die Ermittlung der Leerlauf-Übersetzungsverhältnisse erforderte sehr sorgfältige

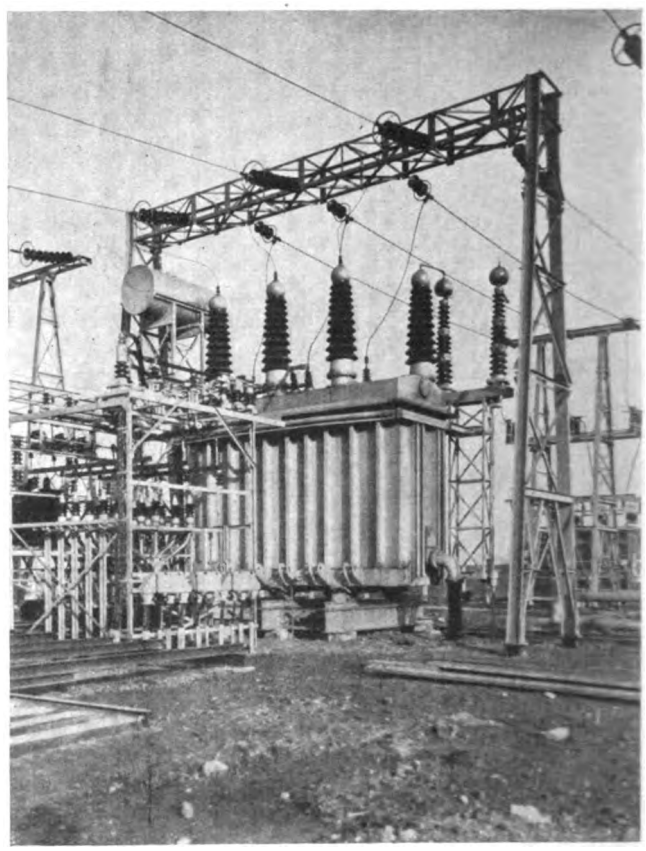


Abb. 10. Dreiwicklungs-Umspanner.

Überlegungen. Für die Festlegung war der Betrieb von 10 kV auf 20 kV besonders maßgebend, wobei die Bedingung, daß im Aushilfsfall auch von 100 kV auf 20 kV direkt gespeist werden muß, die Aufgabe erschwerte. Um beim gleichen Umspanner für die Zukunft sogar in jeder Tag- und Nachtzeit einen gleichzeitigen Betrieb zwischen 100, 10 und 20 kV zu ermöglichen, ist die spätere Einbaumöglichkeit von Zusatzumspannern für die 20 kV-Seite in der Freiluftanlage vorgesehen.

Als Schaltart der Umspanner beim Betrieb zwischen den Netzen, also 100/20 kV, wurde wie üblich Stern-Stern-Schaltung (VDE-Gruppe A 2) gewählt, während für den Betrieb zwischen Netzen und Maschine, also 100/10/20 kV, Dreieckschaltung der Wicklung (VDE-Gruppe C 2) vorgesehen wurde, um unsymmetrische Belastungen für die Maschinen besser zu verteilen. Dabei sind die Nullpunkte der 100 kV- und 20 kV-Wicklungen isoliert über den Deckel herausgeführt. Der 100 kV-Nullpunkt ist über Petersen-Spulen von 50 A und 100 A Leistung geerdet, die Herausführung des 20 kV-Nullpunktes ist vorsorglich geschehen, um später auch 20 kV-seitig Erdschlußlöschung anschließen zu können. Zur Zeit ist

Digitized by Google

an dem 20 kV-Nullpunkt kein Anschluß vorhanden. Ferner sind von einem Dreieckspunkt der Umspannerwicklung beide Wicklungsenden herausgeführt, um gegebenenfalls in die Dreieckschaltung Schutz- und Meßeinrichtungen schalten zu können. Trotzdem die Umspanner eine Modelleistung von etwa 35 000 kVA haben, ist es den Firmen gelungen, sie als Dreischenkel-Umspanner auszuführen.

Auch bei den Umspannern ist besonders auf die Reinhaltung der Spannungskurve, insbesondere betr. der 5. Harmonischen, Wert gelegt. Es ist deshalb mit Rücksicht auf die Erdschluß-Löscheinrichtungen und auf funkenfreien Lauf angeschlossener Umformer, den Erfahrungen des Landesnetzes folgend, die Eisensättigung der Umspanner auf den vergleichsweise niedrigen Betrag von 12 400 Linien/cm² bei 10 500 V festgelegt und der Magnetisierungstrom bei dieser Spannung auf 4,2 % bei einer Toleranz von ± 10 % begrenzt worden, wobei bei sinusförmiger Magnetisierungsspannung folgende Werte eingehalten werden müssen:

die 3. Harmonische	1,8 % ± 15 %	des Effektivwertes des Magnetisierungsstromes.
die 5. Harmonische	11,6 % ± 15 %	
die 7. Harmonische	3,0 % ± 15 %	
die 9. Harmonische	0,4 % ± 15 %	
die 11. Harmonische	0,7 % ± 15 %	

Weiterhin wurden auf Grund der Erfahrungen beim Landesnetzbetrieb die Prüfspannungen für die Umspanner etwas über die Mindestzahlen der R.E.T., u. zw. wie folgt festgelegt:

Spannung in kV	114	24,2	10,5
Prüfspannung der Wicklung in kV	250	70	40
Prüfspannung der Durchführungen in kV	280	90	60.

Die Prüfspannung der Durchführungen gilt auch unter senkrecht und unter 45° einfallendem Regen von einer Niederschlagsmenge von 3 mm/min und einer Leitfähigkeit von 100 mS. Die Umspanner haben Frischwasser-Ölkühlung, u. zw. ist zur Vermeidung kostspieliger Reserven jede Kühlanlage in zwei getrennte Teile zerlegt, deren jeder für zwei Drittel der Umspannerleistung ausreicht, so daß bei Ausfall eines Teiles der Kühlanlage die Umspanneranlage wenigstens mit dieser Leistung im Betrieb bleiben kann. Im übrigen sind die Umspanner mit den üblichen Überwachungs- und Gefahrenmelder-Anlagen ausgerüstet worden.

Auch der Umspannerschutz erforderte in diesem Falle besondere Überlegungen, einmal weil eine regelmäßige Umkehr der Leistungsrichtung vorliegt und weiterhin Rücksicht auf den gleichzeitigen 100 kV- und 20 kV-Betrieb bei den Generatoren genommen werden

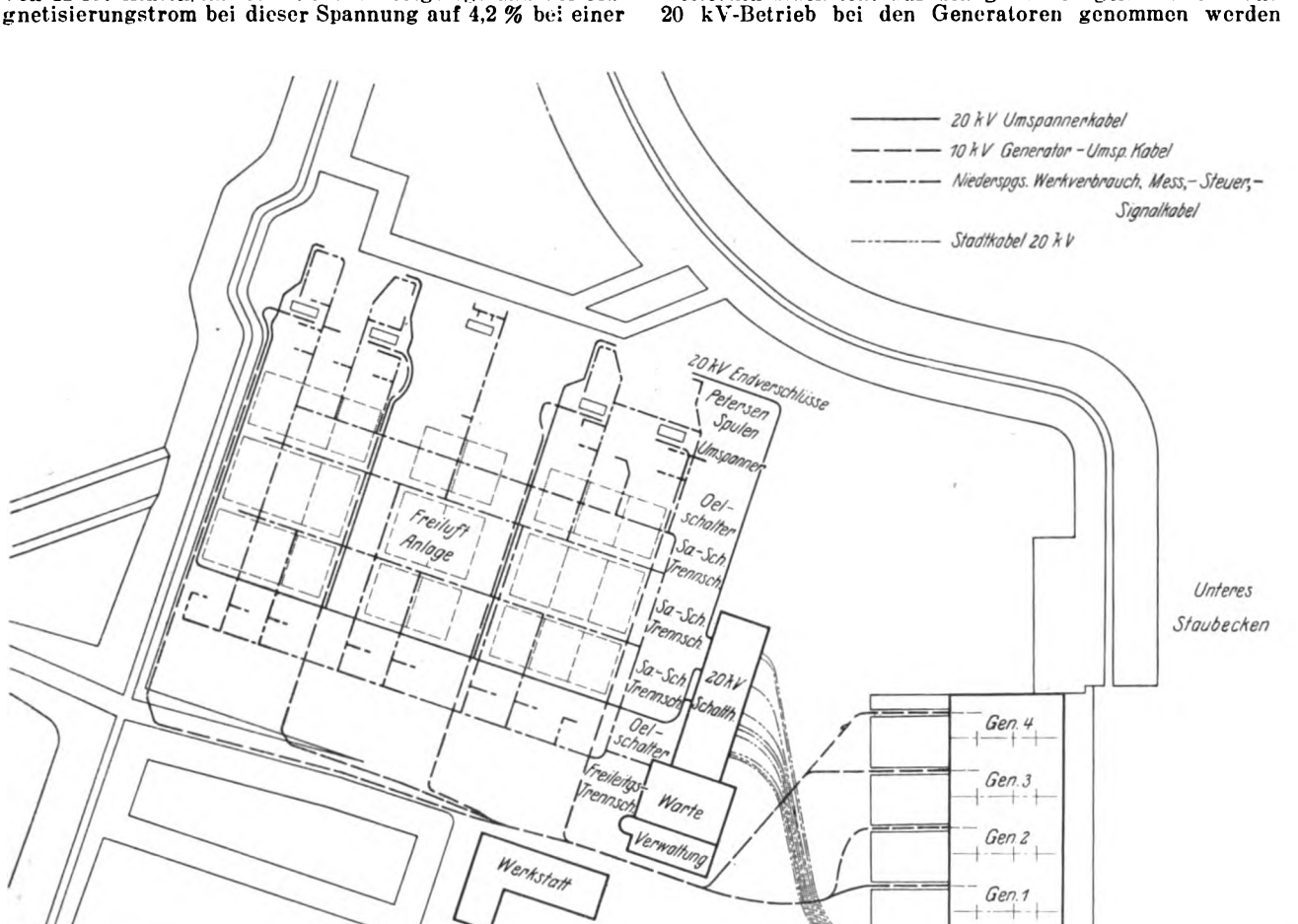


Abb. 11. Kabelanlage.

mußte und hierbei die besondere Bedingung vorlag, daß bei Kurzschluß in Richtung der 100 kV-Seite der Generatorschutz allein wirken soll.

Demgemäß setzt sich der Umspannerschutz aus je 3 Überstromrelais, 1 Leistungsrichtungsrelais und 2 Zeitrelais am 100 kV- und 20 kV-Abzweig zusammen. Die Einstellung der 100 kV-Relais beträgt 240 A entsprechend 2,1 × Normalstrom, die der 20 kV-Relais 960 A entsprechend 1,8 I_n. Bei Störungen auf der 100 kV-Seite jenseits des Abzweiges tritt durch den Schutz keine Auslösung ein. In diesem Fall bleibt die Abschaltung dem Generatorschutz vorbehalten; der 20 kV-Schutz kann hierbei nach 7 s auslösen. Liegt der Fehler innerhalb des Bereiches der 100 kV- bis 20 kV-Stromwandler, so erfolgt die Abschaltung durch den 100 kV-seitigen Schutz in 4 s, durch den 20 kV-seitigen Schutz in 3 s. Liegt die Störung auf der 20 kV-Seite jenseits der 20 kV-Stromwandler, so können die 20 kV-Relais in 7 s den Schalter zur Auslösung bringen, die

Digitized by Google

100 kV-Relais in 9 s. Der 100 kV-Schutz betätigt nur den 100 kV-Ölschalter, der 20 kV-Schutz nur den 20 kV-Ölschalter.

Ein Spannungsteigerungsschutz ist nicht vorgesehen. Dafür findet eine laufende Einregelung der Spannung durch Tirrill-Schnellregler statt.

6. Generator-Umspanner-Kabelanlage.

Bei der bereits erwähnten räumlichen Entfernung der Umspanner von den Maschinen bekam die zugehörige Kabelanlage eine ganz besondere technische und wirtschaftliche Bedeutung, die umfangreiche Erörterungen von uns erforderte. Da eine blanke Verbindung beim ersten Ausbau bei den räumlichen Verhältnissen nicht in Frage kommen konnte, wurden folgende Kabelbauarten in den Kreis der Erwägung gezogen: normale Dreifachkabel, verseilte Freifachkabel, Höchstädter-Kabel und Einleiterkabel. Die Wahl fiel auf Höchstädter-Kabel wegen ihrer günstigen elektrischen Eigenschaften und des durch die zulässige hohe Strombelastung erzielbaren vergleichsweise günstigeren Kostenaufwandes. Normale Dreifachkabel erwiesen sich als zu teuer, bei verseilten Dreifachkabeln erwiesen sich die Korrosionsgefahr bei den Bleimänteln bzw. die Nachteile eines Korrosionschutzes als hinderlich; das gleiche gilt für die Einleiterkabel, bei welchen außerdem noch die große Zahl der erforderlichen Kabel gegen die Anwendung sprach.

Die in Frage kommende Dauerkurzschlußstromstärke von 13 ... 14 000 A ergab einen zulässigen Mindestquerschnitt von etwa 200 mm², so daß auf jede Verbindung fünf Kabel von 240 mm² Kupferquerschnitt zur Auslegung kamen.

Das von den Kabeln zu durchquerende Gelände: Krafthaus, Rohrwanne, Werkshof und aufgeschüttete Freiluftanlage, führte zu einer Ausrüstung mit Flachdrahtarmierung. Da die Kabel im Krafthaus entjutet werden, wurde eine Gegenspirale vorgesehen, die Rohrwanne wurde mit einer Brücke (für jeden Generator) überkreuzt, die Kabel wurden direkt im Erdboden in eingebrachtem Sande verlegt und mit Ziegelsteinen abgedeckt. An Kreuzungen mit Gleisen oder anderen Kabeln wurden Stahlrohre verwendet.

Besondere Sorgfalt wurde auf die Anordnung der Endverschlüsse auf der 10 kV- und 20 kV-Seite an den Umspannern gelegt, was aus Abb. 10 ersichtlich ist. Die Kabel werden dabei durch eine die Flachdrahtarmierung haltende Klemmvorrichtung abgefangen. Bei den Spreizkopf-Endverschlüssen, den Abständen und der Porzellanbemessung wurde auf besonders große Spannungsabstände gesehen.

Um bei den auch sonst noch sehr zahlreichen Meß-, Signal- und Betätigungskabeln jede Kabelkreuzung und eine Unterbringung von Kabeln in Freilufträumen, die Spannung enthalten, zu vermeiden, wurde eine räumlich getrennte Führung der verschiedenen Kabelgruppen vorgesehen, wie sie aus Abb. 11 ersichtlich ist. Von dem Umfang der Kabelanlage vermittelt Abb. 12, die nur eine solche Gruppe zeigt, eine Vorstellung.

7. 100 kV-Schaltanlage.

Über die in Verbindung mit dem Pumpspeicher-Kraftwerk und räumlich neben diesem erbaute 100 kV-Freiluftanlage der Aktiengesellschaft Sächsische Werke soll in diesem Zusammenhang nur ganz kurz folgendes berichtet werden. Es sind technische und wirtschaftliche Vergleiche zwischen einer umbauten Ausführung und einer Freiluftausführung angestellt worden, die zugunsten der Freiluftanlage ausfielen. Da die räumlichen Verhältnisse vergleichsweise beschränkt waren und der Baugrund für die Anlage mit verfügbar werdenden Massen 5 m hoch aufgeschüttet werden mußte, so wurden weiterhin Vergleiche zwischen der durch die Aktiengesellschaft Sächsische Werke entwickelten Flachbauweise[5] und der sogenannten Mittelbauart angestellt. Da letztere Bauart hierbei nur ganz unbedeutende Ersparnisse ergab, aber anderseits eine Anzahl Vorzüge der Flachbauweise verloren gingen, auf die Wert zu legen war, so fiel die Wahl schließlich zugunsten einer Flachbauweise aus, die in folgenden Punkten sich der Mittelbauart näherte. Es wurden nämlich die 100 kV-Längstrennschalter zur Erzielung einer in diesem Falle wertvollen Platzersparnis halbhoch gesetzt, das gleiche geschah auch mit sämtlichen Freileitungs-Trennschaltern, die ja nicht betriebsmäßig, sondern nur im Unterhaltungsfalle bedient werden, um für die Durchführung der in diesem Falle ganz ungewöhnlich zahlreichen Kabel genug spannungsfreien Raum zu erlangen. Einen Einblick in die umfangreiche Anlage gewährt Abb. 13. Im übrigen war noch hinsichtlich der Gründung der einzelnen Teile auf die Tatsache der Aufschüttung Rücksicht zu nehmen. Auf diese Einzelheiten soll hier nicht eingegangen werden.

[5] ETZ 1926, S. 496.

8. 20 kV-Schaltanlage.

Auch über die in Verbindung mit dem Pumpspeicher-Kraftwerk und räumlich neben diesem, hauptsächlich von der Dresdner Gas-, Wasser- und Elektrizitätswerke AG. errichtete 20 kV-Schaltanlage soll in diesem Zusammenhang nur in großen Zügen berichtet werden. Da die Dresdner Gas-, Wasser- und Elektrizitätswerke AG. das Pumpspeicher-Kraftwerk wegen seiner jederzeitigen Betriebsbereitschaft und der räumlich günstigen Lage zu ihrem Versorgungsgebiet auch zur Augenblicksaushilfe benutzen will, demgemäß von vornherein gewillt war, die nötige Verbindung des Werkes mit dem Stadtnetz durch

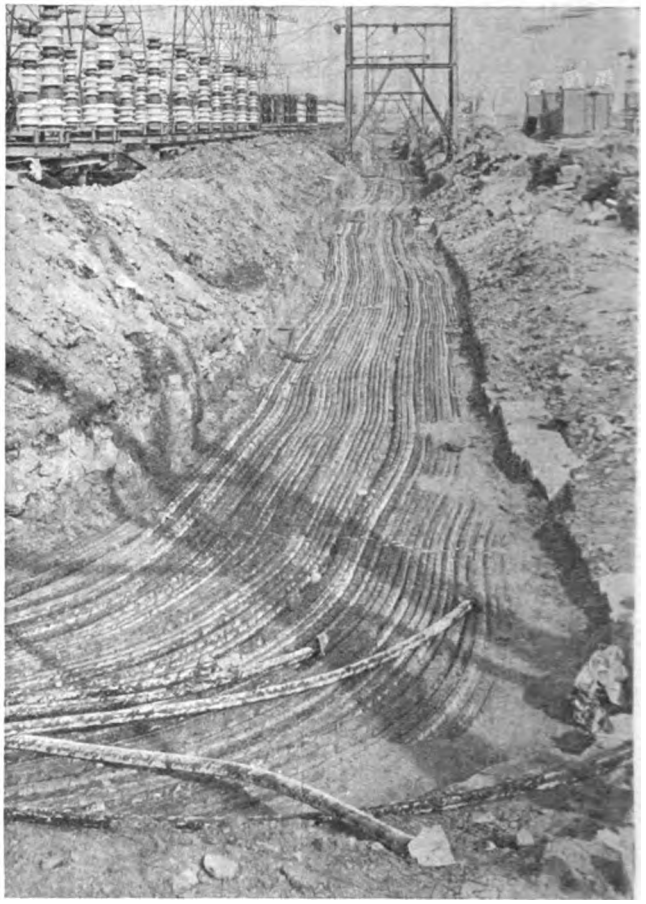


Abb. 12. Kabelführung im Zug einer 100 kV-Sammelschiene.

Kabel vorzunehmen, so war auch von vornherein gegeben, die zugehörige 20 kV-Anlage einmal als umbaute Anlage auszuführen und weiterhin ihre ganze Gliederung nach dem Gesichtspunkt ganz besonderer Sicherheit vorzunehmen. Die Ausführung ist aus Abb. 14 ersichtlich. Sie ist gekennzeichnet durch völlig rauchsicheren Abschluß des Sammelschienen- und Bedienungsraumes von allen Ölschalter-, Spannungswandler- und Werkumspannerzellen und sogar von den Räumen, in denen die Kabelendverschlüsse untergebracht sind. Die Grundrißeinteilung des Werkes ist durch die oben beim Schaltungsplan erläuterten Gesichtspunkte bestimmt worden. Eine weitere Erhöhung des Betriebsicherheitsgrades ist dadurch erzielt worden, daß das gesamte Hochspannungsmaterial nach VDE-Reihe 30 beschafft worden ist.

9. Warte und Eigenbedarfsanlage.

Ist schon die Warte bei einem Kraftwerk von überwiegender Bedeutung, so muß dies nach unseren Erfahrungen bei der vorliegenden Planung erst recht von der Warte eines Pumpspeicher-Kraftwerkes gesagt werden. Die Vielteiligkeit und die weitgehende räumliche Trennung der

Digitized by Google

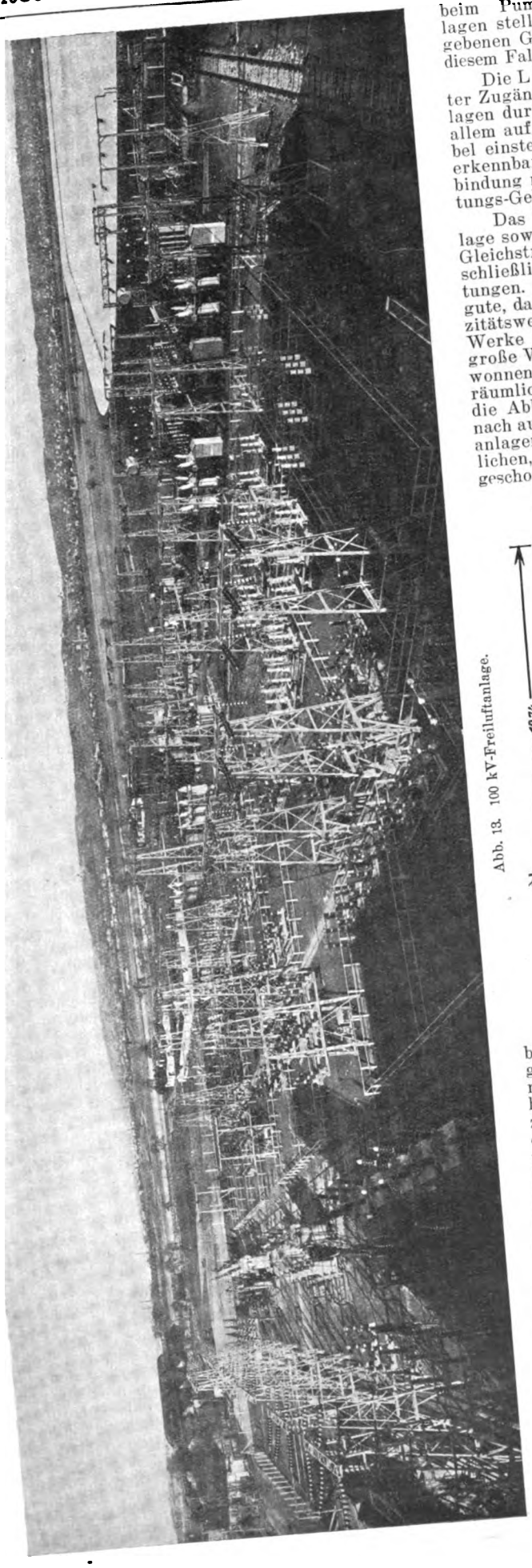


Abb. 13. 100 kV-Freiluftanlage.

beim Pumpspeicher-Kraftwerk zusammengelegten Anlagen stellte, wie auch ein Blick auf den oben wiedergegebenen Gesamtschaltungsplan (Abb. 8) erkennen läßt, in diesem Falle außergewöhnliche Anforderungen an die Warte.

Die Lage mußte sich neben den Erfordernissen leichter Zugänglichkeit aller maschinellen und elektrischen Anlagen durch die Betriebsleitung von der Warte aus vor allem auf ein Minimum der Gesamtaufwendungen für Kabel einstellen. So fand die Warte die im Lageplan Abb. 9 erkennbare Stelle und ihre unmittelbare räumliche Verbindung mit 20 kV-Schaltanlage und dem Betriebsverwaltungs-Gebäudeteil.

Das Wartengebäude enthält die 6 kV-Eigenbedarfsanlage sowie die 380/220 V-Drehstrom- und 220 V- und 24 V-Gleichstrom-Eigenbedarfsanlage, die gesamten Relais und schließlich die gesamten Steuer-, Meß- und Signaleinrichtungen. Bei unseren umfangreichen Vorplanungen kam zugute, daß sowohl die Dresdner Gas-, Wasser- und Elektrizitätswerke AG. als auch die Aktiengesellschaft Sächsische Werke vor kurzer Zeit für ihre eigenen Anlagen sehr große Warten neu erbaut hatten. Auf Grund der dabei gewonnenen Erfahrungen wurde als wirtschaftlich günstigste räumliche Gliederung ein dreigeschossiger Bau, wie ihn die Abb. 15 zeigt, entwickelt. Das Gebäude besteht hiernach aus einem Erdgeschoß für die gesamten Eigenbedarfsanlagen, einem Relaisgeschoß und einem darüber befindlichen, aber innerlich mit ihm offen verbundenen Wartengeschoß. Es hatte sich nämlich gezeigt, daß für den Flächen-

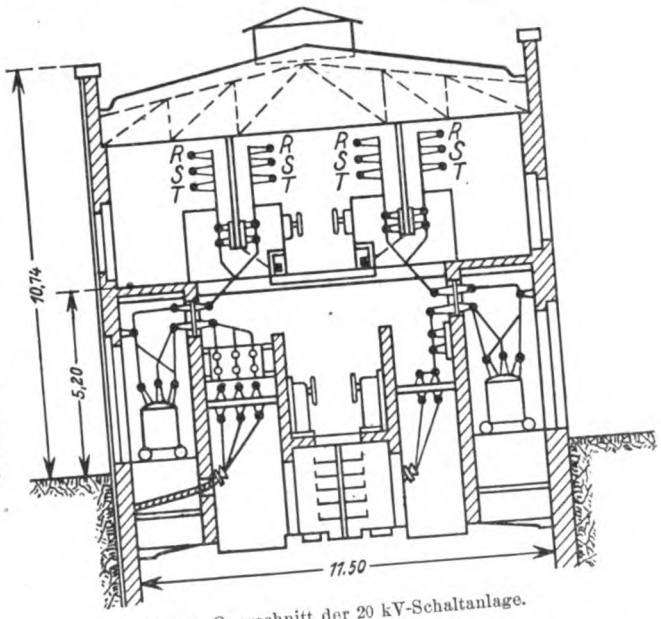


Abb. 14. Querschnitt der 20 kV-Schaltanlage.

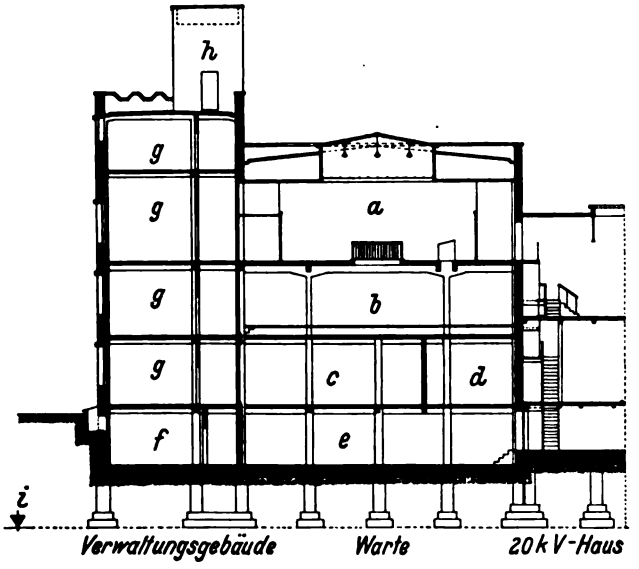
bedarf des Wartengebäudes allein das Wartengeschoß maßgebend war und daß es deshalb wirtschaftlich und technisch richtiger war, aus dem Wartengeschoß alle Relais herauszunehmen und in einem besonderen Geschoß unterzubringen. Um außerdem für die Warte, was bei der Größe der ganzen Niederwartha-Anlage nach allen bisherigen Erfahrungen zu berücksichtigen war, eine Erweiterungsmöglichkeit für die Zukunft zu haben, ohne hierfür bereits jetzt unnötige Mittel aufzuwenden, wurden die Räume für die Betriebsleitung des Werkes mit den Wartenräumen derartig verbunden, daß die Geschoßhöhen miteinander übereinstimmen, so daß jederzeit die Warte entsprechend erweitert werden kann.

Die Anordnung im Wartengeschoß zeigt Abb. 16. In der Mitte befinden sich die Betätigungsfelder und Pulte für die Generator-Umspannerabzweige, auf der rechten Seite die Betätigungsfelder für die 6 kV- und 20 kV-Anlage, auf der linken die für die 100 kV-Anlage. Das nach vielen Ausführungen und langjährigen Erfahrungen der Landesversorgung eingerichtete Blindschaltbild ist ringsum über den Betätigungstafeln angeordnet, wobei zur besseren Übersicht auf der 100 kV- sowie 20 kV-Seite die Umspanner noch einmal wiederholt sind. Auf diese Weise kann man tatsächlich mit einem Blick den gesamten Schaltzustand der Anlage erkennen. Um ein rasches Handeln von Warte und Maschinenhaus, was ja für den Nebenzweck des Werkes als sofort betriebsbereite Leistungsquelle von besonderer Bedeutung ist, sicherzustellen, ist außer dem

Digitized by Google

üblichen Maschinentelegraphen links in der Mitte des Wartengeschosses ein Blindschaltbild für den wassertechnischen Teil angebracht, in welchem die Stellungen der Schützen, Drosselklappen, Kugelschieber und sonstigen Abschlußorgane nach Art eines elektrischen Blindschaltbildes zur Anzeige gebracht werden.

Auf Grund vieljähriger Betriebserfahrungen ist weiterhin für die Einrichtungen zur Störungsmeldung eine besondere Form von uns gewählt worden. Sie ist in der



a	Warte	*e*	Kabelkeller
b	Relais	*f*	Lager
c	Eigenbedarf	*g*	Büro
d	Batterie	*h*	Treppenhaus-Turm

Abb. 15. Querschnitt des Wartengebäudes.

Abb. 16 des Wartengeschosses rechts sichtbar und besteht aus einer Meldetafel für Fehler erster Ordnung und aus einer solchen für Fehler zweiter Ordnung. Eine Fehlermeldung erster Ordnung erfolgt bei Störungen, bei denen die Bedienung sofort eingreifen muß, während eine Fehlermeldung zweiter Ordnung vorgesehen ist, wenn die Bedienung vor dem Eingreifen noch Zeit zur Vornahme vorbereitender oder sonst notwendiger Handlungen hat.

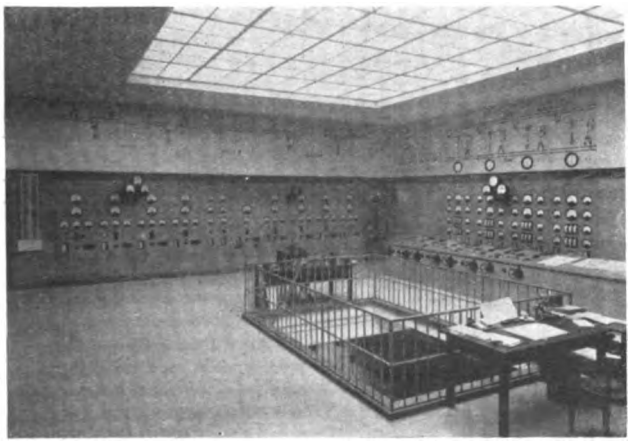


Abb. 16. Blick in die Schaltwarte.

Zum Verständnis ist weiterhin zu erläutern, daß sämtliche Zähler und schreibenden Instrumente auf besonderen Tafeln, die hinter den eben behandelten Betätigungsfeldern sich befinden, angeordnet sind. Ferner ist noch als besonders bemerkenswert zu erwähnen, daß im Hinblick auf den mehrfach betonten Nebenzweck des Werkes als Augenblicks-Leistungsquelle für jeden Generator-Umspannerabzweig neben zwei Hand-Parallelschaltvorrichtungen eine vollselbsttätige Parallelschaltvorrichtung vorgesehen ist und ferner, daß die Dresdner Gas-, Wasser- und Elektrizitätswerke AG. die auf ihr Netz arbeitenden Maschinen von ihrer mehrere Kilometer weit entfernt gelegenen Hauptbetriebsleitung für das städtische Versorgungsgebiet fernregeln kann. Hierbei ist verständlicherweise die Einrichtung so getroffen, daß diese Fernregelung, sei es auf Grund besonderer Vereinbarung, sei es im Gefahrenfalle, durch die Bedienung in der Warte von Niederwartha sofort auf eine örtliche Regelung in der Warte des Pumpspeicher-Kraftwerkes selbst umgeschaltet werden kann.

Das Relaisgeschoß enthält die umfangreichen, oben näher erläuterten Schutzeinrichtungen für die Generatoren und Umspanner, den Selektivschutz für die 100 kV-Leitungen der Landesversorgung und der abgehenden städtischen 20 kV-Kabel sowie die Maschinenregler. Der Fußboden des Relaisgeschosses ist für die Kabel mit Doppelboden ausgeführt, und an der Decke hinter den Tafeln befinden sich Gerüste zur Befestigung der nach dem Wartengeschoß führenden Kabel. Das Erdgeschoß enthält die gesamte Eigenbedarf-Schaltanlage. Im Keller sind alle aus der Schaltanlage und dem Krafthaus ankommenden Meß-, Steuer- und Signalleitungen eingeführt und auf Kabelgerüsten so verteilt, daß sie auf kürzestem Wege zu den einzelnen Relais- und Schalttafeln geführt werden können.

Zum Schluß seien noch wenige Angaben über die Bauzeit und Inbetriebsetzung gemacht. Die Durchführung der Anlage wurde im April 1927 vom Aufsichtsrat der Gesellschaft beschlossen. Der erste Spatenstich erfolgte im August 1927 am oberen und unteren Becken, im Jahre 1928 wurde der größte Teil der nötigen Tiefbauarbeiten durchgeführt, der Rest im Jahre 1929, in welchem außerdem die gesamte Maschinen- und Schaltanlagen-Montage vor sich ging, so daß mit der probeweisen Inbetriebnahme der einzelnen Teile bereits Anfang Oktober 1929 begonnen werden konnte. Der Dauerbetrieb des Werkes ist am 2. I. 1930 aufgenommen worden und hat bisher keine Unterbrechung erfahren.

Das Haus der Technik in Bielefeld.

Gelegentlich der Projektierung einer Umformer- und Schaltanlage des Elektrizitätswerkes Bielefeld wurde der Plan gefaßt, diesen Bau gleichzeitig als Vorführungshaus für die Erzeugnisse der elektrotechnischen und Gasindustrie auszubilden[1]. Die Bauleitung lag in den Händen von Oberbaurat Schulz, Bielefeld, die innenarchitektonische Ausgestaltung und die Beleuchtungsanlage wurden K. H. Tischer übertragen. Im Erdgeschoß des Baues befindet sich ein großer Ausstellungsraum, der nach der Straßenseite hin in eine lang durchgehende Schaufensterfront übergeht. Ein in den Saal eingebautes Demonstrations-Schaufenster dient zur Vorführung der verschiedenen Arten der Schaufensterbeleuchtung. Der 1. Stock enthält einen Vortragssaal mit Bühne für licht- und gastechnische Vorführungen; in einem weiteren Stockwerk sind eine großzügig angelegte Lehrküche für Gas- und elektrische Kochgeräte sowie ein Laboratorium für gastechnische Untersuchungen untergebracht. Der oberste Stock enthält einen großen, vom Elektrizitätswerk Bielefeld eingerichteten Demonstrationsraum zur betriebsmäßigen Vorführung der verschiedenen Installationsmaterialien, von Schaltapparaten, Zählern, Leuchten u. dgl. Ein weiterer Saal ist dem Gebiet der Lichttechnik vorbehalten. In einer größeren Anzahl von Kojen kann die Wirkung guter und schlechter Beleuchtung an Beispiel und Gegenbeispiel gezeigt werden. So lassen sich der Einfluß der Beleuchtungstärke auf Erkennungsvermögen und Erkennungsgeschwindigkeit, Wirkung und Beseitigung der Blendung, Bedeutung der Lichtfarbe und der richtigen Verteilung von Licht und Schatten in eindrucksvollen Experimenten vorführen.

Frh.

[1] K. H. Tischer, Vortrag d. Deutschen Beleuchtungstechn. Ges., Berlin, März 1930.

Digitized by Google

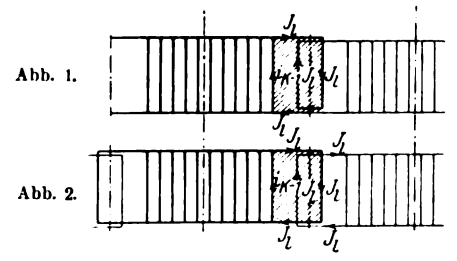
RUNDSCHAU.

Leitungen.

Praxis der Holzmastverwendung in den V. S. Amerika. — Infolge der ausgiebigen Verwendung von Holzmasten auch zum Bau von Leitungen für höhere Spannungen (bis zu 132 kV) hat der Holzmast in den V. S. Amerika eine ganz andere Bedeutung als in Europa. Es werden dort Konstruktionen in H-Form oder doppelter H-Form vielfach verwendet, wobei auch große Spannweiten genommen werden, so daß die mechanische Beanspruchung der Holzmaste recht erheblich ist. Die V. S. Amerika sind hierfür insofern sehr gut ausgerüstet, als sie einige Holzarten haben, die besonders große Widerstandsfähigkeit gegen Fäulniserreger und große mechanische Festigkeit aufweisen. Dies sind besonders die westliche Rote Zeder und die in den südlichen Staaten vorkommende Gelbe Kiefer. Während die Bruchfestigkeit der Roten Zeder 350 ... 400 kg/cm² beträgt, steigt die der Gelben Kiefer bis auf 611 kg. Neben diesen beiden Bäumen werden noch eine ganze Anzahl anderer Hölzer zur Mastherstellung verwendet, darunter auch Laubhölzer, die in Europa gar nicht als Holzmaste genommen werden. Bei einer Erhebung, die das Freileitungskomitee der südöstlichen Sektion der NELA im Jahre 1928 veranstaltete, wurden in diesem Gebiete folgende Mengen an Masten festgestellt: Kastanie 45 %, Zypresse 7,7 %, westliche Rote Zeder 3,4 %, einheimische Rote Zeder 3,1 %, Kiefer, teerölgetränkt, 31 %, Wacholder 9,8 %. Diese Zählung hat aber keine allgemeine Bedeutung, da in den westlichen und nordwestlichen Staaten die dort in großen Mengen vorkommende Rote Zeder ganz überwiegend verwendet wird, während das südöstliche Gebiet vom eigentlichen Verbreitungsgebiet der Roten Zeder zu weit entfernt liegt, als daß sie dort eine große Rolle spielen könnte. Hinsichtlich der Behandlung der Maste sind die V. S. Amerika sehr lange andere Wege gegangen als Europa, woran z. T. ihr sehr großer Holzreichtum schuld ist. Die Maste wurden entweder roh verwendet oder nur mit einer Art Schutzanstrich versehen. Erst neuerdings beginnt die Teerölimprägnierung sich stark zu verbreiten. Das wird sehr gefördert durch das Anziehen der Holzpreise, die heute schon recht erheblich sind. Selbst im eigentlichen Verbreitungsgebiet der westlichen Roten Zeder muß man für einen 10,5 ... 11 m langen Mast mit 17/19 cm Zopfstärke frei Baustelle 70 ... 80 RM rechnen. Das zwingt dazu, die verhältnismäßig geringen Kosten der Imprägnierung aufzuwenden, um die Lebensdauer der teuren Maste zu verlängern. An sich ist gerade die Rote Zeder ein Baum, der auch unimprägniert eine sehr hohe Lebensdauer aufweist, die im Durchschnitt über 21 Jahre beträgt. Durch Sparränkung nach Rüping dürfte diese Lebensdauer noch um 20 ... 25 Jahre verlängert werden. Man verwendet bis zu 530 kg Öl/m³ (? D. Ref.), wovon im Jahre 16 kg verloren gehen sollen. Da eine Menge von 96 kg/m³ genügt, um das Wachstum von Pilzen zu verhindern, ist danach die erzielte zusätzliche Lebensdauer auf 25 Jahre zu schätzen. Üblicherweise werden aber Holzmaste in 15 Jahren abgeschrieben. Im Nordwesten wird neuerdings auch die Douglas-Tanne gern als Holzmast verwendet. Sie wächst dort in sehr großen Mengen und wird infolgedessen sehr billig. So bezahlt die Portland Electric Power Company in Oregon für einen Mast frei Verwendungstelle nur 9 RM. Der grüne Mast wird an Ort und Stelle mit einer Art Kyan-Ersatzverfahren behandelt, indem in Höhe des Erdaustritts vier halbzöllige Löcher in das Holz gebohrt werden, von denen eins bis tief in das Kernholz geht, während die drei anderen weniger tief eindringen. Diese Löcher werden mit einer Mischung von einem Teile arseniger Säure, einem Teile Sublimat und vier Teilen Kochsalz gefüllt. Durch den noch vorhandenen Saft und die aus der Erde aufgenommene Feuchtigkeit verwandelt sich die Masse in eine Paste, die imstande ist, den Kapillarkräften zu folgen. Ob die arsenige Säure irgendwelchen Wert hat, ist zweifelhaft. Das Salz hat nur die Aufgabe, die Lösung des Sublimats zu erleichtern, das sich in Lösungen von Kalium- und Natriumsalzen sehr viel leichter löst als in reinem Wasser. Trotz der Primitivität dieses Verfahrens scheint es diesem Zwecke zu entsprechen, da es für die Konservierung von Pfosten in Weinbergen und bei der Forstverwaltung schon seit Jahrzehnten in Gebrauch ist. Man sieht auch hieraus, daß die europäische Praxis sich auch in den V. S. Amerika durchzusetzen beginnt und die früheren Abweichungen davon hauptsächlich auf den Holzreichtum und die Sorglosigkeit, mit der damit umgegangen wurde, zurückzuführen waren. (El. World Bd. 91, S. 357 u. 461, Bd. 92, S. 256 u. 1244, Bd. 93, S. 141 u. 446.) *Ha.*

Elektromaschinenbau.

Zur Konstruktion und Berechnung der Dämpferanordnung des synchronen Einankerumformers. — Bei einem Kurzschluß im Gleichstromnetz steigt der Gleichstrom innerhalb eines sehr kurzen Zeitintervalles, das nach hundertstel oder tausendstel Sekunden mißt, auf ein Vielfaches seines normalen Wertes. Das plötzliche Anschwellen der Gleichstrom-Ankerrückwirkung erzwingt die ebenso schnelle Ausbildung von Gegenamperewindungen solcher Größe, daß die resultierenden Queramperewindungen zunächst keine wesentliche Spannung auf der Drehstromseite erzeugen. In die Ausbildung dieser Gegenampere-



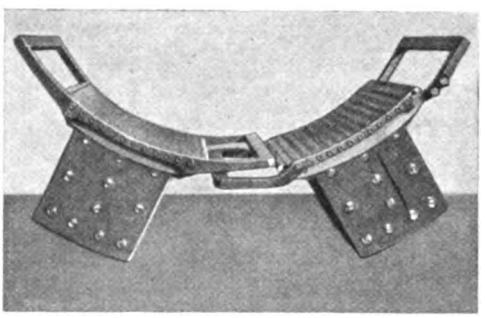


Abb. 1 ... 3. Neue Ausführungsformen des Dämpfergitters.

windungen teilen sich das Dämpfergitter und die Drehstrom-Ankerwicklung im umgekehrten Verhältnis ihrer Streuung gegen die Gleichstromseite. Infolge der großen Streuung der Drehstromseite (in die auch die Reaktanz der Hochspannungsleitung, die Kurzschlußreaktanz des Transformators und die der eventuell verwendeten Regeldrosselspule eingeht) bilden die Dämpfer den Hauptteil der Gegenamperewindungen aus. Das Dämpfergitter soll daher so konstruiert werden, daß es im Verein mit der Wendepolwicklung und den viel schwächeren Drehstrom-Amperewindungen während des Ausgleichvorganges ein Wendefeld richtiger Größe erzeugt. Um dies zu erreichen, muß das Dämpfergitter eine Extrawindung um den Hilfspol erhalten (Abb. 1). Eine elektrisch gleichwertige, aber mechanisch einfachere Bauart zeigen Abb. 2 und 3, bei denen die Dämpfergitter benachbarter Hauptpole nicht zusammenhängen. Die Wirkungsweise dieses Dämpfergitters während eines gleichstromseitigen Kurzschlusses wird mittels Differenzengleichungen behandelt.

Nach Abschalten des gleichstromseitigen Kurzschlusses treten Ausgleicherscheinungen auf, die für den Umformer kaum weniger gefährlich sind als der Kurzschluß selbst. Der Umformer ist durch den Kurzschluß stark ins Pendeln geraten. Das Dämpfergitter soll nicht nur diese Pendelungen beruhigen, sondern dabei auch das Feld in der Wendezone möglichst klein halten. Andernfalls steigt die Segmentspannung der unter den Bürsten kurzgeschlossenen Windungen so hoch, daß der Umformer „überschlägt". Die Rechnung zeigt, daß man in dem Widerstand des Dämpfergitters eine wichtige Handhabe besitzt, um die geschilderten Verhältnisse günstig zu beeinflussen.

Digitized by Google

Im Anschluß an das Dämpfergitter wird auch die Dämpferwicklung behandelt. Zum Schlusse werden das Dämpfungsmoment für mechanische Schwingungen um die synchrone Gleichgewichtslage und der günstigste Dämpfungswiderstand berechnet. (L. Dreyfus, Arch. El. Bd. 23, H. 2, S. 181.)

Meßgeräte und Meßverfahren.

Die Anwendung des komplexen Wechselstromkompensators bei geoelektrischen Untersuchungen. — Bei den als geoelektrische Methoden bezeichneten elektrischen Aufschlußverfahren, welche ermöglichen, ohne langwierige und kostspielige bergmännische Aufschlußarbeiten nutzbare Lagerstätten aufzufinden, und welche besonders im Erzbergbau als Vorbereitung für bergmännische Arbeiten in den letzten Jahren in zunehmendem Maße Anwendung gefunden haben, werden in dem zu untersuchenden Erdreich auf galvanischem oder induktivem Wege Wechselströme mittlerer Frequenz (z. B. 500 Hz) erzeugt und deren durch die Leitfähigkeitsunterschiede bewirkte ungleichförmige Verteilung im Boden an der Erdoberfläche oder an zugänglichen Stellen des Untergrundes messend verfolgt. Die Untersuchung der Stromverteilung im Boden wird dabei entweder in der Weise vorgenommen, daß die Spannungsverteilung an der Erdoberfläche mit Hilfe von Sonden festgestellt wird (Sondenmethode), oder derart, daß das magnetische Feld der im Untergrunde wirksamen Ströme mittels Meßspulen (sog. Induktionsrahmen) ausgemessen wird (Rahmenmethode).

Das für derartige Messungen geeignetste Meßverfahren ist die Kompensationsmethode, die gestattet, ohne dem Boden bzw. Induktionsrahmen Strom zu entnehmen, die Amplitude der Sonden- bzw. Rahmenspannung und ihre Phasenverschiebung gegen eine Vergleichspannung oder einen Vergleichstrom mit großer Genauigkeit zu messen. Bei den bisher für geoelektrische Untersuchungen mit Wechselstrom allgemein gebräuchlichen Kompensations-Meßverfahren wird ein im wesentlichen aus einem Kompensationswiderstand (z. B. Schleifdraht) und einem Phasenschieber bestehender Wechselstromkompensator benutzt, so daß nach erfolgter Kompensation die Amplitude der Sonden- bzw. Rahmenspannung am Kompensationswiderstand und die Phase dieser Spannung am Phasenschieber abgelesen wird. Da die im Untersuchungsgebiete an den einzelnen Meßpunkten in verschiedenen räumlichen Richtungen gemessenen Sonden- bzw. Rahmenspannungen verschiedene Phasen haben, so dürfen sie nicht ohne weiteres miteinander verglichen und zur Auswertung benutzt werden. Es muß vielmehr die Darstellung der räumlichen Verteilung der Strömungsfelder und der magnetischen Felder durch Ableitung der Momentanfelder angewendet werden, bei der alle miteinander in Beziehung gebrachten Spannungen die gleiche Phase besitzen und sich nur durch ihre Größe voneinander unterscheiden.

Werden in der bisher üblichen Weise Amplitude und Phase der Sonden- bzw. Rahmenspannung gemessen, so müssen die den Momentanfeldern entsprechenden Spannungskomponenten, auf deren Bestimmung es zwecks Darstellung der Momentanfelder allein ankommt, berechnet oder nach einem graphischen oder mechanischen Verfahren ermittelt werden. Dies ist bei der großen Anzahl der bei geoelektrischen Untersuchungen erforderlichen Meßreihen bzw. Einzelmessungen sehr mühevoll, zeitraubend und daher unwirtschaftlich. W. Geyger zeigt, daß die darzustellenden Momentanfelder direkt ausgemessen werden können, wenn man zur Messung der Sonden- bzw. Rahmenspannung einen komplexen Wechselstromkompensator verwendet, der in besonderer Schaltung in die Meßanordnung einzufügen ist. Man kann hierbei z. B. den Larsenschen Kompensator[1] benutzen. Besonders vorteilhaft ist es, den Geygerschen Schleifdraht-Wechselstromkompensator[2] anzuwenden, welcher die zu ermittelnden Spannungskomponenten an zwei Meßdrahtskalen unmittelbar abzulesen gestattet. Eine auf der Anwendung dieses Kompensators aufgebaute, für die praktische Durchführung der Untersuchungen im Gelände geeignete und bei den geophysikalischen Arbeiten des Prospector-Instituts für praktische Geophysik und Geologie, Frankfurt a. M., bereits mehrfach erprobte Meßanordnung wird ausführlicher beschrieben. (W. Geyger, Arch. El. Bd. 23, H. 1, S. 109.)

[1] A. Larsen, ETZ 1910, S. 1039.
[2] W. Geyger, ETZ 1924, S. 1348; Arch. El. Bd. 17, S. 213.

Entwicklung der elektrischen Meßgeräte in den V. S. Amerika. — Im Jahresbericht der Zählerkommission der NELA wird einleitend gesagt, daß der Bericht lediglich den Zweck hat, auf Neuerungen aufmerksam zu machen, ohne daß die Kommission die Gewähr für die angegebenen Eigenschaften übernimmt. Auf 32 Seiten wird, durch zahlreiche Bilder ergänzt, über verschiedene neue Zähler zur Messung von Wirkleistung, Blindleistung und Scheinleistung sowie Fernzähleinrichtungen berichtet, wobei auch europäische Konstruktionen (Landis & Gyr, Aron) berücksichtigt werden. Im Anschluß daran werden Meßwandler behandelt, darunter Spezialausführungen mit hoher Genauigkeit. Der weitere Teil des Berichtes bezieht sich auf Frequenzmesser hoher Genauigkeit, Registrierinstrumente überhaupt einschließlich Oszillograph und Einphasen-Klydonograph. Es lohnt sich für jeden, der an Zählern und Meßgeräten interessiert ist und die ausführlichen Abhandlungen in den amerikanischen Zeitschriften nicht verfolgen kann, diesen knappen Bericht durchzusehen. (Serial Report of the Meter Committee, 1928/29. National El. Light Assoc., New York.) *Kth.*

Beleuchtung.

Beleuchtung und Sehleistung. — Die Fähigkeit des Auges, Gegenstände wahrzunehmen, beruht auf einer Anzahl von sog. „Grundempfindungen". Zunächst besitzt das Auge die Fähigkeit, Hell-Dunkel-Unterschiede wahrzunehmen, also z. B. von zwei aneinander stoßenden Flächen die eine als heller zu empfinden als die andere. Die höchste unter den gegebenen Bedingungen erreichbare Empfindlichkeit (ausgedrückt durch die Größe des gerade noch wahrnehmbaren Leuchtdichteunterschiedes Δe, bezogen auf die Leuchtdichte e des Umfeldes) wird als Unterschiedsempfindlichkeit bezeichnet. Weiter können wir die Form von Helligkeitsunterschieden feststellen, z. B. Schriftzeichen in ihrer charakteristischen Gestalt voneinander unterscheiden. Diese Fähigkeit wird Formenempfindlichkeit genannt. Zur Wahrnehmung dieser Helligkeits- und Formenunterschiede ist eine gewisse Zeit erforderlich. Wir haben also als dritte charakteristische Grundgröße die Empfindungszeit, d. h. die Zeit, die verstreicht vom Auftreffen des Lichtreizes auf die Netzhaut bis zur Auslösung der Wahrnehmung, bzw. den reziproken Wert dieser Größe, die Empfindungsgeschwindigkeit. Aus der Kombination der Unterschiedsempfindlichkeit mit der Empfindungsgeschwindigkeit ergeben sich die Schwellenwerte für kurzdauernde Lichtreize. Aus der Kombination der Formenempfindlichkeit mit der Empfindungsgeschwindigkeit ergibt sich die Wahrnehmungsgeschwindigkeit.

Diese Größen werden nun von folgenden Faktoren beeinflußt: von der Beleuchtungstärke bzw. Leuchtdichte, von der Größe des beobachteten Objekts, von dem Kontrast des beobachteten Objekts gegen seine Umgebung, von der Leuchtdichte des Gesichtsfeldes („Umfeldleuchtdichte"), vom Kontrastübergang zwischen Objekt und Umgebung und von der Stärke der etwa vorhandenen Blendung. — Die Abhängigkeit der Unterschiedsempfindlichkeit von der Leuchtdichte und von der Größe des beobachteten Objekts kann mit einer Tafel gezeigt werden, auf der sich eine größere Zahl verschieden großer quadratischer Felder verschiedenen Reflexionsvermögens auf weißem bzw. schwarzem Untergrund befindet. Wird die Tafel schwach beleuchtet, so sind zunächst nur die großen Felder mit stärkstem Kontrast gegen den Untergrund wahrnehmbar. Bei allmählicher Steigerung der Beleuchtungstärke treten auch die kleineren Flächen sowie die mit geringerem Kontrast gegen ihre Unterlage hervor. Bei Vorhandensein von blendenden Lichtquellen im Gesichtsfeld sind alle Einzelheiten erst bei viel höheren Beleuchtungstärken wahrnehmbar. Auch die Formenempfindlichkeit läßt sich mit der Tafel demonstrieren, da bei geringen Beleuchtungstärken die Felder zunächst als verschwommene Flächen und erst bei Steigerung der Beleuchtung als scharf begrenzte Quadrate erkennbar sind. Am eindruckvollsten wird die Formenempfindlichkeit mit den bekannten Sehschärfetafeln mit verschieden großen Schriftzeichen demonstriert, bei denen der Einfluß der Beleuchtungstärke, der Objektgröße und des Kontrastes zwischen Schrift und Untergrund gezeigt werden kann. Zur Veranschaulichung der Wahrnehmungsgeschwindigkeit können folgende Anordnungen dienen: Eine drehbare weiße Scheibe besitzt an ihrem Umfang eine Reihe gleich weit voneinander abstehender schwarzer Punkte. Wird die Scheibe in Umdrehung versetzt, so scheint sie bei hohen Beleuchtungsstärken langsamer zu laufen als bei niedrigen, da bei ge-

Digitized by Google

ringer Beleuchtung die zur Verfügung stehende Wahrnehmungszeit nicht ausreicht, um ein deutliches Erkennen zu ermöglichen, die Einzelbilder der Punkte also verschwimmen und den Eindruck der rascheren Drehung hervorrufen. Für die Herstellung eines veränderlichen Kontrastes können die Punkte als Transparent ausgebildet und von der Rückseite durchleuchtet werden, so daß sie hell auf dunklem Grund erscheinen. Wird durch Verstärkung der Transparentbeleuchtung der Kontrast zwischen Punkten und Scheibenoberfläche vergrößert, so scheint die Scheibe langsamer zu laufen. Eine andere Apparatur zur Veranschaulichung der erforderlichen Wahrnehmungszeit besteht aus einem hinter einem vertikalen Schlitz vorbeischwingenden Pendel, auf dem eine Anzahl gleich großer Buchstaben übereinander angeordnet ist. Da ihre Geschwindigkeit und demnach auch die für ihre Beobachtung zur Verfügung stehende Zeit verschieden groß sind, lassen sich die oberen Zeichen besser erkennen als die unteren. Bei Steigerung der Beleuchtungstärke treten aber auch die unteren Buchstaben immer deutlicher hervor.

Die Schwellenwerte für kurzdauernde Lichtreize lassen sich in folgender Weise veranschaulichen: Auf eine Projektionswand werden ein heller und ein dunkler Kreis in einigem Abstand voneinander projiziert. Läßt man den Lichteindruck z. B. mit Hilfe eines photographischen Momentverschlusses nur kurzzeitig wirken, so scheint der dunklere Kreis nur kürzere Zeit sichtbar zu sein als der hellere; geht man mit seiner Leuchtdichte noch weiter herunter, so ist schließlich der dunklere Kreis überhaupt nicht mehr wahrzunehmen, man hat also für diese Reizdauer die Empfindungsschwelle der Leuchtdichte erreicht. Der Einfluß der Umfeldleuchtdichte wurde gezeigt, indem ein Strichmuster auf hellem Grund auf einen Schirm projiziert und einmal mit hellerem, einmal mit dunklerem Randfeld vorgeführt wurde. In beiden Fällen ist die Erkennbarkeit schlechter, als wenn das Muster auf gleich hellem Untergrund steht. Um zu zeigen, daß bei allmählichem Kontrastübergang die Unterschiedsempfindlichkeit des Auges geringer ist, kann folgender Versuch dienen: Auf einem weißen Karton befinden sich zwei gleichgroße schwarze Quadrate; das eine hat scharfkantige Begrenzungen, die Ränder des anderen sind verwaschen. Infolge des allmählichen Kontrastüberganges zwischen schwarzer und weißer Fläche erscheint dieses Quadrat heller als das andere. Um zu zeigen, daß beide tatsächlich gleich dunkel sind, wird über das verwaschene Quadrat ein weißer Karton mit quadratischem Ausschnitt geklappt, so daß die Ränder jetzt scharf begrenzt sind. Nun kontrastieren beide Quadrate gleich stark gegen den Hintergrund. Ein anderer Versuch ist folgender: Auf einem Karton ist auf der oberen Hälfte ein bestimmter, gerade noch wahrnehmbarer Helligkeitskontrast durch zwei aneinanderstoßende Flächen dargestellt. Auf der unteren Hälfte ist der gleiche Kontrast in allmählichem Übergang vom helleren zum dunkleren Teil aufgetragen, infolgedessen nimmt das Auge hier den tatsächlich vorhandenen Kontrast überhaupt nicht wahr.

Daß sich die erhöhte Leistungsfähigkeit des Auges bei verbesserter Beleuchtung tatsächlich in einer erheblichen Leistungsteigerung auswirkt, zeigten Versuche, die von L. Schneider in einem Steinkohlenbergwerk durchgeführt worden sind. Durch Einführung elektrischer Beleuchtung mit Glühlampen von 150 W in Opalabschlußglocken, die in Abständen von etwa 4 m aufgehängt waren, wurde die Beleuchtungstärke auf 20 Lux im Mittel erhöht, während sie bei Verwendung der alten Sicherheitsgrubenlampen 1 Lux und darunter betragen hatte. Die über eine Zeitdauer von zwei Jahren ausgedehnten Versuche ergaben eine Erhöhung der Produktion um 20 ... 25 %, der Bergegehalt der Kohle sank von 9,4 % auf 4,5 % und die Zahl der schweren Unfälle ging zurück. Die Beleuchtungskosten für die neue Anlage betrugen 10 Pf/t gegenüber 5 Pf/t bei der alten Beleuchtung, eine Erhöhung, die dem Lohnanteil von 4 ... 4,5 RM/t gegenüber kaum in Betracht kommt. Versuche, die in einer Setzerei angestellt wurden, ergaben ebenfalls eine beträchtliche Leistungserhöhung bei Erhöhung der Beleuchtungstärke, wobei die Rentabilitätsberechnung für verschiedene Beleuchtungstärken ergibt, daß die beste Beleuchtung tatsächlich die wirtschaftlichste ist. (L. Schneider, Vortrag d. Deutschen Beleuchtungstechn. Ges., Berlin, März 1930.) *Frh.*

Bahnen und Fahrzeuge.

Die elektrischen Lokomotiven der Transandine-Bahn. — Die Bahnlinie Valparaiso—Mendoza—Buenos Aires, die den Stillen mit dem Atlantischen Ozean in einer Länge von 1400 km über die Kordilleren verbindet, wobei sie bis zu 3207 m Höhe ansteigt, weist auf dem Streckenabschnitt Los Andes—Mendoza, der 249 km langen sog. Transandine-Bahn, mit Reibungstrecken abwechselnde Zahnstangenstrecken mit Steigungen bis zu 25 bzw. 80 ‰ auf. Während die Staatsbahn-Anschlußstrecken Valparaiso—Los Andes und Mendoza—Buenos Aires 1676 mm Spur haben, hat die Transandine-Bahn eine Spur von 1000 mm. Sie ist ebenso wie die Anschlußstrecken mit 3000 V Gleichstrom elektrisiert und seit Mitte 1927 in Betrieb. Ihre Energie erhält sie aus einem Unterwerk in der Nähe von Los Andes durch eine 100 km lange Fernleitung mit 44 000 V, 50 Hz von zwei Motorgeneratorgruppen von je 1500 kW Gleichstrom bei 3000 V Fahrleitungsspannung (Abb. 4).

Die auf der Transandine-Bahn verkehrenden elektrischen Lokomotiven wiegen 85 t und befördern bei 12 t Achsdruck und 40 km/h Fahrgeschwindigkeit auf den Reibungs- bzw. 16 km/h auf den Zahnradstrecken Züge bis 200 t Anhängegewicht. Sie haben 2 Triebzahnräder und 6 Reibungsachsen, welche die benötigten 21 t Zugkraft je zur Hälfte an der Zahnstange und den Schienen entwickeln. Wegen der zahlreichen starken Krümmungen (80 ... 100 m

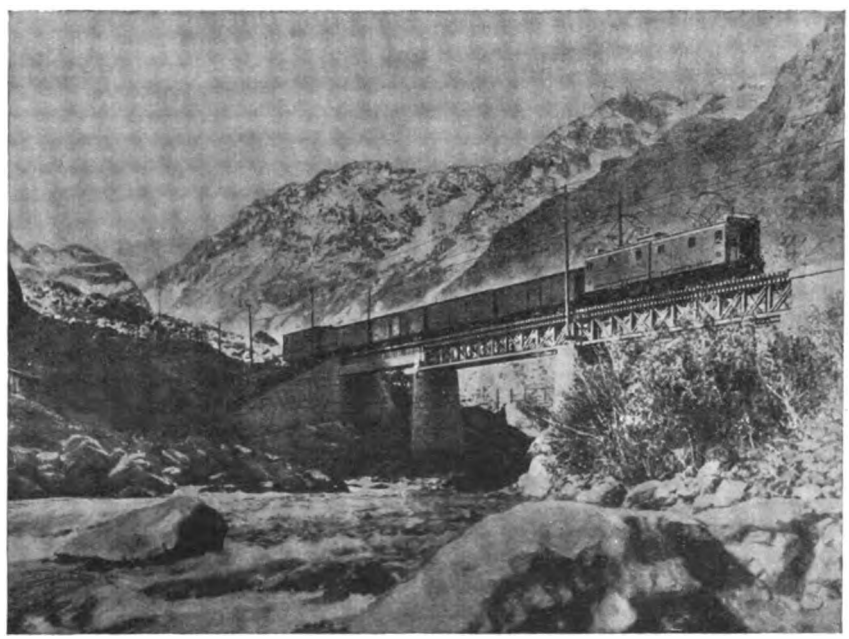


Abb. 4. Elektrischer Zug der Transandine-Bahn.

auf Reibungs- und 180 m auf Zahnstangenstrecken) sind die Lokomotiven mit Achsanordnung 1 C + C 1 in zwei Hälften geteilt. Sie haben 6 im Lokomotivrahmen hoch gelagerte Triebmotoren, davon 4 Reibungs- und 2 Zahnradmotoren, wovon wegen der hohen Fahrdrahtspannung von 3000 V max. und 2700 V im Mittel je zwei in Reihe geschaltet sind (Abb. 5). Die Motoren haben je 235 kW Stunden- bzw. 196 kW Dauerleistung bei 740 bzw. 790 U/min und 1350 V Klemmenspannung. Je 2 Reibungsmotoren treiben mit doppelter Zahnradübersetzung (1 : 3,404 und 1 : 1,371) die 3 Reibungsachsen der betreffenden Lokomotivhälfte durch horizontale Trieb- und Kuppelstangen an. Die Zahnradmotoren sind auf die beiden Lokomotivhälften verteilt und haben ebenfalls doppelte Zahnradübersetzung (1 : 4,6 und 1 : 1,766). Sie sind mit Rutschkupplung ausgerüstet, wodurch bei großen Drehmomentstößen die Motorankermasse gegenüber der Vorgelege- und Triebzahnradmasse durchrutschen kann. Auf den Reibungstrecken sind die beiden Reibungsmotorengruppen für Anfahrt und Fahrt in Serie parallelgeschaltet. Auf den Zahnradstrecken sind zuerst alle drei Motorgruppen in Reihe geschaltet, darauf werden die zwei hintereinander liegenden Reibungsmotorgruppen parallel

Digitized by Google

zu der Zahnradmotorgruppe gelegt; jeder Reibungsmotor erhält also die halbe Spannung eines Zahnradmotors. Die Triebzahnräder besitzen, entsprechend der dreiteiligen Abtschen Zahnstange, je drei um ⅓ Teilung versetzte Zahnkränze und können der Abnutzung der Radreifen der Reibungsräder gemäß verstellt werden. An Bremsen sind vorhanden eine selbsttätige Westinghouse-Luftdruckbremse als Reibungstrecken-Bremse, eine als Bandbremse ausgebildete Zahnradbremse als Notbremse und als elektrische Bremse die Reibungsmotoren auf den Reibungstrecken und die Zahnradmotoren auf den Zahnstangenstrecken (Abb. 6). Die Motorfelder werden beim elektrischen Bremsen getrennt, von einer Erregermaschine erregt, welche ihrerseits von einer Batterie aus erregt wird. Bei Einfahrt in die Zahnschleunigung der Zahnradmotoren wegen Entlastung und das Ansprechen des selbsttätigen Geschwindigkeitsreglers zu vermeiden, nicht in den Zahnstangen-Fahrstellungen erfolgen.

Jede Lokomotivhälfte trägt einen auf 11 kg Fahrleitungsdruck eingestellten Scherenstromabnehmer mit Schleifstücken aus weichem Kupfer, die mit graphithaltigem Fett geschmiert werden. Die Betätigung erfolgt über ein vom Führerstande von Hand gesteuertes elektropneumatisches Ventil, dessen Steuerleitung zur Verriegelung über Hilfschalter an die Hochspannungstüren und an die Dachleiter geführt ist. Der Stromabnehmer kann nur bei geöffnetem Lokomotiv-Arbeitschalter gehoben oder gesenkt werden. Bei Außerbetriebsetzung kann er durch

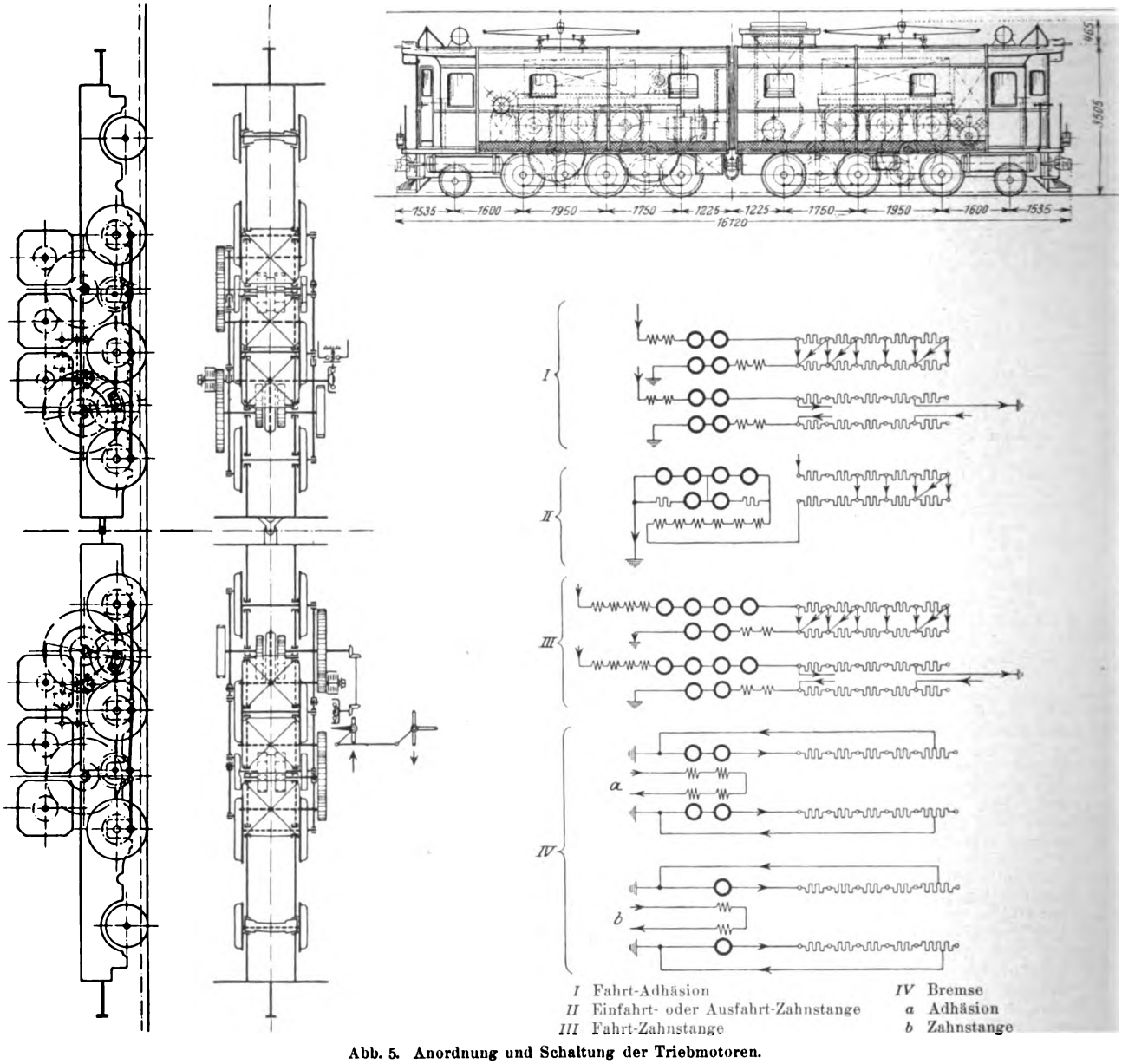
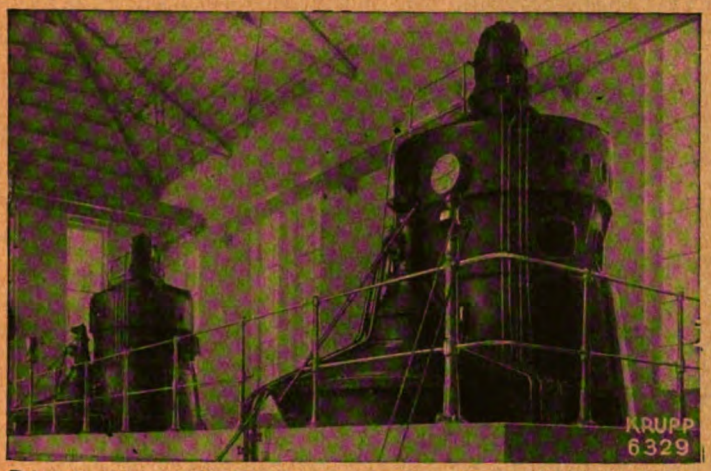


Abb. 5. Anordnung und Schaltung der Triebmotoren.

stange und Ausfahrt aus ihr werden die Felder aller Motoren hintereinander und die Anker sinngemäß parallelgeschaltet, so daß analoge Drehzahlen der Motorgruppen erreicht werden, obwohl zunächst nur die Reibungsmotoren belastet sind. Um dabei gleiches Drehmoment der Zahnradmotoren unter sich zu erhalten, wird die Mitte der vier Anker der Reibungsmotoren mit der Mitte der zwei Zahnradanker durch Ausgleichleiter verbunden. Um die Drehzahl der noch unbelasteten Zahnradanker mit den belasteten Ankern der Reibungsmotoren gleichzusetzen, wird jedem Zahnradanker ein Widerstand vorgeschaltet, der auch den Stromstoß beim Zusammenschalten der stillstehenden Zahnradanker mit den laufenden Ankern der Reibungsmotoren abdämpft. Die Umschaltung auf Zahnstangeneinfahrt erfolgt etwa 30 m von der Einfahrtzunge der Zahnstange. Die Ausfahrt aus der Zahnstange darf, um eine Beeinen mittels Schaltstange zu bedienenden Trennschalter abgeschaltet werden. Der Fahrleitungstrom wird über eine Drosselspule zum Arbeitschalter geführt, der mit Funkenschaltern versehen ist. Auf der Schalterwelle sind Signallampen für Ein- und Ausschaltung angebracht. Der Antrieb erfolgt durch Druckluft oder im Notfall durch ein aufzusteckendes Handrad. Mit dem Antrieb des Arbeitschalters stehen mechanisch in Verbindung das Maximalrelais, das Nullspannungsrelais und die Notauslösung. Der Schalter besteht aus 11 kleinen und 4 großen Funkenschaltern, die durch Nockenscheiben geöffnet und durch Federzug geschlossen werden. Jeder dieser Schalter hat magnetische Blasung und Funkenkamine. Zwischen den Gruppen der großen und kleinen Schalter sind Kontakte für die Ventilatorgruppe zur Kühlung der Widerstände angebracht. Der Schalter wird durch einen Steuermotor angetrieben, der

Digitized by Google

Getriebe u. Zahnräder

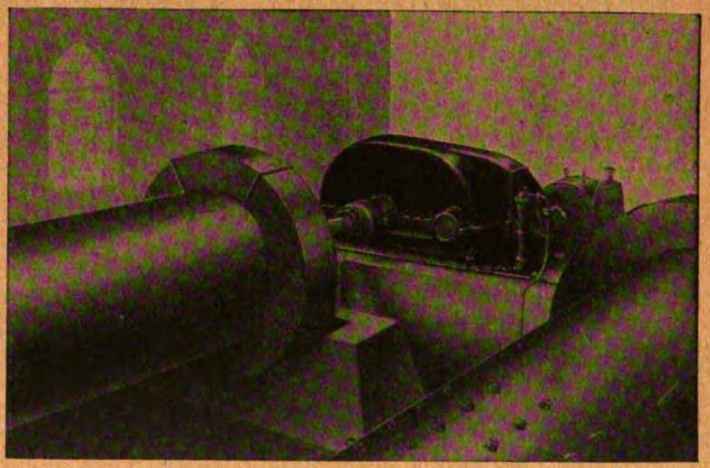


Zahnradgetriebe zwischen Wasserturbine und Generator. N=1100 PS: n=75/500.

In unseren, mit modernsten Präzisionsmaschinen ausgerüsteten Werkstätten fertigen wir **Getriebe und Zahnräder aller Art.**

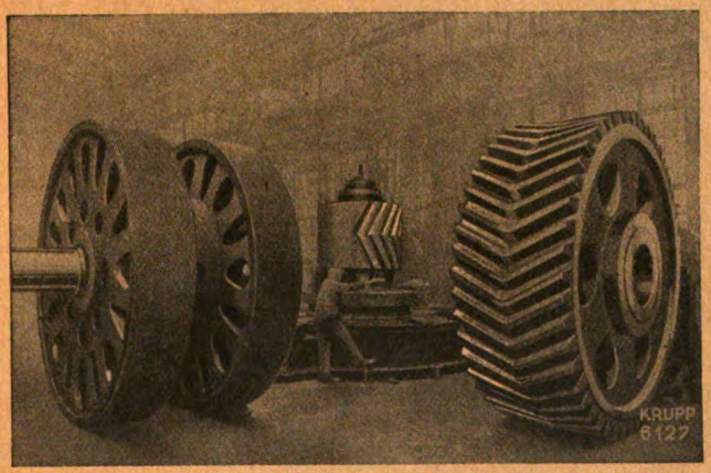
Hoher Wirkungsgrad, große Betriebssicherheit, lange Lebensdauer, ruhiger Lauf, mäßige Betriebskosten.

Als Ersatz für gute **Zahnradgetriebe** liefern wir für kleinere Leistungen **Reibradgetriebe,** die sich durch mäßigen Preis, ruhigen Lauf und geringen Raumbedarf auszeichnen.



Zahnradgetriebe zwischen El. Motor und Rohrmühle. N=1320 PS; n=975/20.

Vorzüglich bewähren sich unsere **im Einsatz gehärteten Zahnräder,** deren glasharte Oberfläche, verbunden mit einem zähen Kern, ihnen eine 8—12 mal größere Lebensdauer gegenüber ungehärteten verleiht.



Zahnrad links: Dm. etwa 3020, Teilg. 6 π; Gew. 26000 kg.
Zahnrad rechts: Dm. etwa 3100, Teilg. 65 π; Gew. 25000 kg.

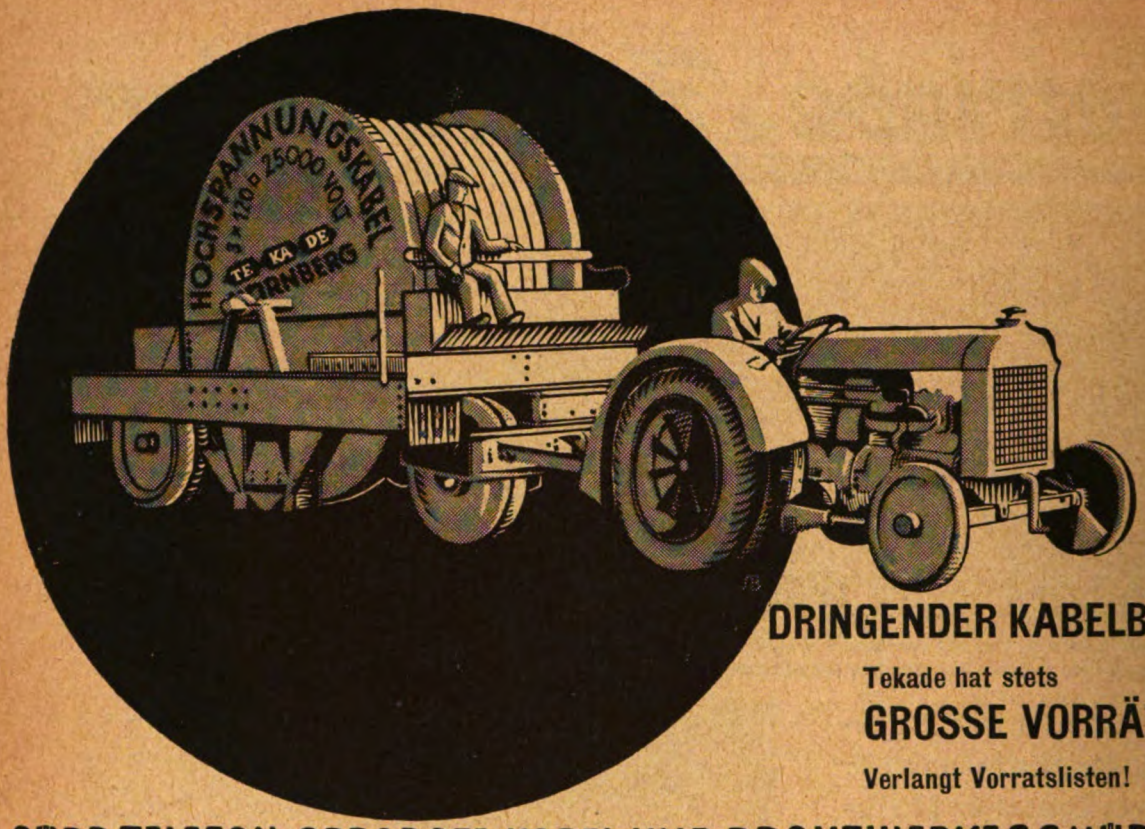
Kammwalzen je nach dem Verwendungszweck aus Kohlenstoff-Stahl oder höchstwertigem Sonderstahl bis zu den größten Abmessungen.

Anfragen erbeten an: 874c

Fried. Krupp Aktiengesellschaft,
Essen, Abteilung: Getriebebau

KRUPP

Digitized by Google



DRINGENDER KABELBEDARF?

Tekade hat stets

GROSSE VORRÄTE.

Verlangt Vorratslisten!

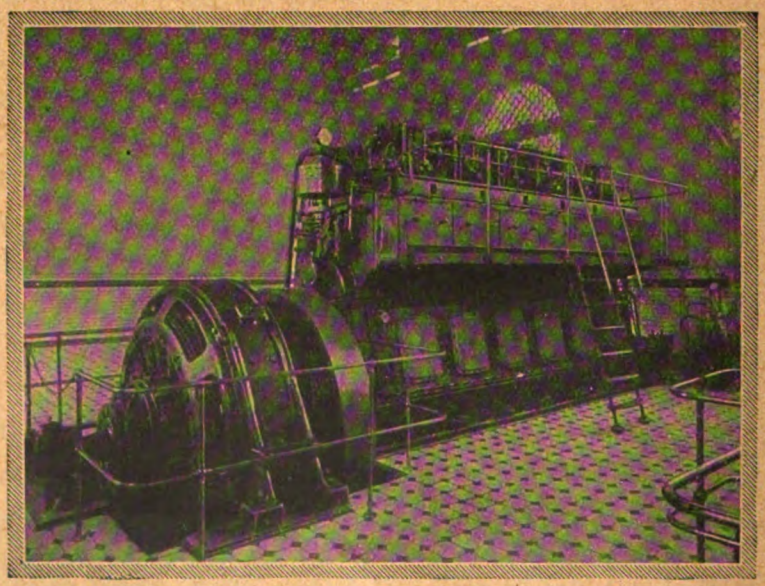
SÜDD. TELEFON-APPARATE-KABEL-UND DRAHTWERKE A.G. NÜRNBERG

POSTANSCHRIFT: TEKADE NÜRNBERG 2 - SCHLIESSFACH 98

TE KA DE

Kompressorlose Krupp-Dieselmotoren

Die wirtschaftlichen Kraftmaschinen der Gegenwart



FRIED. KRUPP GERMANIAWERFT Aktiengesellschaft

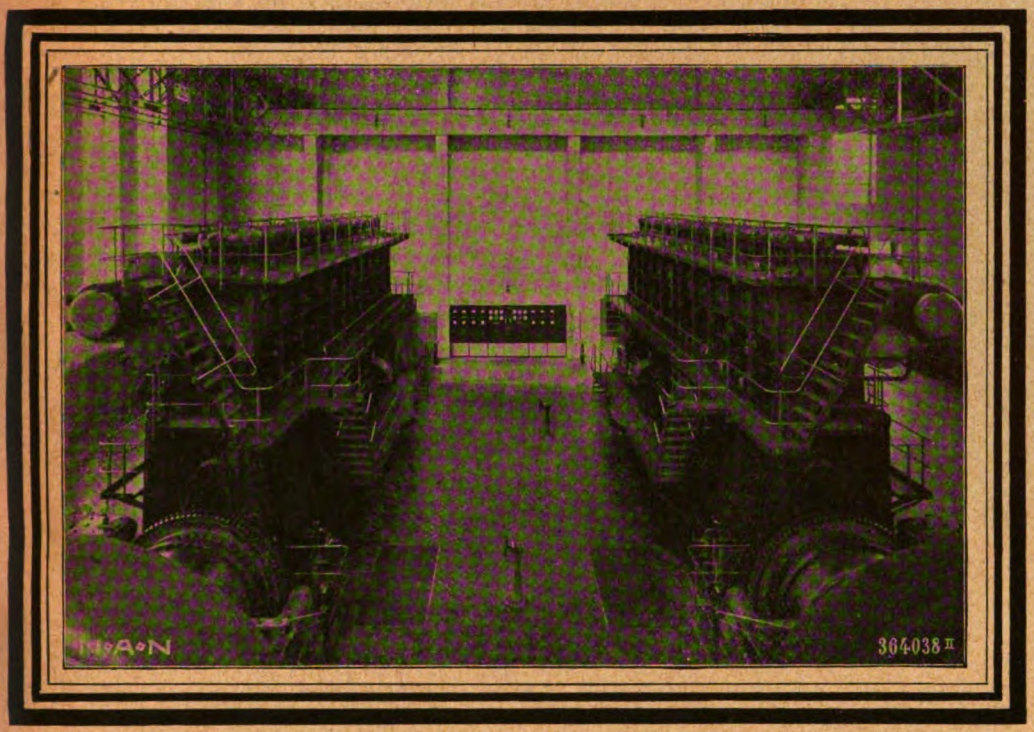
KIEL-GAARDEN

Digitized by Google

Neuzeitliche Umspannwerke sind nicht vollständig ohne

M·A·N-GROSSDIESEL-GENERATOREN

als Spitzen- und Momentanreserve-Einheiten. Anlagekosten je kW einschließlich des elektrischen und baulichen Teiles bei Leistungen von 10000 bis 15000 kW etwa 200 RM, bei 90000 kW 145 RM. Näheres Drucksache E.Z.36 von der

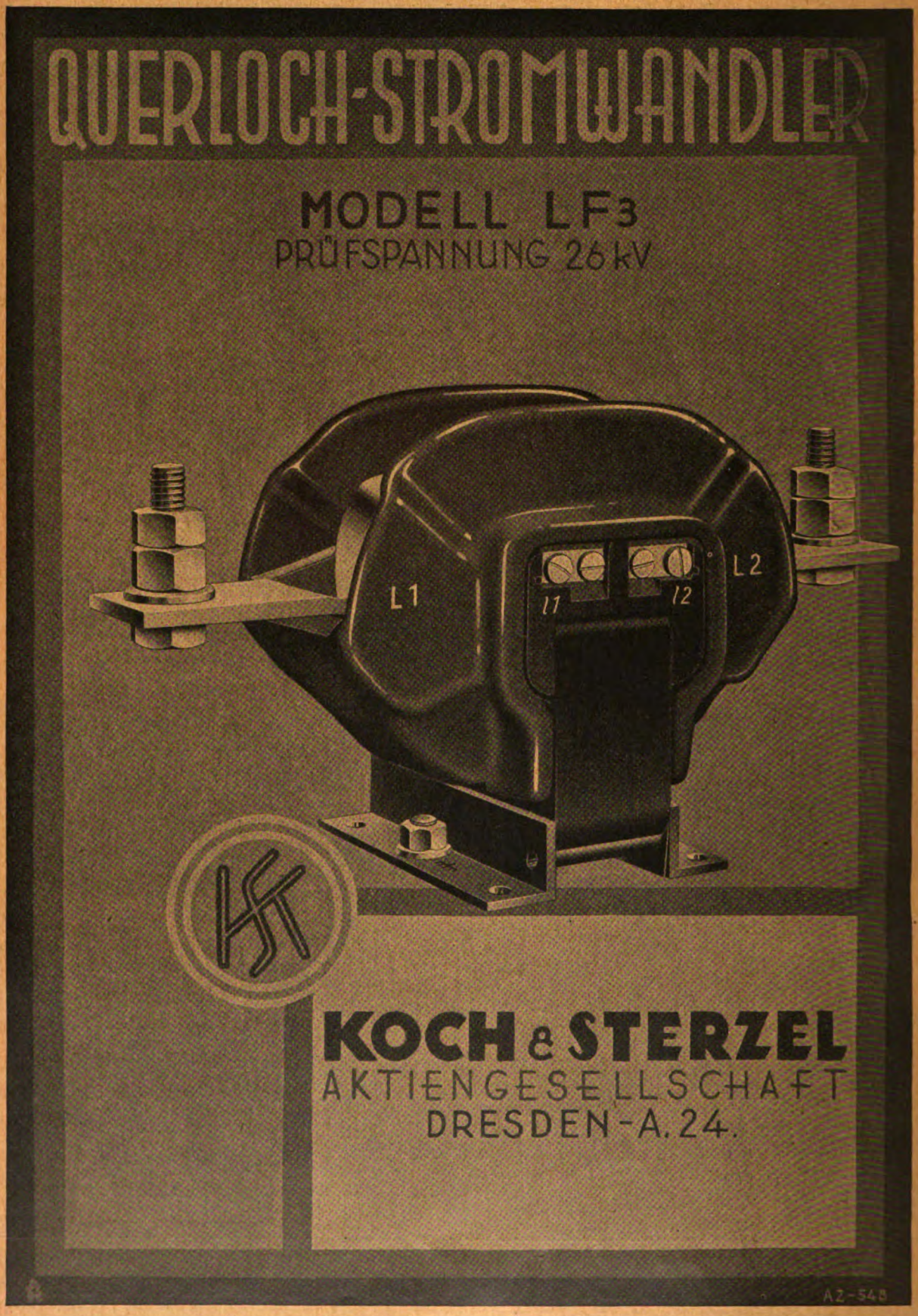


MASCHINEN-FABRIK AUGSBURG-NÜRNBERG, WERK AUGSBURG

Starkstrom - Papier - Bleikabel · Höchstspannungskabel · Fernsprech- und Telegrafenkabel
isolierte Leitungen aller Art
säurebeständige Bleimantel - Leitungen
Leitungsdrähte und -seile aus allen Legierungen

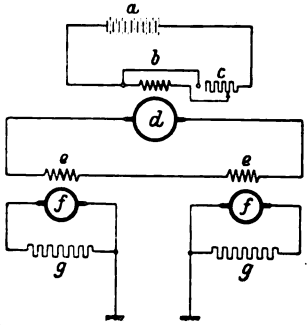
OSNABRÜCKER KUPFER-U.DRAHTWERK

Digitized by Google



Digitized by Google

von den Führerschaltern auf den beiden Führerständen gesteuert wird. Im Notfalle kann der Schalter von Hand betätigt werden. Ein durch zwei Druckluftzylinder angetriebener Kombinationsschalter dient zur Ausführung der verschiedenen Schaltkombinationen bei Fahrt und Bremsung, die stromlos in Nullstellung des Schalters mit Ausnahme beim Übergang von „Einfahrt Zahnstange" auf „Fahrt Zahnstange" erfolgen. Der Kehrschalter für beide Fahrtrichtungen kann nur stromlos bei Nullstellung des Schalters umgelegt werden, er hat außer den 3 Kontaktwalzen für die 3 Motorgruppen die nötigen Verriegelungs- und Steuerkontakte. An ihn sind auch die Leitungen der elektropneumatischen Sander angeschlossen.



a Batterie
b Erregergeneratorfeld
c Magnetregler
d Erregeranker
e Triebmotorfeld
f Triebmotoranker
g Bremswiderstand

Abb. 6. Bremsschaltung der Triebmotoren.

Die Triebmotoren sind eigenventilierte Hauptstrommotoren mit 4 Haupt- und 4 Wendepolen. Zur Verbesserung zeitweilig schlechter Reibungsverhältnisse können die Zahnradmotoren durch Umschalten auf geschwächtes Feld mehr beansprucht und die Reibungsmotoren entlastet werden. Sämtliche Hilfstromkreise für die Führerstandheizung, den Motor der Ventilator- und Erregergruppe, die Kompressormotoren, den Umformermotor, das Nullspannungsrelais, Voltmeter und Wattstundenzähler sind an den Lokomotivhauptschalter angeschlossen und durch Hochspannungsicherungen geschützt. Alle Motoren der Hochspannungs-Hilfstromkreise sind Serienmotoren mit Kommutator für 3000 V Betriebspannung.

Sämtliche Steuer- und Beleuchtungstromkreise werden durch einen Motorgenerator für 1,5 kW mit konstanter Drehzahl, der parallel mit einer Batterie von 100 Ah arbeitet, mit 36 V gespeist. Die Steuerstromkreise können nur bei geschlossenem Hauptschalter eingeschaltet werden. Der Fahrschalter kann nur betätigt werden, wenn die nötige Bremsluft vorhanden ist. Ein Ordnungschalter mit 2 Signallampen zeigt an, ob Steuerstrom vorhanden, der Hauptschalter offen ist und der Fahrschalter auf Null steht. Alarm- und Warnvorrichtungen melden unzulässige Geschwindigkeit auf den Zahnradstrecken und ausbleibende Lüftung der Widerstände. Bei Überschreiten der zulässigen Geschwindigkeit löst ein Fliehkraftregler die selbsttätige Geschwindigkeitsbremse von Lokomotive und Zug und die direkt wirkenden Bandbremsen beider Triebzahnräder aus. Ein kleiner Fliehkraftregler schützt den vorderen Zahnradmotor gegen Durchbrennen durch Auslösen des Hauptschalters. (BBC Mitt. Baden Bd. 16, S. 123.)

Wchm.

Bergbau und Hütte.

Die Sicherheit des elektrischen Schießens in Bergwerken[1]. — W. Vogel weist auf die Entstehung und Beseitigung der Gefahren durch Schleichstrom und Erdschluß für das elektrische Schießen unter Tage bei Stromentnahme aus den Starkstromeinrichtungen hin. Es wird dargelegt, wie durch Wahl richtiger Zünder für mindestens 15 V Zündspannung und mindestens 200 mA Zündstrom und durch gleichzeitigen Übergang zum Zünden mit Starkstrom aus den vorhandenen Starkstromeinrichtungen nicht nur die Sicherheit der Zünder gegen Schleichströme sondern auch die Sicherheit des Zündens selbst erhöht werden kann. Die Mitbenutzung eines Schalters in Sonderausführung sorgt dafür, daß während der ganzen Zeit des Ruhestromes die Schießleitung zum Anschluß der Zünder dauernd über Erde kurzgeschlossen ist. Es werden also die Schleichströme, die in die Schießleitung übertreten, durch den Kurzschluß in der Schießleitung von den Zündern ferngehalten und außerdem auch noch nach Erde abgeleitet. Aufbau und Anschluß des Schalters bewirken weiterhin gleichzeitig und obenein selbsttätig, daß nur während des Augenblickes des Schießens selbst, also nur während eines Bruchteiles einer Sekunde, der Erdungsanschluß aufgehoben und auch nur während dieses Augenblickes die Verbindung mit der Starkstromeinrichtung zur Abgabe des nötigen Stromstoßes im Zünder vorhanden ist. Die Zündmaschine mit ihrer immerhin sehr begrenzten Energieerzeugung kommt ganz in Fortfall, während aus dem Starkstromnetz jetzt Energiemenge in beliebiger Höhe zur Verfügung steht. Diese Energiemenge ist aber gerade für die Sicherheit des Zünders ausschlaggebend. (W. Vogel, El. i. Bergb. Bd. 4, S. 167.) *Sb.*

Elektrische Gichtgasreinigung. — Die Bismarckhütte Abteilung Falvahütte hat bei der Vergrößerung ihrer Hochofenleistung mit Rücksicht auf die Wasserknappheit statt der bisherigen Naßreinigung eine Elektroreinigung System SSW errichtet. Die ursprünglich zweistufig geplante Reinigung von 25 000 nm³/h auf 0,1 ... 0,2 g/nm³ und anschließend von 10 000 nm³/h auf 0,01 ... 0,02 g/nm³ Reingasstaubgehalt für die Beheizung einer Koksofengruppe (die restlichen 15 000 m³ dienen zur Beheizung der Winderhitzer) konnte nach der Inbetriebnahme der Anlage durch Parallelschaltung aller 5 Einheiten einstufig bis auf Maschinengasreinheit durchgeführt werden. Die Filtereinheiten sind ähnlich wie bei der Versuchsanlage der SSW auf der Dortmunder Union[1] gebaut, besitzen jedoch statt eines je 2 Abwärts- und Aufwärtsschächte und außerdem eine pneumatische selbsttätige Niederschlag-Elektrodenschüttelung. Die Sprühelektroden bestehen aus kreuzweise in Rohrrahmen gespannten Chromnickeldrähten. Die im Filter angeordneten Isolatoren werden dauernd beheizt. Zum Schutz gegen äußere Witterungseinflüsse ist die Filteranlage durch ein Haus umbaut. Das mit 200 ... 350 ° der Gicht entströmende Gas erfordert vor Eintritt in die Filteranlage Abkühlung und Erhöhung seines Wasserdampfgehalts durch einen Einspritzkühler in Verbindung mit einem selbsttätigen Temperaturregler. Außerdem ist ein Aufheizer vorhanden, bei dem eine geringe Menge Luft zur völlig gefahrlosen umgekehrten Verbrennung in das Gas gegeben wird, um dieses notfalls um 10 ... 20 ° zu erwärmen und Verkleben des abgeschiedenen Staubes zu vermeiden. Für die Befeuchtung ohne Abkühlung ist noch ein Dampfanschluß vorgesehen, der jedoch nur in seltenen Ausnahmefällen in Tätigkeit kommt. Der unerwartet hohe Zinkoxydgehalt des Gichtstaubes von 35 % erschwert die Reinigung und erfordert erhöhten Feuchtigkeitszusatz bis auf 100 g/m³ und darüber. Der Druckverlust in den Filterkammern beträgt nur rd. 5 mm WS gegen etwa 200 mm WS bei mechanischer Trockenreinigung. Die Staubaustragung erfolgt aus den Bunkern durch Zellenräder in Wagen. Der Staub wird an Zinkhütten verkauft.

Die Leistungsfähigkeit der Anlage erwies sich so groß, daß sie imstande ist, 70 000 nm³/h auf 0,01 ... 0,02 g/nm³ zu reinigen. Der Energieverbrauch beträgt dementsprechend nur 0,34 kWh/1000 nm³ gegen rd. 5 ... 7 kWh bei Naßreinigung. Die Betriebskosten stellen sich, bei Naßreinigung zu 100 angenommen, bei der Elektroreinigung nur auf 30,2 und unter Berücksichtigung einer Gutschrift von 13,6 für Gichtstaub auf nur 16,6, also ein Sechstel der Naßreinigungskosten.

Das Hochofenwerk Oberscheld hat nach früherem Betrieb mit ungereinigtem Gas zur Reinigung seines Kessel- und Winderhitzer-Heizgases ebenfalls eine ähnlich gebaute SSW-Elektrofilteranlage aufgestellt, weil dieselbe die Schwierigkeiten der Wasser- und Schlammwirtschaft vermied und den Betrieb ohne einen Ventilator nur mit dem Hochofendruck gestattete. Die Anlage wurde ursprünglich für die Reinigung von 10 000 nm³/h bemessen und nach Erweis der Brauchbarkeit auf 20 000 nm³/h erweitert; Ausbaumöglichkeit auf 50 000 nm³/h ist vorgesehen. Die Anforderungen an diese Anlage sind besonders groß, da nur ein Ofen in Betrieb ist, so daß Temperatur-, Druck- und Gasmengeschwankungen sich ungemildert auf die Reinigungsanlage übertragen und berücksichtigt werden müssen. Die kurze Rohrzuleitung ergibt hohe Gastemperatur am Filtereintritt, das trockene Erz einen niedrigen Taupunkt des Gases. Ein Standrohr als Einspritzkühler und Befeuchter in Verbindung mit einem Thermostaten regelt die Einspritzwassermenge abhängig von der Gastemperatur. Ein Dampfanschluß gestattet die Taupunkterhöhung ohne Kühlung des Gases, falls dies einmal nötig wird. Im allgemeinen arbeitet die Anlage bei etwa 80 ° am Filtereintritt und ergibt bei einem Taupunkt von etwa 50 °, einer Gasgeschwindigkeit von etwa 2,7 m/s eine Reinigung auf 0,018 g/nm³. Der Staubaustrag erfolgt auf den Bunkern über ein Trans-

[1] Vgl. ETZ 1928, S. 1275; 1930, S. 912.

[1] ETZ 1927, S. 1063.

Digitized by Google

portband zu einer Verdichtungsanlage, in der der Staub auf das Dreifache seines Volumgewichts von 250 kg/m³ verdichtet und dann als Wärmeschutz- und Steinzusatzmittel verkauft wird.

Der Energieverbrauch beträgt einschl. der Pumpenleistung für die Befeuchtung 0,878, ohne letztere 0,668 kWh/1000 nm³. Er ist größer als auf der Falvahütte, weil die Heizgasspülung der Isolatoren aus besonderen Gründen kräftiger durchgeführt ist, ferner weil der Niederschlagelektroden-Schüttelantrieb hier ebenfalls elektrisch ist und schließlich der Hochspannungsmaschinensatz infolge Bemessung für doppelten Ausbau erhöhte Leerlaufverluste hat. Die Betriebskosten sind niedriger als bei anderen Reinigungsanlagen. Die Kessel konnten bei Betrieb mit Reingas mit neuzeitlichen Brennern, Überhitzern, Speisewasser-Vorwärmern und Lufterhitzern versehen werden. Ebenso wurden die Cowper mit engen Kanälen und neuzeitlichen Füllkörpern ausgerüstet. Die Verdampfung auf 1 m² Kesselheizfläche stieg von 10,6 auf fast 20 kg. Der Gasbedarf für 1 kg Normaldampf ging um fast 30 % auf 0,815 nm³ herunter. Der Kesselwirkungsgrad stieg um 42 % auf 74,8 %. Bei einem Vorversuch mit heißer Verbrennungsluft wurde eine mittlere Verdampfung von 22 kg/m² und ein Reingasverbrauch (bezogen auf Normalgas mit 1000 kcal/nm³ tr. unterem Heizwert) von 0,792 nm³/kg Normaldampf bei einem Kesselwirkungsgrad von 80,0 % erzielt. (H. Bosse, St. u. E. Bd. 49, S. 1153; L. v. Reiche, St. u. E. Bd. 49, S. 1256.) *C. H.*

Fernmeldetechnik.

Das Funkfernsprechen mit Schiffen. — Die besondere Schwierigkeit des Funksprechverkehrs mit Schiffen besteht darin, trotz des nahen räumlichen Zusammenliegens von Empfänger und Sender auf dem Schiff ihre gegenseitige Beeinflussung zu verhindern, so daß ein regelrechter Gegensprechverkehr möglich ist. Dagegen ist eine einwandfreie Verständigung leicht zu erzielen, wenn man auf dem Schiff beim Übergang vom Sprechen zum Hören und umgekehrt jedesmal umschaltet (sog. Wechselverkehr). Ein solches Verfahren genügt natürlich für den regelrechten allgemeinen Sprechbetrieb nicht, aber es bildet ein einfaches und geeignetes Verkehrsmittel für den Nachrichtenaustausch zwischen Land und Feuerschiffen sowie zwischen Land und Fischereifahrzeugen. Vorläufig wird es nur zum Austausch von Telegrammen benutzt, gewährt aber den Vorteil, die Ausbildung von besonderen Telegraphisten, deren Telegraphierfertigkeit oft genug zu wünschen übrig ließ, entbehrlich zu machen.

Als deutsche Gegenfunkstelle an Land dient die Küstenfunkstelle Cuxhaven, die bei ihrem kürzlich beendeten Umbau mit neuzeitlichem Sprechgerät ausgerüstet worden ist, mit dem sich bei Versuchen sogar eine Reichweite bis zu etwa 1000 km ergeben hat. Vom Schiff nach Land wird auf Welle 190 m gearbeitet, während Cuxhaven mit Welle 160 m sendet. Um auch den Verkehr der Fahrzeuge mit ausländischen Küstenfunkstellen zu ermöglichen, hat die Deutsche Reichspost die Bereitstellung verschiedener Küstenfunkstellen im Ausland (England, Norwegen und Dänemark) erwirkt. Über Wellenlängen und Verkehrszeiten sind besondere Vereinbarungen getroffen worden. Versuchsweise ist, um zunächst im Nahverkehr Erfahrungen zu sammeln, für die Nordsee in neuester Zeit ein Sprechverkehr zwischen den erwähnten Nordsee-Fischereidampfern sowie sonstigen Küstenfahrzeugen und sämtlichen Orten Deutschlands im Wechselverkehr zugelassen worden. Die Gebühren betragen neben der im Inlandsbetriebe geltenden Gesprächsgebühr 12 RM für 3 min Gesprächsdauer. Es muß abgewartet werden, welche Ergebnisse dieser Versuchsverkehr hat und ob sich ein Bedürfnis für seine Beibehaltung und Ausgestaltung zum normalen Sprechbetrieb ergibt. (Münch, Europ. Fernspr. 1930, S. 38.)

Bkm.

Die International Telephone and Telegraph Corporation in Rumänien und Schanghai. — Nach einer Mitteilung der Standard Elektrizitäts-Gesellschaft AG. ist zwischen der International Telephone and Telegraph Corp. und der rumänischen Regierung ein Vertrag zum Zweck der Entwicklung und Verbesserung des Fernsprechverkehrs in Rumänien abgeschlossen worden, das bei einer Bevölkerung von über 17 Millionen nur 0,21 Fernsprecher je 100 Einwohner zählt. Der Vertrag sieht die Organisierung einer rumänischen Gesellschaft durch die I.T.T. vor mit der Aufgabe, ein vollständiges Fernsprechnetz für Orts-, Nah-, Fern- und zwischenstaatlichen Verkehr einschließlich der erforderlichen Draht-, Kabel- und drahtlosen Verbindungen zu errichten und zu betreiben. Die Konzession ist in großen Zügen die gleiche, wie sie 1924 von der spanischen Regierung genehmigt wurde und gilt für eine Mindestdauer von 20 Jahren. Nach Ablauf dieser Zeit kann der rumänische Staat die ganze Anlage gegen Zahlung der Kosten und einer Vergütung zurückerwerben, die sich fortschreitend verringert, wenn der Zeitpunkt des Rückkaufs über die erwähnte Konzessionsdauer hinaus verschoben wird. Das Programm der I.T.T. umfaßt den Bau eines modernen Fernsprechnetzes für Orts-, Nah-, Fern- und zwischenstaatlichen Verkehr mit Selbstanschlußanlagen nach dem Rotary-System in allen wichtigen Städten des Landes.

Wie wir weiter hören, haben die Aktionäre der Gemeinsamen Fernsprechgesellschaft von Schanghai, deren Netz sowohl das internationale als auch das französische Settlement versorgt und Ende Mai rd. 36 200 Fernsprechstellen zählte, sich für ein Kaufangebot der I.T.T. entschieden; die Zustimmung des Rats der beiden Settlements soll gesichert sein. Die Einrichtung der Gemeinsamen Fernsprechgesellschaft ist bereits nach dem Rotary-Selbstanschlußsystem gebaut und von der China Electric Co., Ltd., einer Konzerngesellschaft der I.T.T., geliefert worden.

Hochspannungstechnik.

Die unterdrückte Entladung bei Stoßspannung. — Die von J. J. Torok beschriebene „unterdrückte Entladung"[1] wurde von ihm in Gemeinschaft mit Slepian weiter untersucht und besonders die Stromstärken gemessen. Die unterdrückte Entladung wird dadurch erhalten, daß man die an einer Funkenstrecke liegende Spannung kurz vor dem völligen Durchbruch auf irgendeine Weise plötzlich wegnimmt. Die Verfasser verwendeten eine Schaltung nach Abb. 7. Eine Steuerfunkenstrecke *B* (150 cm-Kugeln) liegt hinter einer 4 m langen Leitung und ist der Versuchsfunkenstrecke *C* parallel geschaltet. Die sich an *C* ausbildende Entladung wird plötzlich abgebrochen, sobald die auf einen kleineren Durchschlagwert eingestellte Steuerfunkenstrecke *B* nach Ablauf ihrer Zeitverzögerung durchschlagen wird. Durch Änderung der Einstellung von *B* lassen sich verschiedene Entwicklungsstadien des Durchbruchs an *C* beobachten. Auf beiden Seiten von *C* sind Zirkonwiderstände *R* von je 50 Ω eingeschaltet. Die an *R* liegenden Meßfunkenstrecken *D* und *E* (6,25 cm-Kugeln) gestatten, die Maximalwerte der durch *R* fließenden Ströme zu bestimmen. Als Versuchsfunkenstrecke *C* dienten zwei Kugeln (75 oder 50 cm Dmr.) oder eine 50 cm-Halbkugel gegen eine große Platte. Die Spannung lieferte der Stoßgenerator *A* für 2 Mill V.

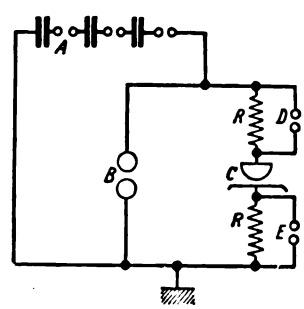


Abb. 7. Versuchsschaltung.

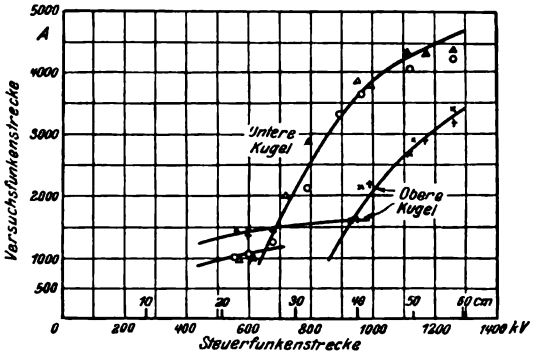
Die Ergebnisse werden einmal in Form von 18 Photographien verschiedener Stadien der unterdrückten Entladung, sodann als Kurven mitgeteilt. Abb. 8 zeigt die an der Kugelfunkenstrecke erhaltenen Ströme. An den Widerständen *R* wird ja mittels *D* und *E* nur ein Maximalwert gemessen, der sowohl dem kapazitiven Ladestrom der Funkenstrecke als auch dem in der unterdrückten Entladung fließenden Strom zugehören kann, je nachdem, welcher gerade größer ist. Beide Ströme haben ihre Maxima zu verschiedenen Zeiten; der Ladestrom ist am größten während des Durchbruchs der Steuerfunkenstrecke, denn die dann auftretende Spannungsänderungs-Geschwindigkeit ist größer als die der Stirn der Stoßspannung. Der Strom durch die unterdrückte Entladung hat sein Maximum kurz vorher. Diese Überlegung wird durch den Knick in den Kurven der Abb. 8 bestätigt. Bei den kürzeren Schlagweiten der Steuerfunkenstrecke wird der größere Ladestrom gemessen, der erste Teil der Kurven ist also ein Maß für die Änderung der Durchbruchschnelligkeit der Steuerfunkenstrecke mit ihrer Einstellung. Der zweite Kurventeil zeigt den Strom in der unterdrückten Entladung.

Überraschenderweise ist der Entladungsstrom (zweite Kurventeile) für die untere Kugel größer als für die obere. Die Polarität der Stoßspannung spielt, wie die eingetragenen Meßpunkte zeigen, keine Rolle, obwohl die photographischen Entladungsbilder recht deutliche Unter-

[1] ETZ 1928, S. 1087.

Digitized by Google

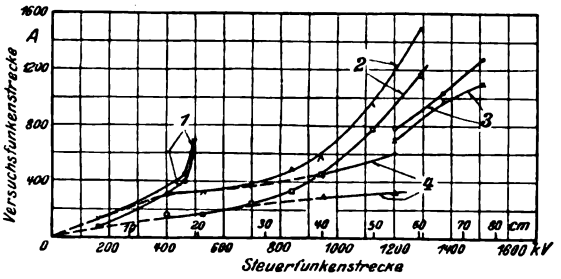
schiede erkennen lassen. In Abb. 9 sind die Ergebnisse mit der Funkenstrecke Halbkugel-Platte eingetragen. Die Entladungsströme setzen hier bei kürzeren Schlagweiten von *C* früher ein; die Polarität spielt eine beträchtliche Rolle, offenbar gehört zur jeweils positiven Elektrode



× Strom zur oberen Kugel, diese positiv
\+ „ „ „ „ „ „ negativ
△ „ „ unteren „ „ „ positiv
○ „ „ „ „ „ „ negativ

Abb. 8. Stromstärken der unterdrückten Entladung zwischen Kugeln von 50 cm Dmr. bei 75 cm Abstand.

der größere Entladungstrom. Für die Schlagweite 144 cm (Kurve 4) ist der Kurvenknick wahrscheinlich noch nicht erreicht worden; allgemein sollen die gestrichelten Kurvenstücke etwa dem Ladestromteil entsprechen. — Für die Praxis ist die Höhe der Ströme beachtenswert, die bereits vor dem endgültigen Durchbruch durch eine Funkenstrecke



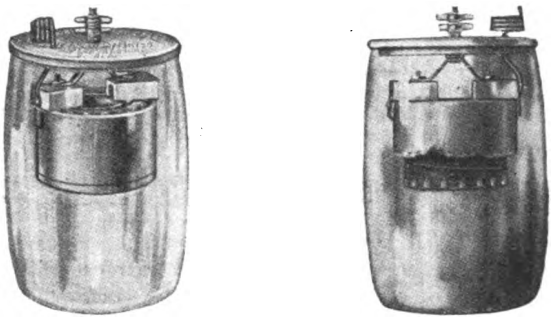
1 Schlagweite 30,5 cm, Halbkugel positiv, Platte negativ
2 110 cm, Halbkugel positiv, Platte negativ
3 110 cm, „ negativ, „ positiv
4 144 cm, „ „ „ „

Abb. 9. Strom der unterdrückten Entladung zwischen Halbkugel (50 cm Dmr.) und geerdeter Platte.

fließen können (Größenordnung $10^2 \ldots 10^3$ A). Das erklärt auch, daß in einem Stromkreis ungenügender Leistung der Durchbruch längere Zeit benötigt. Auch die theoretische Bedeutung der Versuche für die Erklärung des Luftdurchbruchs wird von den Verfassern kurz behandelt, wobei Slepian auf die von ihm aufgestellte Theorie der thermischen Ionisierung des Entladungspfades zurückgreift. (J. Slepian u. J. J. Torok, The Electric Journ. Bd. 26, S. 107.) *Wi.*

Chemie.

Das Kupferoxyd-Element in Amerika. — Während bei uns im Fernmeldewesen der Eisenbahnen die galvanischen Elemente nicht mehr die Rolle wie früher spielen, werden auf den amerikanischen Bahnen noch riesige Mengen verwendet; jedoch hat man die Meidinger-Elemente (Zink in Zinksulfatlösung, Kupfer in Kupfersulfatlösung) durch Zink-Kupferoxyd-Elemente mit Natronlauge als Elektrolyt ersetzt[1]. Abb. 10 a zeigt ein frisch beschicktes, Abb. 10 b ein erschöpftes Element mit abgefressenem Zinkzylinder. Das Kupferoxyd wird nach dem einen Verfahren fein gepulvert, mit einem Bindemittel (z. B. Natronlauge, Kalilauge und Kupfersulfat) gemischt, unter hohem Druck in die gewünschte Form gepreßt und dann gebacken; die Außenfläche wird teilweise zu Kupfer reduziert, damit die Elektrode gut leitet. Nach dem anderen Verfahren wird das lose Kupferoxyd (Pulver, Körner oder Flocken) in siebartig gelochte oder poröse Behälter gefüllt; diese Beutelelemente wurden früher bevorzugt. Bei dem zur Zeit mehr verwendeten Brikettelement werden entweder Platten oder Hohlzylinder verwendet, welche 9 ... 13 mm dick sind. Das Zink soll möglichst rein sein; es wird verquickt, indem man entweder 2,5 % Quecksilber beim Gießen zusetzt oder die fertigen Zylinder in Quecksilberlösung taucht. Das Ätznatron muß sehr rein sein; es soll 98 % NaOH



a b

Abb. 10. Amerikanisches Kupferoxyd-Element (a frisch, b verbraucht).

und weniger als 1 % Karbonat enthalten; an Chloriden und Sulfaten dürfen zusammen noch nicht 0,5 % vorhanden sein. Die Dichte der aus diesem Ätznatron hergestellten Lauge soll 1,21 bei Zimmertemperatur sein, was einer Lösung von 1 Teil Ätznatron auf 4 Teile Wasser entspricht. Damit der Elektrolyt aus der Luft keine Kohlensäure aufnimmt und dadurch verschlechtert wird, wird er mit dickflüssigem Mineralöl überschichtet; dieses Öl wird meist in besonderen Flaschen versandt und nach dem Zusammenstellen des Elementes aufgegossen, manchmal aber der Bequemlichkeit halber dem Ätznatron oder dem Kupferoxyd beigemischt oder in einem besonderen Behälter in der Zelle untergebracht, aus dem es beim Einfüllen der Lauge emporsteigt. Die Batteriegefäße sind aus besonderem Glas gefertigt, welches nicht springt, wenn der Elektrolyt in ihm bereitet wird und sich infolge der Lösungswärme des Ätznatrons auf etwa 38 ° erwärmt. Diese Elemente sind mit einer Leistungsfähigkeit von 75 ... 1000 Ah im Handel.

Die Anfangspannung des Elementes beträgt 1,24 V, die Arbeitspannung praktisch 0,66 V; die Entladung wird als beendet angesehen, wenn die Spannung auf 0,5 V gefallen ist. Dann ist auch das Zink stark abgefressen und der Elektrolyt verbraucht, so daß man die Zellen neu beschicken muß. Nach Ansicht von M. L. Martus[1] beruht die hohe Anfangspannung auf der Mitwirkung des Luftsauerstoffes, während später, sobald der zur Depolarisation nötige Sauerstoff dem Kupferoxyd entnommen wird, die Spannung auf 0,85 V fällt und in der 3. Stufe, sobald Kupferoxydul zu Kupfer reduziert wird, auf 0,6 V heruntergeht. Was den Zinkverbrauch angeht, so werden theoretisch gemäß dem Faradayschen Gesetz für 1 Ah 1,22 g Zink verbraucht; tatsächlich wird mit 1,5 g gerechnet. Die Kupferoxyd-Elektrode wird durch die Stromentnahme teilweise zu metallischem Kupfer reduziert; sie oxydiert sich bald wieder, wenn man sie an einem warmen Ort dem Luftsauerstoff aussetzt, so daß man sie immer wieder verwenden kann.

Während der Entladung ändert sich der Elektrolyt, indem die entstehende schwere Natriumzinkatlösung zu Boden sinkt; die Elektroden müssen deshalb im oberen Teile des Elektrolyten angebracht sein. Martus fand z. B., daß bei den von ihm untersuchten Elementen, welche regelrecht 500 Ah liefern (bei Dauerentladung mit 3 A), die Leistung auf 450 Ah zurückging, wenn die Elektroden um 2,5 cm gesenkt waren, und nach einer Senkung um 10 cm gar nur 300 Ah betrug. Wenn die Elektroden zu tief eintauchen, so bedecken sie sich gegen Ende der Entladung mit Zinkatkristallen. Zu hohe und zu tiefe Temperatur vermindern die Leistung der Zellen; in gleichem Sinne wirkt zu starker oder zu geringer Gehalt des Elek-

[1] Diese Art von Elementen ist zuerst von Lalande ersonnen worden. In Deutschland ist sie durch die „Cupron"-Elemente und die „Eldurator"-Batterien vertreten.

[1] Transact. Am. Electrochem. Soc. Bd. 53, S. 175.

Digitized by Google

trolyten, wie die folgenden von Martus erhaltenen Vergleichswerte beweisen.

In 4,4 l Wasser gelöst	0°	21°	49°
525 g Ätznatron . .	219 Ah	244 Ah	179 Ah
1050 „ „ . .	327 „	500 „	482 „
1575 „ „ . .	91 „	497 „	582 „

Nachgeben von Ätznatron zur verbrauchten Lösung hat wenig Zweck, weil die große Menge von entstandenem Zinkat hinderlich ist. Bei einer Dauerentladung mit 1 A gibt die normale Beschickung mit 1050 g Ätznatron auf 4,4 l eine höhere Leistung von 550 Ah. (Advance Copy Nr. 24, 53. General Meeting of the Am. Electrochem. Soc., Bridgeport 1928.) *K. A.*

Werkstatt und Baustoffe.

Elektromechanisches Meldesystem für Werkstätten. — Bei den weitverstreuten Werkstätten der Bell & Howard Co. war es nötig, die Kontroll- und Betriebsabteilungen so nahe wie möglich zusammenzubringen. Man bediente sich hierzu einer elektromechanischen Signaleinrichtung, die man den besonderen Bedürfnissen anpaßte, mit der der Arbeiter selbst Zeitveränderungen am Arbeitstück und andere Mitteilungen direkt einem zentralen Kontrollstand meldet, so daß der augenblickliche Stand jeder Arbeit an dieser Zentralstelle zu jeder Zeit während des Tages bekannt ist. Auf diese Weise wurde viel Schreibarbeit gespart und das Büropersonal um die Hälfte verringert.

Sobald ein Arbeiter ein Werkstück beendet hat und an einem anderen beginnt, macht er der Zentralstelle Meldung, wo dieser Wechsel aufgeschrieben und die verbrauchte Zeit ausgerechnet wird. Die Zentralstelle ähnelt einer Fernsprechschalttafel mit Stöpseln, Signallampen usw., und der Vorteil liegt darin, daß die Signale sich leicht in wertvolle Angaben übersetzen lassen, und keine Fehler oder Verzögerungen durch unleserliche Handschriften vorkommen. Die Zifferblätter, die die Arbeiter benutzen, sind dieselben wie beim selbsttätigen Fernsprecher, und in der Zentralstelle besteht der Anzeigeapparat aus einem Mechanismus, durch den hinter kleinen Fenstern eine Reihe von Zahlen, entsprechend den übersandten Zahlen sichtbar gemacht wird. Aber nicht nur vor dem Beamten der Zentralstelle erscheint die Zahl oder der Buchstabe, sondern auch hinter einem Fenster der Sendestelle, so daß der Arbeiter erkennen kann, ob er eine richtige Meldung gemacht hat. Diese Sendestellen sind in den verschiedenen Werkstätten an zugänglichen Stellen aufgestellt.

In Verbindung hiermit werden zwei Hauptformulare benutzt, ein Laufzettel und eine Arbeitszeitkarte; letztere sind rot und schwarz gedruckt und wechseln täglich ab. Eine Farbe trägt die Bezeichnungen Montag, Mittwoch und Freitag und die andere Dienstag, Donnerstag und Sonnabend. Wenn der eine Satz Karten in der Zentralstelle benutzt wird, sind die Karten des vorhergehenden Tages in Händen des Rechnungsbüros, wo die verbrauchte Zeit mit dem Kostenformular verglichen wird. Die Laufzettel sind nach vorher aufgestelltem Programm in vier Exemplaren ausgestellt und dienen zur Kontrolle der Produktion, der Betriebskosten, der Leistung der einzelnen Abteilungen und des Fortschrittes der Arbeit. Ferner sind auf den Laufzetteln, von denen je ein Durchschlag in der Zentralstelle und beim Meister verbleibt, alle nötigen Mitteilungen, wie Anzahl der herzustellenden Stücke, die Zeit zur Ausführung derselben usw., vermerkt. Sobald eine Arbeit beendet ist, meldet der Arbeiter der Zentralstelle seine Nummer, die Nummer des Auftrages, die Anzahl der fertigen Stücke und das Zeichen, daß die Arbeit fertig ist. Zu dieser Meldung sind zwölf Zahlen oder Buchstaben vorgesehen, die für alle Angaben genügen. Sobald die Angaben in der Zentralstelle aufgeschrieben sind, wird die Leitung wieder freigemacht, und der Arbeiter kann die Angaben über seine neue Arbeit machen.

Auf diese Weise läßt sich sofort nachprüfen, ob die aufgewendete Zeit richtig ist. Wird die vorgeschriebene Zeit überschritten, so wird der Meister oder der Arbeiter zur Rechenschaft gezogen. Ist der Meister in Zweifel über die bisher für eine Arbeit aufgewendete Zeit, so fragt er durch das Signalsystem bei der Zentralstelle an, die ihm die bisher aufgewendete Zeit zurückmeldet, so daß er imstande ist, die Arbeit zu beschleunigen, ehe es zu spät ist. (Abrasive Industry Bd. 10, S. 29.) *Ill.*

Rohrkamera. — Mitunter ist es erwünscht, die Innenwand von Hohlkörpern (Rohre, Zylinder, Bohrungen) durch Augenschein auf Fehlerfreiheit zu prüfen, was mit Hilfe von Betrachtungsrohren geschehen kann. Eine derartige Prüfung ist aber sehr ermüdend und besitzt außerdem bei etwa später eintretenden Schadensfällen keine dokumentarische Beweiskraft. Wird die Innenwandung in zweifacher Vergrößerung photographiert, so wären bei einem Rohr von 75 mm lichtem Dmr. und 3 m Länge 6500 Einzelbilder (125 m Film) notwendig, deren Einzelbetrachtung sehr mühsam wäre. Wird ein Film des Rohrinneren aufgenommen, so sind (bei zweifacher Vergrößerung) sogar 650 000 Filmbilder bzw. 12 500 m Film erforderlich; die Zahlen zeigen, daß eine praktische Verwendung nicht in Frage kommt.

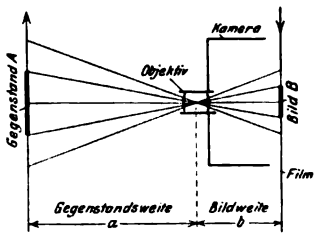


Abb. 11. Abbildungsprinzip bei stetig bewegtem Film.

Die Askania-Werke AG., Bambergwerk, Berlin, bauen nun eine Rohrkamera, die mit einem besonderen Aufnahmeverfahren und stetig bewegtem Film arbeitet und die Innenwand des genannten Rohres auf 144 m Film abzubilden erlaubt. Die Betrachtung des stetig ablaufenden fertigen Filmes erfordert nur geringe Zeit. Zur Erläuterung des Verfahrens diene Abb. 11. Wird ein Gegenstand A mit der Geschwindigkeit v_1 in Pfeilrichtung bewegt, so bewegt sich sein Bild B in der Kamera nach unten mit der Geschwindigkeit v_2. Diese Geschwindigkeiten stehen mit den in der Abbildung eingetragenen Abständen in der Beziehung $\frac{v_1}{a} = \frac{v_2}{b}$. Das gleiche gilt offenbar, wenn A stillsteht und statt dessen die Kamera bewegt wird. Um nun ein stets scharfes Bild auf dem Film zu erhalten, muß der Film mit einer aus obiger Gleichung folgenden Geschwindigkeit in Richtung der Kamerabewegung ablaufen.

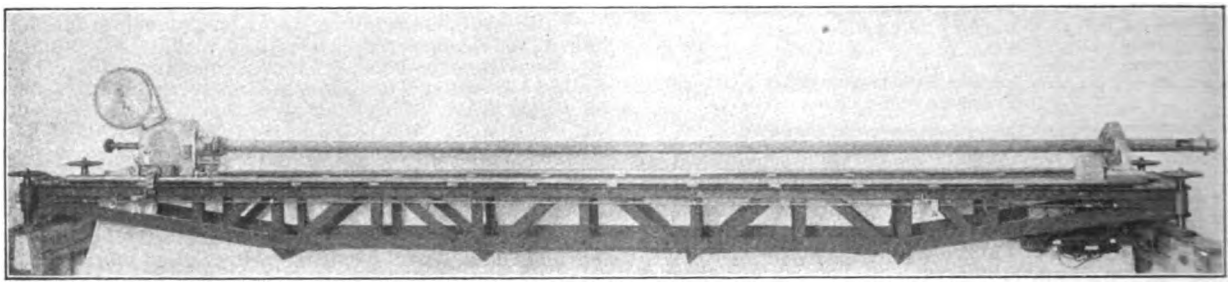


Abb. 12. Rohrkamera.

Bei der nach diesem Prinzip arbeitenden Rohrkamera sitzen am Ende des Beobachtungsrohres (rechts in Abb. 12) die aus Prisma und Linsen bestehende Optik sowie eine kleine Glühlampe. Am linken Ende des Rohres befindet sich die eigentliche Kamera mit den Filmtrommeln. Das Betrachtungsrohr wird nun durch motorischen Antrieb langsam durch das zu untersuchende Rohr in Achsenrichtung hindurchgeführt, am Ende dieses Rohres um eine Bildbreite gedreht, im Freilauf zurückgeführt und wieder

Digitized by Google

zur Aufnahme vorgeschoben. Für das obengenannte Beispiel sind 24 Aufnahmezüge nötig; die Aufnahmedauer beträgt 3,6 h, jedoch erfolgt die Aufnahme nach der ersten Einstellung vollkommen selbsttätig. (F. Beck, Kinotechnik Bd. 11, Nr. 7.) *nkl.*

Verschiedenes.

Jubiläum. — Die T. H. Hannover wird in der Zeit vom 14. bis 16. VI. 1931 die Feier ihres 100jährigen Bestehens festlich begehen.

Energiewirtschaft.

Aus der deutschen Elektrizitätswirtschaft[1]. — Die AG. Sächsische Werke, Dresden, hat 1929 in ihren Kraftwerken 913,782 Mill kWh erzeugt, d. s. nahezu 25 % mehr als im Vorjahr (734,144 Mill kWh); auf Hirschfelde entfielen davon 424,623, auf Böhlen 457,405 und auf die Wärmekraftwerke zusammen 896,879, auf die Wasserkraftwerke 16,903 Mill kWh. Dazu kamen 204,596 Mill kWh Fremdbezug (198,421 i. V.), so daß sich im ganzen ein Ausbringen von 1118,378 Mill kWh ergibt (932,565 i. V.). Die Jahreshöchstbelastung betrug 267 500 kW (254 600 i. V.), u. zw. in Hirschfelde 114 000, in Böhlen 129 200 kW. Nutzbar abgegeben hat die Gesellschaft an fremde Elektrizitätswerke 651,077 Mill kWh (556,377 i. V.), an die Abnehmer in den unmittelbaren Versorgungsgebieten der Elektrizitätswerke 265,828 Mill kWh (229,496 i. V.), insgesamt also 916,905 Mill kWh (785,873 i. V.); die Zunahme betrug demnach rd. 17 %. An die eigenen Betriebe gingen 68,868 Mill kWh (45,293 i. V.). Die Großkraftwerke Hirschfelde und Böhlen, von denen ersteres 69,5 %, letzteres rd. 50 % der Braunkohlenförderung verbrauchte, wurden je um 40 000 kW erweitert. In dem nunmehr mit Erdschlußlöschung versehenen 100 kV-Netz hat die Gesellschaft das Schaltwerk Niederwartha (Dresden-Nord) in Verbindung mit dem Pumpspeicherwerk dem Betrieb übergeben und das Umspannwerk Zwönitz (60 000 kVA) für 100 kV ausgebaut. Von der Energieversorgung Groß-Dresden AG. ist das Pumpspeicherwerk Niederwartha jetzt fertiggestellt worden. Den Betrieb führt die Berichterstatterin, die ferner gemeinsam mit der Stadt Zwickau (Beteiligung je 50 %) die Energie- und Verkehrs-AG. Westsachsen mit 8 Mill RM Aktienkapital errichtete, die den Betrieb des Zwickauer Elektrizitätswerks usw. übernahm. Der Anteil der ASW an der AG. für deutsche Elektrizitätswirtschaft beträgt 10 %. Erträgnisse aus Betrieben und Beteiligungen: 30 127 891 RM (26 157 519 i. V.), aus Sonstigem: 375 000 RM (4 741 000 i. V.), Reingewinn: 6 672 772 RM (3 827 768 i. V.), Dividende: wieder 10 % auf 20 Mill RM der voll dividendeberechtigten Aktien Lit. A. bei 100 Mill RM Gesamtaktienkapital.

Die Stromabgabe der AG. Körting's Elektricitäts-Werke, Berlin, ist 1929 gestiegen, der Erlös je verkaufte Kilowattstunde aber zurückgegangen. Der Konzessionsvertrag mit der Hamburger Vorortgemeinde Rahlstedt wurde unter starker Ermäßigung der Strompreise um 11 Jahre verlängert. Mit der Stadt Winnenden hat die Berichterstatterin die Elektricitätswerk Winnenden G. m. b. H. gegründet, ihr Werk in diese eingebracht und zunächst die Betriebsführung übernommen. Hinsichtlich der von ihr betriebenen bzw. verwalteten Elektrizitätswerke ist gegen das Vorjahr keine Änderung zu verzeichnen. Betriebseinnahmen und Installationsgewinn: 1 234 502 RM (1 238 220 i. V.), Reingewinn: 179 121 RM (204 076 i. V.), Dividende: 7 % auf 2,5 Mill RM Stammaktienkapital (8 % i. V.).

Die Jenaer Elektricitätswerke AG., bei denen die Anschlußbewegung 1929 infolge der starken Bautätigkeit rege war, haben während des genannten Jahres insgesamt 8,746 Mill kWh nutzbar abgegeben (7,539 i. V.) und überdies erstmalig an die Firma Carl Zeiß 3,680 Mill kWh zur Aushilfe und in den Sommermonaten. Mit der Gemeinde Hermsdorf wurde ein langfristiger Konzessionsvertrag geschlossen, wonach sich die Abnehmerzahl von 26 131 auf 29 204 erhöhte, und mit einer Reihe weiterer Gemeinden hat die Gesellschaft die Lieferungsverträge unter Strompreisermäßigung erneuert. Die Einnahmen aus Stromlieferung und Installationen betrugen 2 595 386 RM (2 222 522 i. V.).

Der Anschlußwert der Niederrheinischen Licht- und Kraftwerke AG., Rheydt, die Strom von den Niederrheinischen Braunkohlenwerken AG. (Kraftwerk Frimmersdorf) beziehen, ist ohne die indirekt versorgten Gebiete 1929 von 37 242 auf 39 631 kW und die Elektrizitätsabgabe von 44,660 auf 46,133 Mill kWh, also um 3,3 % gestiegen.

Wie die Verwaltung des Bezirksverbands Heimbachkraftwerk, Freudenstadt, in ihrem Bericht für 1929 mitteilt, war sie in weitgehendem Maß durch die Arbeiten für einen besseren Zusammenschluß der württembergischen kommunalen Überlandwerke in Anspruch genommen. Um das Kraftwerk Bettenhausen voll auszunutzen und als Speicherwerk betreiben zu können, hat die Verbandsversammlung den Bau des Ausgleichbeckens bei Reinau beschlossen. Infolge Auflösung der Überlandwerk Glatten G. m. b. H. wurde deren Aktiv- und Passivvermögen auf den Bezirksverband übertragen, dessen Reinertrag 43 235 RM betrug (37 762 i. V.). — Bei der Überlandwerk Glatten G. m. b. H., Freudenstadt, ist 1929 der Stromverbrauch der Kleinabnehmer um 14 % gewachsen, der der Großabnehmer aber infolge der ungünstigen Wirtschaftslage um 7 % zurückgegangen. Die Abnahme an Haushaltstrom weist eine Steigerung um 17 % auf; der Durchschnittspreis für die Kilowattstunde hat sich um 7,5 % von 36,4 Pf i. V. auf 33,7 Pf verringert. Nach dem Wohnungstarif beziehen bereits über 70 % der Kleinabnehmer elektrische Arbeit. Stromerzeugung im Dampfkraftwerk Glatten und Bezug von Bettenhausen, dem Bezirksverband OEW, Laufenburg usw. betrugen 14,243 Mill kWh (14,203 i. V.), die Abgabe an das Netz 13,748 Mill kWh (13,775 i. V.) und der Verkauf bei einem Netzverlust von 2,888 Mill kWh 10,861 Mill kWh (10,869 i. V.). Der Netzwirkungsgrad war wie i. V. 79 %, der Gesamtanschlußwert 35 856 kW (33 913 i. V.). Einnahmen aus Stromlieferung: 1 482 110 RM (1 412 900 i. V.), aus Installationen. Waren usw.: 11 104 RM (10 474 i. V.), Reingewinn: 31 569 RM (44 036 i. V.), Dividende: 0 % (8 % auf 0,4 Mill RM Stammkapital i. V.).

Vom Elektrizitätswerk Sachsen-Anhalt AG., Halle a. S., sind 1929 342 Mill kWh geliefert worden (307 i. V.). Der Stromabsatz des Elektrizitätswerks Bitterfeld war ein wenig größer als 1928. Das um 20 000 kVA erweiterte Kraftwerk Groß-Kayna hat wiederum in den Monaten April/September nicht gearbeitet, in den übrigen 65 Mill kWh erzeugt (59 i. V.). Neu entstanden sind eine 50 kV-Leitung von Weferlingen nach Salzwedel mit einem Umspannwerk und eine solche von Nachterstedt nach Halberstadt. Betriebserträgnisse: 5 173 549 RM (4 497 690 i. V.), Einnahmen aus Beteiligungen und Verschiedenes: 211 260 RM (198 249 i. V.), Reingewinn: 884 848 RM (761 279 i. V.), Dividende: wieder 8 % auf 8 Mill RM Aktienkapital, das man am Jahresschluß verdoppelt hat.

Nach dem illustrierten Geschäftsbericht der Neckar-AG., Stuttgart, für 1929 waren zu Beginn des Berichtsjahres die Staustufen Heidelberg, Horkheim, Münster, Cannstatt und Obereßlingen im Bau. Die erstere wurde bis auf die Ersatzwasserkraftanlage für die Herrenmühle fertig. Neckargemünd und Neckarsteinach sollen Ende des laufenden Jahres in Betrieb kommen. Die Staustufe Horkheim konnte der Pächterin (Portland-Zementwerk Lauffen a. N.) übergeben werden, ebenso die Staustufe Obereßlingen der Neckarwerke AG. Der Ausbau der Stufen Hirschhorn und Rockenau ist für 1931 vorgesehen. Die Erzeugung sämtlicher Kraftwerke betrug annähernd 70 Mill kWh, die Einnahme aus ihnen 1 247 107 RM (1 163 908 i. V.) und aus Sonstigem 347 205 RM (184 705 i. V.).

Beim Elektrizitätswerk Schmölln der Elektricitätswerke-Betriebs-AG., Riesa, hat sich 1929 die Stromabgabe weiter von 1,557 auf 1,519 Mill kWh verringert, während der Anschlußwert von 2917 auf 3047 kW gestiegen ist; dagegen lieferte das Elektrizitätswerk Gößnitz bei 1696 kW Anschlußwert (1603 i. V.) 1,041 Mill kWh (1,02 i. V.). Betriebseinnahmen: 478 138 RM (522 090 i. V.), Zinsen und Sonstiges: 134 903 RM (11 121 i. V.), Reingewinn: 128 939 RM (125 111 i. V.), Dividende: wieder 12 % auf 1 Mill RM Aktienkapital.

Infolge stark verminderter Wasserführung der Werra ist die Erzeugung der Werrakraftwerke AG., Weimar, 1929 von 3,805 auf 3,188 Mill kWh, also um rd. 16 % zurückgegangen, so daß die Gesellschaft von der Ausschüttung einer Dividende Abstand nehmen mußte (3 % auf 1,260 Mill RM Aktienkapital i. V.). Die Stromlieferung und kleine Einnahmen erbrachten 125 188 RM (147 980 i. V.), Überschuß: 21 083 RM (43 752 i. V.).

[1] Vgl. ETZ 1930. S. 1051.

Digitized by Google

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

M. Krone. — Der verdiente Vorsitzende des Verbandes Deutscher Elektrotechniker, Herr Generaldirektor Dr.-Ing. E. h. Max Krone, Dortmund, begeht am 25. Juli 1930 in seltener Frische sein 60. Wiegenfest, zu dem ihm neben der gesamten Elektrowirtschaft weiteste Kreise der Elektrotechnik die aufrichtigsten Wünsche entgegenbringen.

BRIEFE AN DIE SCHRIFTLEITUNG.

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Schriftleitung und ohne deren Verbindlichkeit.)

Chemisch-technologische Arbeiten im Dresdner Dielektrischen Institut.

Herr Dr. A. BÜLTEMANN teilt in seinem Bericht in der ETZ, H. 18, vom 1. Mai 1930, verschiedene Erfahrungen über Isolatoren aus Hartpapier mit. Es heißt dort u. a.: „Großverbraucher hatten die Erfahrung gemacht, daß Hartpapier-Durchführungen mit und ohne Kondensatoreinlagen in 100 kV-Netzen bei der Abnahmeprüfung gute elektrische Werte ergaben, aber trotzdem nach mehr oder weniger langer Betriebszeit zu Bruch gehen." Wie dem Unterzeichneten auf Nachfrage im Dielektrischen Institut bestätigt wurde, beziehen sich diese Beobachtungen nicht auf die von den Siemens-Schuckertwerken hergestellten Durchführungen nach dem Kondensatorprinzip von NAGEL. Durchführungen dieser Bauart wurden bereits im Jahre 1911 für eine Betriebspannung von 110 kV geliefert. Weder an diesen noch an vielen Zehntausenden später gelieferter Durchführungen sind prinzipielle Fehler, wie sie Herr Dr. BÜLTEMANN in seinem Aufsatz schildert, im Betriebe aufgetreten.

Ich halte diese Feststellung für notwendig, um zu verhindern, daß spezielle ungünstige Erfahrungen mit anderen Erzeugnissen, die nach ihrem konstruktiven Aufbau und der Wahl ihrer Rohstoffe nicht befähigt sind, den Beanspruchungen des Betriebes standzuhalten, verallgemeinert werden.

Charlottenburg, 28. VI. 1930.

W. Estorff.

LITERATUR.

Besprechungen.

Die Fernsprechanlagen mit Wählerbetrieb (Automatische Telephonie). 4. Aufl. Von Prof. Dr.-Ing. F. Lubberger. Mit 191 Abb. i. Anhang u. 316 S. in gr. 8°. Verlag R. Oldenbourg, München u. Berlin 1930. Preis geb. 15 RM.

Das Buch erlebt in sechs Jahren hiermit seine 4. Auflage, ein Beweis, daß der Gedanke, in dieser Form eine umfassende Einführung in die Wählertechnik des In- und Auslands zu geben, auf fruchtbaren Boden gefallen ist. In der vorliegenden Neuauflage ist minderwichtiges Altes ausgemerzt und der Inhalt im übrigen auf den neuesten Stand gebracht worden. Das Bestreben, das Buch durch Fortlassen von Nachbargebieten (Kraftanlagen), die ohnehin infolge ihrer schnellen Entwicklung eine Sonderbehandlung erfordern, nicht unhandlich werden zu lassen, ist zu begrüßen. Die eingehende kritische und systematische Behandlung der Stromläufe in der vorliegenden Form wird auch in Zukunft namentlich den Studierenden ein willkommener Wegweiser sein. Das Buch kann allen Fernmeldetechnikern warm empfohlen werden.

Kruckow.

Radiotechnik. Bd. 4: Stromquellen für Röhrenempfangsgeräte, galvanische Elemente, Akkumulatoren u. Netzanschlußgeräte. Von Dr.-Ing. R. Albrecht. (Samml. Göschen Bd. 966.) Mit 61 Abb. u. 108 S. in kl. 8°. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin u. Leipzig 1927. Preis geb. 1,50 RM.

Das Buch erläutert in einer Vorbetrachtung zunächst das Wesen der Elektronenröhre und die verschiedenen Stromkreise (Heiz-, Anoden- und Gitterkreis), die durch äußere Stromquellen gespeist werden müssen. Die Speisung kann grundsätzlich auf dreierlei Art erfolgen, durch Primärelemente, durch Sekundärelemente (Sammler) oder durch Netzanschluß.

Im ersten Teil des Buches werden die galvanischen Elemente — Daniell-, Leclanché-, Trockenelemente — und die in ihnen stattfindenden chemischen Vorgänge ausführlich beschrieben. Der zweite Teil befaßt sich in ähnlicher Weise mit den Sammlern, auch den alkalischen Nickel-Eisen- (Edison-) und Nickel-Kadmium- (Jungner-) Sammlern. Im dritten und vierten Teil werden Ladegleichrichter für Heiz- und Anodenbatterien behandelt. Der fünfte Teil bringt Netzanschlußgeräte für Gleich- und Wechselstrom. Am Schluß wird ein Vergleich zwischen den drei Arten von Stromquellen gezogen.

Durch die rasche Entwicklung der Radiotechnik, insbesondere auf dem Gebiet der Gleichrichter- und Netzanschlußgeräte, ist das vorliegende Bändchen seit den drei Jahren seines Erscheinens in vieler Hinsicht überholt worden. Gegenüber der ausführlichen Behandlung der Batterien erfahren die Netzanschlußgeräte nur eine sehr geringe Berücksichtigung. Überhaupt versteht der Verfasser unter „Netzanschlußgeräten" nur solche, die als Zwischengeräte für vorhandene Batterieempfänger dienen sollen, das was wir heute als Netzanoden usw. bezeichnen. Netzanschlußgeräte im heutigen Sinn als vollständige Empfangsgeräte fehlen gänzlich. Infolgedessen ist das Urteil in der Schlußbetrachtung des Verfassers heute nicht mehr befriedigend.

Langewiesche.

Die nordischen Wasserkräfte. Ausbau und wirtschaftliche Ausnutzung. Von Dr.-Ing. Dr. techn. h. c. Adolf Ludin, o. Prof. a. d. Technischen Hochschule zu Berlin, unter Mitarbeit von Dr.-Ing. Paul Nemenyi, Dipl.-Ing. Mit 1005, zum Teil farbigen Abbildungen im Text und auf 2 Tafeln. VIII, 778 S. Verlag von Julius Springer, Berlin 1930. Preis geb. 160 RM.

Im Vorwort nennt der Verfasser das Werk eine zusammenfassende, im wesentlichen beschreibende Darstellung der nordischen Wasserkraftwirtschaft und -technik, die als eine neuzeitliche teilweise Ergänzung zu seinem 1913 erschienenen Werk „Die Wasserkräfte" angesehen werden könne.

Das Werk ist in 4 Teile gegliedert: 1. Schweden, 2. Norwegen, 3. Finnland und 4. Einzelheiten. Der 1. Teil umfaßt 12 Abschnitte: Die natürlichen Grundlagen, die rechtlichen Grundlagen; die Elektrizitätswirtschaft Schwedens; Luleälv und das übrige Nordschweden bis zum Piteälv, die übrigen Wasserkräfte von Övre Norrland; die Wasserkräfte von Nedre Norrland und die Küstenlands-Wasserkräfte Mittelschwedens nördlich vom Dalälv; das Dalälv-Gebiet; das Mälarengebiet und die benachbarten Wald- und Küstenflüsse des östlichen Mittelschwedens; Wettersee, Motalastrom und die benachbarten ostschwedischen Küstenflüsse zwischen Nyköpingsan und Eman; der Götaälv und die Küstenflüsse im westlichen Mittelschweden; die Wasserkräfte Südschwedens.

Die 10 Abschnitte des 2. Teils umfassen: Natürliche Grundlagen; die rechtlichen Grundlagen; wirtschaftliche Grundlagen; die Elektrizitätswirtschaft Norwegens; die Eismeereinzugsgebiete; die Einzugsgebiete der atlantischen Küste vom Ranafjord bis zum Becken von Trondhjem; Westnorwegen von Trondhjem bis Stavanger; die Wasserkräfte des südlichsten Norwegens; das Skienstromgebiet; die großen Ströme der Osloer Senke. Der 3. Teil bringt in drei Abschnitten: Wasserkraftvorkommen und Wasserkraftnutzung in Finnland; der Wuokenstrom; die übrigen Einzugsgebiete der finnischen Seenplatte. Diese drei Teile bilden etwa $^2/_3$ des Gesamtumfanges des Werkes. Die neun Abschnitte des 4. Teiles erörtern: Nordische Wasserhaushaltfragen; die Stauwerke; Triebwasserleitungen; Kraftwerke; Fischwege und Flößereieinrichtungen an Wasserkraftanlagen; die Bauausführung; die Fernleitungsbauten; Betriebserfahrungen nordischer Wasserkraftanlagen; das technisch-wissenschaftliche Forschungswesen der nordischen Länder in Beziehung zur Wasserkraftwirtschaft. Eine Literaturübersicht und ein alphabetisches Namen- und Sachverzeichnis beschließen das Werk.

In der Einleitung ist hervorgehoben, daß den drei Ländern Norwegen, Schweden und Finnland neben einer großen Einheitlichkeit in geologischer Beziehung eine weitgehende Ähnlichkeit in völkischer, wirtschaftlicher und kultureller Hinsicht zu eigen ist, wie die Kärglichkeit des Bodens, die große Armut an hochwertigen mineralischen Brennstoffen und — abgesehen vom Erzreichtum — überhaupt an Mineralschätzen, die große Ausdehnung der Meeresküsten, der Holzreichtum bei günstigen Transportbedingungen wegen des guten Gewässernetzes und endlich der große Reichtum an Wasserkräften, der in unserem Zeitalter der Elektrizität geradezu ein wirtschaftliches Kennzeichen dieser Länder wurde. Dagegen ist die natürliche Gliederung des Wasserkraftschatzes nach Einzelleistung, Fallhöhe und Wassermenge in den drei Ländern kennzeichnend verschieden: die Wasserkräfte Norwegens sind überwiegend in höheren Wasserfällen vereinigt, während in Schweden und in Finnland Stromschnellen und Wasserfälle geringerer Fallhöhe sowie kleinere Niederschläge, bei allerdings z. T. hohem Ab-

Digitized by Google

flußanteil und oft großen Einzugsgebieten die Regel bilden.

Bei der großen Fülle des gebrachten Stoffes ist es unmöglich, im Rahmen einer Besprechung auf einzelnes einzugehen, so daß ich mich darauf beschränken muß, hervorzuheben, daß der Stoff nicht nur meisterhaft gegliedert, sondern auch mit gleicher Meisterschaft behandelt ist. Sowohl der Ingenieur als auch der Wirtschaftsgeograph, der Volkswirt, der Industrielle und der Jurist werden durch das Studium des tief schürfenden Werkes eine nachhaltige Anregung gewinnen, zumal neben der Beschreibung der ausgeführten Anlagen an Hand der durchweg vortrefflichen Abbildungen vielfach auch das eigene Urteil des erfahrenen Verfassers von Weltruf niedergelegt ist.

Dieses Urteil des Verfassers verleiht insbesondere dem 4. Teile, den ich den technisch-kritischen Teil des Werkes nennen möchte, einen hohen Wert: sein Studium kann dem Ingenieur, und namentlich dem Bauingenieur, für den das Werk geschrieben ist, aber auch dem Turbinen- und Elektrofachmann auf das wärmste empfohlen werden. Selten habe ich ein Buch mit solcher Befriedigung gelesen wie das Ludinsche. Leider wird sein hoher, aber nicht relativ hoher, Preis die Anschaffung des Buches vielen Berufsgenossen erschweren, wenn nicht unmöglich machen. Deshalb möchte ich dem Verfasser und Verleger zur Erwägung anheimstellen, den 4. Teil mit seinen rd. 250 Seiten gesondert herauszugeben. Die deutsche Fachwelt darf mit Recht stolz sein auf das hervorragende Werk, und nicht minder werden es die nordischen Fachgenossen begrüßen, die allenthalben unter Würdigung ihrer Leistungen namentlich genannt sind.

Hubert Engels.

Die Viskosität der Flüssigkeiten. Von E. Hatschek. Mit 88 Fig. u. 30 Tab. i. Text, XII u. 225 S. in 8°. Verlag Theodor Steinkopff, Dresden u. Leipzig 1929. Preis geh. 13,50 RM, geb. 15 RM.

Der Verfasser zeigt eingehend, wie die Verfahren, nach denen die Viskosität (Zähigkeit, innere Reibung) gemessen wird (besonders durch Ausfluß aus engen Röhren), ihre theoretischen Begründungen und die mathematischen Formeln in mehr als hundertjähriger Arbeit vervollkommnet wurden, ohne daß man bisher aller Schwierigkeiten Herr geworden ist. Für zahlreiche Flüssigkeiten, echte und kolloide Lösungen, auch für einige sehr zähe Stoffe wie Pech und Gallerten, ist die relative (bezogen auf Wasser) und absolute Viskosität, ferner der Einfluß von Temperatur und Druck bestimmt worden. Die Deutung der Ergebnisse in Hinsicht auf den molekularen Bau ist leider noch recht unvollkommen geglückt. Für den Physiker und vor allem den Physikochemiker ist diese ausgezeichnete Sonderschrift sehr wertvoll. Zum Schluß werden die technischen Viskosimeter kurz besprochen, mit denen die Viskosität von Ölen als ihr wichtiges Unterscheidungsmerkmal gemessen wird.

K. Arndt.

Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden. Unter Mitarbeit v. über 700 bedeut. Fachmännern herausg. v. Prof. Dr. E. Abderhalden. Abt. 3: Physikalisch-chemische Methoden, Teil A, H. 6: Elektronen- und Ionenröhren. Von F. Schminzky. Mit 239 Abb., XVII u. 442 S. in gr. 8°. Verlag von Urban & Schwarzenberg, Berlin u. Wien 1928. Preis geh. 25 RM.

Die Elektronenröhre stellt ein trägheitsloses Relais dar. Sie kann also überall dort mit Nutzen angewandt werden, wo es gilt, kleine Effekte zu beobachten, zu messen oder einem größeren Kreise gleichzeitig vorzuführen. Ihre Anwendung bleibt somit nicht allein auf die Fernmeldetechnik beschränkt, sondern kann auch in der Medizin, Biologie, Physiologie und ihren Grenzgebieten wertvolle Dienste leisten. Der Verfasser hat sich die Aufgabe gestellt, die Benutzung der Röhren auch dem Nichtfachmann zu erleichtern. Auf 385 Seiten wird eine Zusammenstellung fast aller einschlägigen Arbeiten gegeben, so daß man sich über den Bau, die Wirkungsweise, Anwendungen und Schaltungen der Röhre unterrichten kann. Da außerdem die Hilfsapparate angeführt werden und auf die möglichen Fehlerquellen, Störungen und ihre Behebung hingewiesen wird, kann man sich an Hand der sehr ausführlichen Literaturzusammenstellung sowie des Verzeichnisses der referierten Methoden leicht unterrichten, welche Meßmethode und Schaltung für eine gerade vorliegende Aufgabe mit Aussicht auf Erfolg gewählt werden kann. Das Buch wird also sicher einer großen Zahl experimentell arbeitender Naturwissenschaftler sehr willkommen sein. Wenn auch die Anwendungen auf naturwissenschaftliche Probleme weit überwiegen, wird auch der Techniker viele nützliche Anregungen hier finden, entweder daß er benutzte Methoden übernehmen oder aber verbessern kann. Für den Anfänger besteht zwar bei der Fülle des Stoffes die Gefahr, daß ihm die Entscheidung nicht immer leicht wird, weil der Maßstab der Kritik sehr vorsichtig benutzt ist. — Der kurze Abschnitt über die Ionenröhren (35 S.) und ihre Anwendungen gehört organisch nicht zum Vorhergehenden, gibt jedoch eine gute Einführung in die Benutzung von Glimmröhren für naturwissenschaftliche Untersuchungen.

Lübcke.

Neue Zeitschriften.

Turbinen und Pumpen. Internationale Monatsschrift für Bau, Betrieb und Theorie. Herausg. v. Prof. Dr. W. Hort und Prof. W. Spannhake. 1. Jahrg., 1930, H. 1. Rom-Verlag, Charlottenburg. Preis pro Jahr 30 RM, Einzelnummer 3 RM.

Seit die „Zeitschrift für das gesamte Turbinenwesen" eingegangen ist, lag ein dringendes Bedürfnis für eine neue Zeitschrift vor, die das Spezialgebiet Turbinen und Pumpen auf breiter Grundlage behandelt. Nicht nur der Spezialist für Turbinen und Pumpen, sondern auch der Elektrotechniker, der sich mit der Projektierung, dem Bau oder der Inbetriebsetzung und Abnahme von elektrischen Kraftwerken, Speicherwerken und dgl. beschäftigt, wird gut tun, sich mit dieser Zeitschrift vertraut zu machen. Heft 1 dieser Zeitschrift beginnt mit dem Aufsatz über Großkraft-Maschinensätze für Hochdruck-Speicherwerke von Prof. W. Spannhake, Karlsruhe. Die Anordnung der Maschinensätze, die hier außerordentlich wichtige Kupplungsfrage, die Frage der Drehzahlen und Saughöhen sowie verschiedene Lösungen dieser Aufgabe werden hier behandelt. Dann folgt der sehr interessante 1. Teil des Versuchsberichtes über Modellturbinen für die Mörkfoß-Solbergfoß-Anlage von Prof. G. Sundby. Es folgt eine rechnerische Untersuchung über die Beanspruchung rotierender Dampfturbinentrommeln mit Mittelwand von Prof. Dr. W. Hort und schließlich eine mathematische Untersuchung über Schwingungen einer Dampfturbinenschaufel mit Deckband von Dipl.-Ing. Walther Lohmann.

Es ist zu wünschen, daß auch die weiteren Hefte dieser Zeitschrift so interessante und wichtige Aufsätze enthalten werden wie dieses erste Heft. Dann wird die Zahl ihrer Leser sich ganz von selbst vermehren, denn die heutige Entwicklung dieses Zweiges der Technik stellt den Ingenieur vor immer neue und schwierigere Aufgaben.

F. Unger.

„Instruments". Herausgegeben von der Instruments publishing Co., Pittsburgh, Pa., USA., 1928. Bezugspreis für zwei Jahre 3 $, im Ausland 8 $.

Im Jahre 1928 ist eine amerikanische Zeitschrift für technische und wissenschaftliche Instrumente herausgekommen, die in ihrer Art von der der bisher bekannten sich erheblich unterscheidet, so daß es wünschenswert erscheint, darüber einen kurzen Bericht zu geben.

Das Format ist etwas größer als das DIN-Format A 5 (150 × 230 statt 150 × 210). Alle Aufsätze sind so eingefügt, daß sie immer mit einer rechts liegenden Seite oben beginnen und mit einer linken Seite aufhören, so daß sie also immer ganze Blätter umfassen. Der Text enthält in der Regel immer an erster Stelle einen historisch-biographischen Gedanken über Pioniere des Instrumentenwesens (z. B. Galilei, Lord Kelvin, Ohm), dann einen Aufsatz auf wirtschaftlichem Gebiete und schließlich eine kleinere Folge von Mitteilungen über neue Meßgeräte und Meßverfahren auf starkem Kunstdruckpapier mit guten Abbildungen, wobei neben interessanten amerikanischen Konstruktionen auch sehr viele europäischen Ursprungs, vor allem von deutschen Firmen in sehr anschaulicher Weise geschildert sind. Im Anhang ist eine Übersicht über die neu erschienenen Kataloge auf dem Gebiete elektrischer und mechanischer Meßgeräte mit kurzer Inhaltsangabe, ferner Besprechungen über eingegangene Bücher und kurze Literaturauszüge aus neueren Aufsätzen über Meßtechnik, wiederum mit eingehender Berücksichtigung vor allem deutscher Arbeiten. Die Übersicht über in den V. S. Amerika und in England erteilte Patente erscheint von weniger Wert, weil sie außer dem Anmelder nur den Titel der Patentschrift angibt. Als letztes sind für die fünf größten Aufsätze in jedem Heft fünf Karteikarten auf starkem Papier eingeheftet.

Die neue Zeitschrift ist schon wegen ihrer bemerkenswerten Fassung weiteren Vertrauens wert, vor allem aber wegen des reichen Inhalts, der jedem eine Fülle von Anregungen bringt, der elektrische oder mechanische Meßgeräte braucht.

G. Keinath.

Digitized by Google

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Metallpreise im 2. Vierteljahr 1930[1]. — Von besonderer Bedeutung auf dem Metallmarkt war im 2. Vierteljahr 1930 die Preisentwicklung für Kupfer. Während im 1. Halbjahr 1929 sich der jeweils am Monatsende ausgewiesene Raffinadekupfervorrat in Nord- und Südamerika durchschnittlich auf etwa 60 000 sh. t stellte, betrug er Ende Dezember 1929 bereits 126 900 sh. t und stieg dann in schnellem Tempo bis auf 301 300 sh. t Ende April 1930, trotzdem die

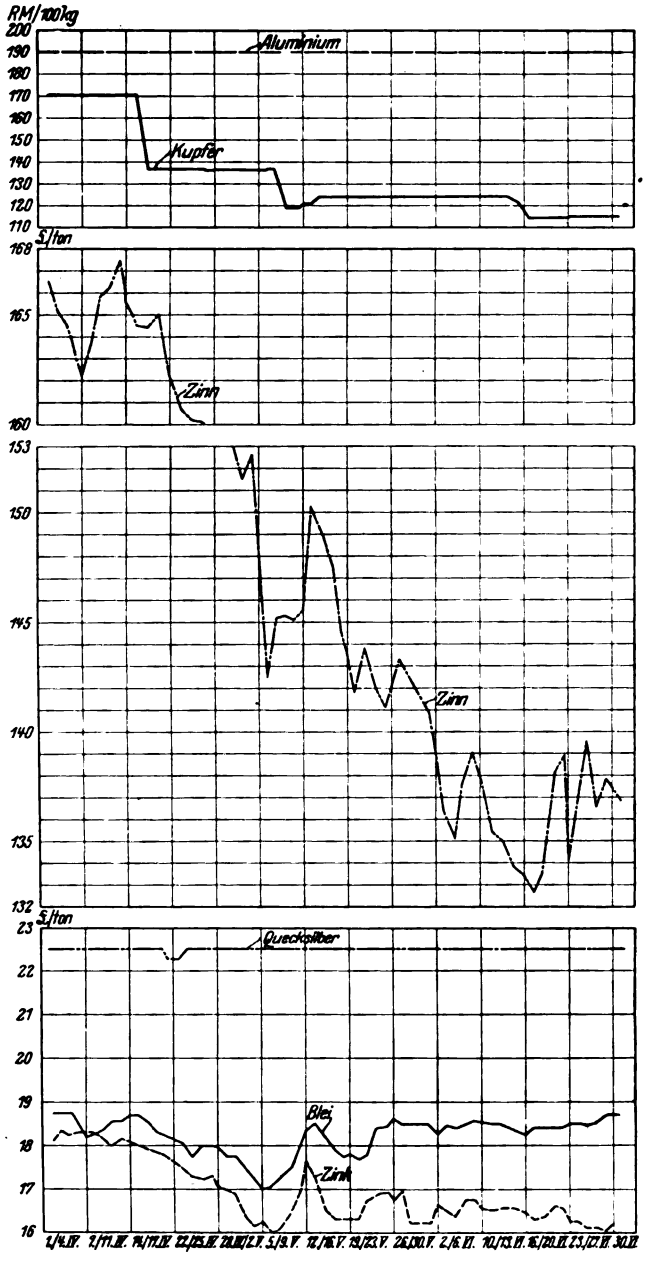


Abb. 1. Metallpreise im 2. Vierteljahr 1930.

Aluminium: 98/99%, Blöcke und Barren — Elektrolytkupfer: Delnotiz Berlin—Zinn: per Kasse—Zink: nahe Sichten—Blei: nahe Sichten—Quecksilber: in £/Flasche zu 70/80 lbs.

Weltkupferproduktion für die Monate März, April, Mai 1930 gegenüber dem Vorjahr eine Verringerung um je 50 000 sh. t zeigt. Anfangs April gingen Pressemeldungen um, wonach das Kartell beabsichtigte, die Bestände an raffiniertem Kupfer in eine Valorisationsgesellschaft einzubringen. Da dieser Plan — wenn er überhaupt ernsthaft bestanden hat — nicht zur Durchführung kam, die Londoner Börse einen starken Baissevorstoß unternommen hatte, die Konsumenten weiter nur die allernotwendigsten Mengen kauften, die internen Gegensätze im Kartell stärker zutage traten, setzte letzteres am 15. IV. den Preis um 4 cts auf 18,3 cts (cif Europa) herab. Doch erfüllte sich die Erwartung nicht, mittels dieses stark ermäßigten Preises den Konsum anzuregen; er hielt sich vielmehr — an und für sich schon schwach bei der allgemeinen Wirtschaftsdepression — zurück und rechnete in Anbetracht der großen Vorräte mit weiteren Preissenkungen. Tatsächlich setzte auch das Kartell, nachdem die Inlandnotierungen schon langsam gefallen waren, den Europapreis am 5. V. auf 13,30 cts und am 8. V. weiter auf 12,80 cts herab. Jetzt hielt der Verbrauch die Zeit für gekommen, die lang zurückgehaltene Eindeckung der Lager vorzunehmen. Die Kauftätigkeit setzte derart plötzlich und stark ein, daß die den Händlern vom Kartell zur Verfügung gestellten Verkaufsmengen bei weitem nicht ausreichten; das Kartell benutzte diese künstliche Warenverknappung zu einer zweimaligen Preiserhöhung um je 25 cts am 12. und 13. V., eine Maßnahme, die zu erheblichen Kontroversen zwischen ihm und den Verbänden der verarbeitenden europäischen Industrie führte. Mit der letzten Preissteigerung ebbte die Kauftätigkeit wieder ab. Nach einem Monat, am 13. VI., nahm das Kartell wieder eine Preisermäßigung um 0,75 cts vor, der eine weitere am 16. VI. um 0,25 cts auf 12,30 cts (cif Europa) folgte. Anlaß zu diesen neuen Senkungen gab vor allem der Ablauf des internen Abkommens über die den Lohnhütten durch die Grubenhütten garantierte Abnahme ihrer Erzeugung zu Kartellpreisen und die nunmehr erfolgenden Preisunterbietungen der Lohnhütten. Dazu kam, daß die Maistatistik trotz der großen Verkäufe ein weiteres Anwachsen der Raffinadevorräte auf 308 660 t für Nord- und Südamerika auswies. Vorübergehend lagen die New Yorker Notierungen noch unter 12 cts, ohne daß die Exportpreise entsprechend ermäßigt wurden, eine Erscheinung, die sich auch in letzter Zeit wieder bemerkbar machte und zu Mutmaßungen über eine neuerliche Senkung der cif-Preise Veranlassung gab.

Auch am Zinn- und Zinkmarkt setzte sich der Preissturz fort. Der Zinnpreis ging von Anfang April bis Ende Juni von 170 auf 136½ £/sh. t zurück; bei Zink fiel die Notierung von 18½ auf 16⅛ £, unterbrochen von Kursaufbesserungen infolge optimistischerer Auffassung über die Produktionseinschränkungsmaßnahmen bzw. Kartellverhandlungen. Die Gewinnung verringerte sich auch tatsächlich in den letzten Monaten, doch nahmen die Lager bei zurückgehendem Verbrauch weiter zu. Die Zinkvorräte haben (Ende Mai) in den V. S. Amerika bereits die 100 000 sh. t-Grenze überschritten, die sichtbaren Weltzinnvorräte betrugen am 1. VI. rd. 14 700 lg. t.

Der Bleipreis konnte infolge der Maßnahmen des internationalen Produzentenpools nach einer Abschwächung seinen Stand am Anfang des 2. Vierteljahrs wieder erreichen. Das europäische Aluminiumkartell hielt seinen Preis unverändert; dagegen setzte die Aluminium Co. of America am 25. VI. ihre Notierung um 1 ct auf 23,30 cts/lb herab. Der Preis des Quecksilbers (in Hamburg) blieb ebenfalls unverändert.

Seit Mai 1930 liegt der Metallindex der Metallwirtschaft unter Vorkriegsstand. Über diesem stehen noch Blei, Nickel und besonders Aluminium, während Zink den tiefsten Stand aufweist:

Preisindexziffer der Metallwirtschaft.

1909/13 = 100	April	Mai	25. VI.
	Monatsdurchschnitt		
Gesamtindex	108,8	94,7	89,5
Kupfer	115,6	93,5	86,0
Blei	115,6	112,5	110,2
Zink	75,0	69,8	66,7
Zinn	89,7	80,4	76,4
Aluminium	132,0	132,0	132,0
Nickel	107,7	107,7	107,7
Antimon	90,4	88,8	74,7

Lw.

Bezugsquellenverzeichnis.

Die Anfragen sind an die Schriftleitung der ETZ Berlin W 9, Linkstr. 23/24, zu richten. Anfragen ohne Rückporto bleiben unbeantwortet.

Frage 33: Wer fertigt Trolit-Griffe für elektrische Kochtöpfe an?

Abschluß des Heftes: 19. Juli 1930.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1104; 1930, S. 728.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Neue Schaltwagenformen.

Mitteilung der AEG.

Bei den von der AEG neuerdings entwickelten Schaltwagen sind die während der letzten Jahre beim Bau offener Schaltanlagen gesammelten Erfahrungen in weitestem Maße verwertet worden, so daß diese Schaltwagen einen hochwertigen Typ von Schaltanlagen darstellen.

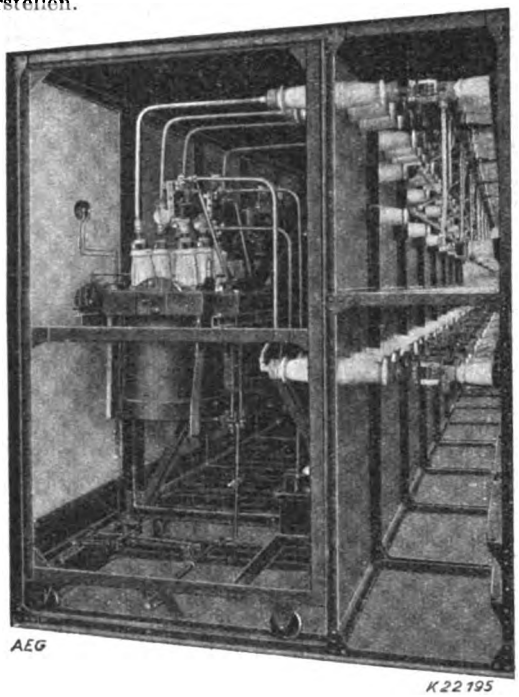


Abb 1. Offene Seitenansicht einer Gruppe von Schaltwagen Reihe 10.

Durch gedrängteste Anordnung der Teile und durch Wahl besonders geeigneter Apparateformen erreichen sie den bei Luftisolation kleinstmöglichen Raumbedarf. Die Übersicht über die Apparatur bzw. die Zugänglichkeit der einzelnen Teile ist bequemer und gefahrloser als bei jeder anderen Form von Schaltanlagen, weil das die gesamten Apparate tragende Eisengestell als Wagen ausgebildet ist, der mit Ausnahme der aus Durometall hergestellten Vorderwand allseitig offen ist. Die Verbindung mit den in ein feststehendes Gestell eingebauten Sammelschienen und Kabelendverschlüssen wird beim Einfahren des Apparatewagens durch Trennkontakte erreicht, bei denen große Kontaktflächen und durch besonders ausgebildete Geradführung bewirkter gleichmäßiger Kontaktdruck vollkommenste Betriebssicherheit verbürgen. Für diese Schaltwagen eigens gestaltete Trennkontakte für die Hilfsstromkreise gewährleisten unter allen Umständen sicheren Kontakt für alle aus dem Schaltwagenaggregat herauszuführenden Meß- und Steuerleitungen. Das feststehende Gestell ist an allen Seiten mit Vollblechverkleidungen bzw. mit Türen umgeben, so daß Berührung spannungführender Teile ausgeschlossen ist. Es hat ferner einen aus Vollblechdecke und Zwischenwänden gebildeten Ausbau, der die vollständige Kapselung gegen Nachbarzellen und umgebenden Raum für das Apparategestell bewirkt, sobald es eingefahren ist und damit seine Apparate unter Spannung sind. Eine äußerst weit gehende Verriegelung zwischen Ein- und Ausfahrbewegung und Ölschalterstellung bzw. zwischen dieser und den Trennschalterantrieben macht Fehlschaltungen unmöglich.

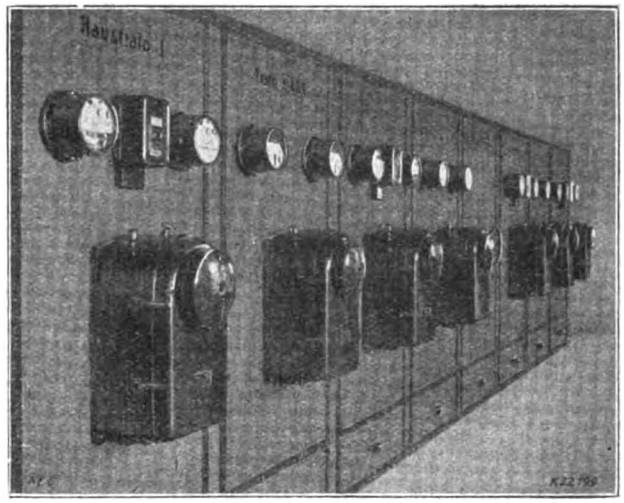


Abb. 2. Vorderansicht einer in einen Kellerraum eingebauten Schaltwagenanlage Reihe 10 mit Fernantrieben für die Oelschalter.

Bei Schaltwagen mit Doppelsammelschienen sind durchaus einwandfrei arbeitende Trennschalter besonderer Bauart vorhanden, die im Bedarfsfalle ein bequemes Umschalten von einem Sammelschienensystem auf das andre unter Last erlauben. Sie sind mit den übrigen Apparaten zusammen in dem beweglichen Fahrgestell angeordnet.

Es besteht die Möglichkeit, Ölschalter für 200 bzw. 400 MVA bei 10 kV Betriebspannung einzubauen. Für die Wahl der übrigen Apparate besteht weitester Spielraum. Aber auch für Spannungen bis zu 20 kV und für niedere Spannungen und kleinere Leistungen sind besondere Schaltwagen mit sonst den gleichen technischen Vorzügen entwickelt.

Um das Aus- und Einfahren der Wagen zu erleichtern ist eine durchaus einfache Einfahrvorrichtung geschaffen, die leicht mit einer Hand zu bedienen ist.

Die Apparatur innerhalb des Schaltwagens ist in weiten Grenzen austauschbar, worin der große Vorteil gegenüber dem gekapselten, vergossenen Schaltaggregat besteht.

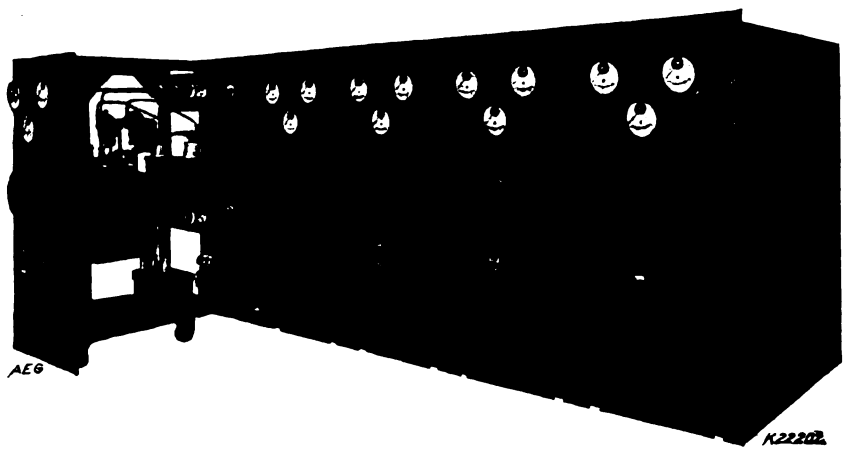


Abb. 3. Vorderansicht einer Schaltwagengruppe für kleinere Leistungen bei 6 kV Betriebspannung.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß dieser neue Schaltwagen bei verhältnismäßig geringem Raumbedarf die größtmögliche Übersichtlichkeit und Zugänglichkeit der Apparatur mit absoluter Sicherheit der Bedienung gegen Berührung von Spannung führenden Teilen und ebensolcher Sicherheit des Betriebes gegen Fehlschaltungen verbindet.

Digitized by Google

Porzellanfabrik zu Kloster Veilsdorf

Veilsdorf (Werra)

Gegründet 1765, Aktiengesellschaft seit 1884

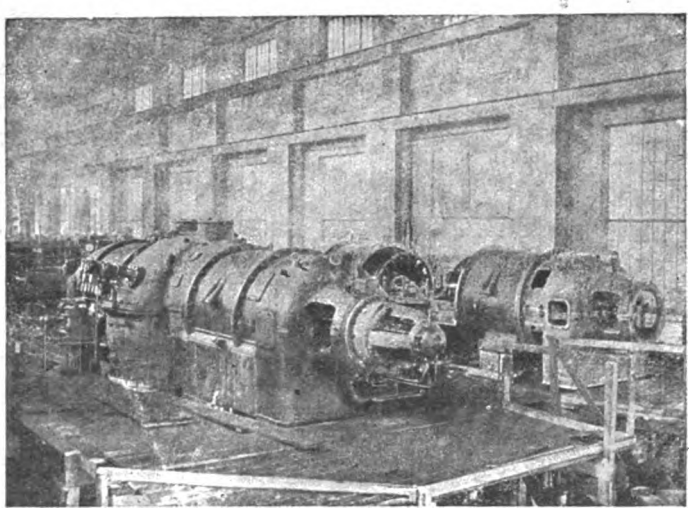
Werke in Kloster Veilsdorf, Eisfeld, Brattendorf, Meuselwitz u. Kronach i. Bay.

Freileitungsisolatoren, Montage- und Installations-Porzellan für Hoch- und Niederspannung, technische Porzellane aller Art

Prüfanlagen bis 500 000 Volt, eigene Versuchslaboratorien, neuzeitlich eingerichtete Matrizen-Werkstätten

Wir führen alle vom VDE genormten Porzellanteile

STAL-DAMPFTURBO-GENERATOREN



Zwei 14000 kW STAL-Turbogeneratoren in der Montagehalle

1.500.000 PS

in STAL-Turbinen sind bis jetzt geliefert und in Auftrag

Betriebssicherheit, höchster Wirkungsgrad, einfachste und billigste Aufstellung sowie größte Anpassungsfähigkeit im Betrieb sind einige der vielen Vorteile, die zu erhöhter Nachfrage nach unseren STAL-Turbinen geführt haben.

Verlangen Sie unsere Druckschriften!

STALTURBINE GMBH. DÜSSELDORF, BISMARCKSTR. 44/46

Digitized by Google

Smithsonian Library

AUG 14 1930

E T Z

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

INHALT

Gleichrichtung sehr hoher Wechselspannungen. Von Erwin Marx. 1089

Die Gestehungskosten des Stromes in großen Steinkohlenkraftwerken auf Grund von Erfahrungswerten. Von F. Schraeder. 1091

Überschlagspannung und Lichtbogen-Schutzvorrichtungen bei Isolatorenketten. Von K. Draeger. 1097

Erzeugung eines gleichbleibenden Drehmomentes bei Anlaufversuchen. Von H. E. Linckh. 1101

Eine fahrbare Netztransformatorenstation. Von O. Lütze. 1104

Die 100 at-Anlage des Großkraftwerkes Mannheim. 1105

Verwendung unvollständiger Lichtbilder und unvollständiger Skizzen bei Vorträgen. Von W. Grix. 1108

Rundschau

El. Pflanzenbelicht. 1100 — El. Hupenanlage für die Alarmier. eines Eisenbahn-Hilfszuges. 1109 — Fernsprechseekabel England—Irland 1929. 1109 — Blitzschlag in das Fernkabel Wien—Budapest. 1110 — Großrundfunksender Oslo. 1110 — Bamag-Flaschenzug. 1110 — Zur Entwicklungsgeschichte elektrostat. Hochspann.-Voltmeter. 1111 — Ein neuer Leitungsprüfer. 1111 — Die Farbe des Tageslichts. 1111 — Wirbelstromheiz. v. Feinblechwalzen. 1111 — Der Einfluß des Ofenalters auf die Schmelzungsdauer u. den Energieverbrauch. 1111 — Induktivität, Energie u. Stromkraft v. Sammelschienen. 1112 — Die Schwärz. photograph. Schichten beim Kathodenoszillographen. 1112 — 1500 Aufnahmen/s v. Lichtbogenüberschlägen großer Leistung. 1112 — Spannungsmess. mit Kugelfunkenstrecken in Luft. 1113 — Erhitz. v. Metallen im elektrolyt. Bad. 1113 — Magnet. Legierungen aus Eisen, Nickel u. Kobalt. 1114 — Neue Normblätter des DNA. 1114 — Die Reichsbahn führt die 0,8 *d* hohe Mutter ein. 1114 — Handelsschiff-Normen-Ausschuß. 1114 — Jahresversamml., Kongresse, Ausstell. 1114 — Energiewirtschaft. 1114

Vereinsnachrichten. 1115 — **Bekanntmachung des VDE.** 1115

Sitzungskalender. 1120

Persönliches. M. Rehmer, M. Reuter, K. Hoheisel. 1120

Briefe a. d. Schriftl. M. Kühnert/R. Haas. 1122

Literatur. O. Stürner. E. Jarasch, F. W. Peek, M. Hottinger u. W. v. Gonzenbach, V. dt. Eisenhüttenleute, W. Blaschke, E. Fick. 1122

Geschäftl. Mitteilungen. 1124

Berichtigung. 1124

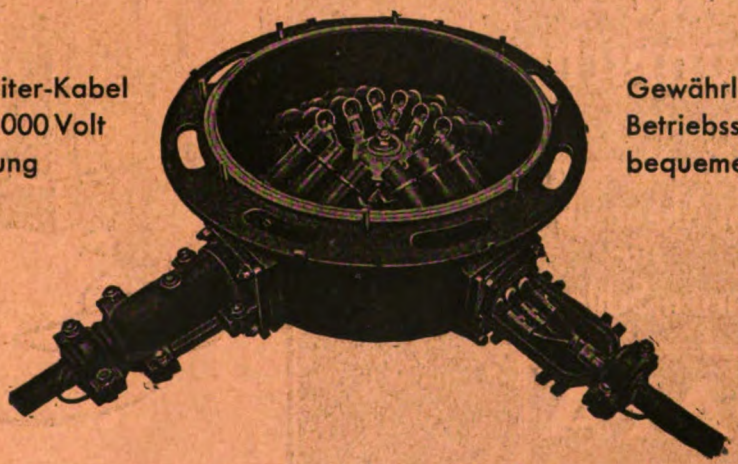
KABELWERK DUISBURG

DUISBURG a. RHEIN

liefert

Kabelverteilungskästen für Dreh- u. Gleichstrom

für 3- und 4-Leiter-Kabel und bis zu 1000 Volt Spannung



Gewährleisten größte Betriebssicherheit bei bequemer Bedienung

Geräumige und stabile Ausführung, unbedingt wasserdicht

31. HEFT · 51. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

(1089-1124) 31. Juli 1930

Digitized by Google

Schnell und sicher

finden Sie **Isolationsfehler**
an Ihren Betriebsmaschinen mit
Meg und **Megger**

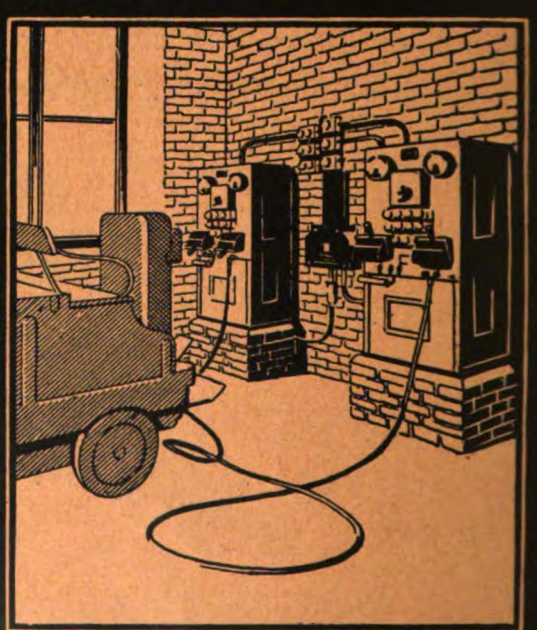
Verlangen Sie genaue Beschreibung in Druckschrift S 5

db

GENERALVERTRIEB:
Dipl.-Ing. D. Bercovitz & Söhne
BERLIN-SCHÖNEBERG

Vollautomatische AFA Ladeeinrichtungen

dreiphasiger Anschluss an Drehstromnetze
Ladung von Akkumulatorenbatterien
für
Lastkarren, Schlepper u.a.



AFA

ACCUMULATOREN-FABRIK
AKTIENGESELLSCHAFT
BERLIN SW11

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

51. Jahrgang **Berlin, 31. Juli 1930** **Heft 31**

Gleichrichtung sehr hoher Wechselspannungen.

Von **Erwin Marx**, Braunschweig.

Übersicht. Die Gleichrichtung hoher Wechselspannungen erfolgt bisher durch Glühkathoden-Gleichrichter oder mechanische Gleichrichter. Die Verwendung von Funkenstrecken Spitze—Platte ist ohne Erfolg versucht worden.

Es werden Schaltungen angegeben, in denen Funkenstrecken Spitze—Platte einwandfrei zur Gleichrichtung verwendet werden können und die die Reihenschaltung von mehreren Gleichrichtern ermöglichen. Es können dadurch beliebig hohe Wechselspannungen gleichgerichtet werden.

1. Schaltung.

Es ist schon oft versucht worden, die Verschiedenheit der Überschlagspannung von unhomogenen Anordnungen bei verschiedener Polarität zur Gleichrichtung von Wechselspannungen zu benutzen. Diese Versuche sind in der Hauptsache aus dem folgenden Grunde gescheitert. Schließt man eine Funkenstrecke Spitze—Platte an eine Wechselspannung an, wie das in Abb. 1 angedeutet ist, so tritt bei Spannungsteigerung zuerst bei positiver Spitze ein Überschlag ein. Durch diesen Überschlag wird der Kondensator C positiv aufgeladen. Nach erfolgter Aufladung des Kondensators reißt der Überschlagfunke an der Funkenstrecke wieder ab und der Punkt b bleibt auf positivem Potential. Wenn nach einer halben Periode a negatives Potential annimmt, so besteht zwischen b und a der doppelte Scheitelwert der Transformatorspannung. Diese Tatsache, daß durch einen Gleichrichter, der eine Gleichspannung von $U\sqrt{2}$ erzeugen soll, die Spannung $2\,U\sqrt{2}$ abzuriegeln ist, besteht hier ebenso wie bei allen anderen bisher bekannten Gleichrichterschaltungen. Zu dem Überschlag der Funkenstrecke Abb. 1 bei positiver Platte und negativer Spitze ist nun allerdings bei großen Schlagweiten etwa die dreifache Spannung nötig als zum Überschlag bei umgekehrter Polarität[1]. Trotzdem ist die Gefahr des Rückschlages bei unscharfer Spitze und rauher Plattenelektrode für einen praktischen Betrieb zu groß. Zu diesem Nachteil der Anordnung kommt noch: Wenn ein Rückschlag der Funkenstrecke nicht eintritt, wenn also b zunächst auf positivem Potential bleibt, dann tritt ein erneuter Überschlag der Funkenstrecke F erst wieder ein, wenn der Kondensator fast vollkommen entladen ist. Die Gleichspannung an b schwankt also zwischen Null und ihrem Höchstwert. Verringert man bei konstanter Spannung des Transformators die Schlagweite an F, um die Kurve der Gleichspannung zu verbessern, dann wächst wieder die Rückschlaggefahr. Diese Schaltung ist also nicht verwendbar.

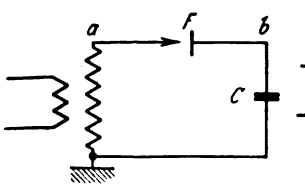


Abb. 1. Gleichrichtung mit einer Funkenstrecke Spitze — Platte (praktisch nicht anwendbar).

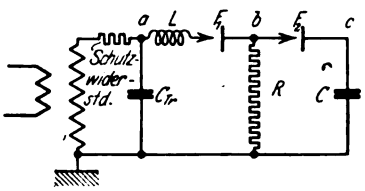


Abb. 2. Neue Gleichrichterschaltung.

Die Schaltung nach Abb. 2 vermeidet diese Schwierigkeiten. Das wesentliche an ihr ist die Reihenschaltung zweier Funkenstrecken Spitze—Platte F_1 und F_2 und die Erdung der Verbindungsleitung dieser über einen hohen Widerstand R. Die Wirkung dieser Schaltung sei zunächst ohne Berücksichtigung der Kapazität C_{Tr} und der Drosselspule L an dem Spannungsdiagramm Abb. 3 erörtert. Die Punkte b und c sind zuerst spannungslos, bis annähernd im Scheitelwert der Transformatorspannung ein Überschlag an F_1 eintritt. Dadurch erhält b sehr rasch positives Potential und F_2 spricht ebenfalls an. Der Kondensator C wird, wenn seine Kapazität nicht zu hoch und die Leistung des Transformators genügend groß ist, bereits durch den ersten Überschlag annähernd auf volle Spannung kommen. (Wenn das erst nach mehrmaligem Überschlagen eintritt, so ändert sich nichts an der weiteren Betrachtung.) Wenn der Überschlagfunke an F_1 und F_2 abreißt, so wird das Leitungstück zwischen diesen beiden Funkenstrecken durch R entladen. Abb. 3 zeigt die Entladekurve; die Zeitkonstante dieser Entladung hängt von der Kapazität der Leitung bei b gegen Erde und von R ab. Der Widerstand R muß so gewählt werden, daß während einer halben Periode eine fast völlige Entladung von b eintritt und daß anderseits kein zu großer Strom durch ihn fließt. Eine halbe Periode nach dem Überschlag an F_1 und F_2 liegen dann annähernd folgende Potentiale vor: $c = +U\sqrt{2}$; $b = 0$; $a = -U\sqrt{2}$, d. h. beide Funkenstrecken haben etwa dieselbe Spannung abzuriegeln, die zu ihrem Überschlag führte. Die Hauptschwierigkeit bei der Verwendung von Funkenstrecken Spitze—Platte, die in der doppelten Rückschlagspannung lag, ist dadurch vermieden.

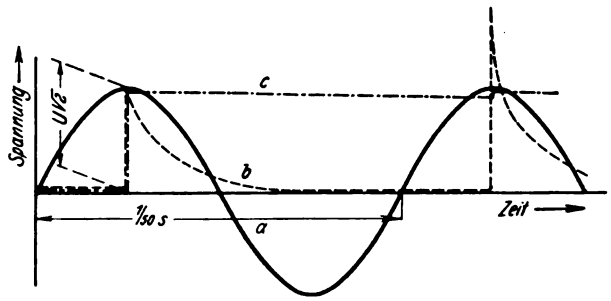


Abb. 3. Spannungsverlauf nach der Schaltung Abb. 2.

Zur Verbesserung der Spannungskurve und des Übersetzungsverhältnisses sind die Drosselspule L und die Kapazität C_{Tr} vorgesehen. Wenn F_1 anspricht, so fließt ein Strom durch L, der die Kapazität der Leitung bei b gegen Erde auflädt. Bleibt die Spannung am Punkte a bei diesem rasch anwachsenden Strom konstant, was leicht durch die Kapazität C_{Tr} erreicht werden kann, so setzt eine Schwingung ein, die den Punkt b fast auf den doppelten Spannungswert von a bringen kann. Abhängig ist der erreichbare Höchstwert bei b von der Dämpfung dieses Schwingungskreises, die in der Hauptsache durch den Widerstand der Funkenstrecke F_1 bedingt ist. Erreicht das Potential von b einen sehr hohen Wert, dann wird F_2 ansprechen, auch wenn die Spannung an c nur wenig gesunken ist. Die Häufigkeit des Ansprechens von F_2 läßt sich außerdem dadurch erhöhen, daß die Schlagweite von F_2 etwas niedriger eingestellt wird als die von F_1. Die Welligkeit der Gleichspannung läßt sich also in sehr kleinen Grenzen halten. C_{Tr} bringt außerdem den Vorteil, den Spannungsabfall an den Funkenstrecken F_1 und F_2 zu vermindern. Der geringere Spannungsabfall hat ein günstigeres Ver-

[1] Vgl. Erw. Marx, Arch. El. Bd. 20, S. 589 (1928); Max. Toepler, Z. techn. Phys. Bd. 10, S. 73 u. 113 (1929).

Digitized by Google

hältnis von Scheitelwert der Wechselspannung zur Gleichspannung zur Folge.

Mit derselben Schaltung kann die entgegengesetzte Polarität der Gleichspannung erzeugt werden, wenn die Plattenelektroden der Funkenstrecken F_1 und F_2 an die Transformatorseite angeschlossen werden. Mit einem Prüftransformator der Spannung U [kV_{eff}] wird durch die Doppelschaltung eine Gleichspannung von $2\,U\sqrt{2}$ zwischen den Klemmen erreichbar. Es können mit dieser Schaltung natürlich beliebig hohe Wechselspannungen gleichgerichtet werden, da die Funkenstrecken beliebig groß gebaut werden können. Ferner ist das hier angewandte Prinzip der Erdung der Zwischenverbindung zwischen zwei Gleichrichtern durch einen hohen Widerstand auf alle anderen Arten von Gleichrichtern anwendbar. Die beiden in Reihe zu schaltenden Gleichrichter können auch verschiedenartig sein. Ohne dieses Hilfsmittel ist es z. B. schwer möglich, zwei Glühventile in Reihe zu schalten. Das an den Transformator angeschlossene Glühventil beginnt sonst so stark zu glimmen, daß eine Spannungserhöhung über den mit einem einzelnen Ventil erreichbaren Wert kaum möglich ist. Es ist ferner ohne weiteres möglich, vor einen mechanischen Gleichrichter oder vor ein Glühventil eine Funkenstrecke Spitze—Platte zu schalten, wenn die Verbindungsleitung zwischen beiden Gleichrichtern über einen hohen Widerstand geerdet wird. Es ist dann die doppelte Spannungshöhe erreichbar. In diesem Falle sind besondere Mittel zur Verbesserung der Gleichspannungskurve nicht nötig, da die vorgeschaltete Funkenstrecke Spitze—Platte in jeder Periode anspricht und die Gleichspannungskurve dementsprechend ganz ähnlich verläuft, wie wenn der an zweiter Stelle stehende Gleichrichter allein vorhanden wäre.

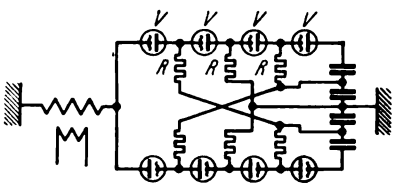


Abb. 4. Erzeugung einer Gleichspannung von 800 kV.

Wenn zur Erreichung einer sehr hohen Gleichspannung z. B. eine größere Zahl von Glühventilen in Reihe geschaltet werden soll, so ist eine Schaltung nach Abb. 4 geeignet. Hier sind die hohen Widerstände R entweder nach Erde oder nach Zwischenpotentialen hin geschaltet. Die Wirkung der Schaltung wird durch Aufzeichnung des Spannungsverlaufes der einzelnen Punkte ohne weiteres verständlich sein.

2. Versuche.

Durch Versuche wurde die Durchführbarkeit aller oben gemachten Angaben nachgeprüft. Über einen dieser Versuche sei kurz berichtet. Im Anschluß an einen Prüftransformator von 500 kV_{eff} wurde nach der Schaltung Abb. 2 eine Gleichrichteranlage aufgebaut. Abb. 5 zeigt einen Teil des Aufbaues. Die einzelnen Bestandteile der Schaltung nehmen bei sehr hohen Spannungen große Abmessungen an. Die Kapazitäten sind deshalb an der Decke des Versuchsraumes aufgehängt, Induktivität, Funkenstrecken und Widerstand auf großen Hartpapierrohren oder Steinzeugstützern aufgestellt. Die Herstellung des Widerstandes R muß bei sehr hohen Spannungen sorgfältig geschehen. Die Kapazität des Leitungstückes bei b gegen Erde beträgt etwa 100 cm. Um diese in jeder Periode in genügend kurzer Zeit zu entladen, ist ein Widerstand von 30 MΩ geeignet (Zeitkonstante $^1/_{300}$ s). Bei 600 kV beträgt der Höchstwert des Stromes, der allerdings nur kurzzeitig auftritt, 20 mA. Um die auftretende Wärme abzuführen, wurde ein Wasserwiderstand mit fließendem Wasser gebaut, der auf Abb. 5 links zu sehen ist. (Bei niedrigen Spannungen genügt ein mit destilliertem Wasser oder Spiritus gefülltes Rohr). Mit der dargestellten Anordnung wurden folgende Werte gemessen:

Scheitelwert d. Wechselspannung kV	Schlagweite an F_1 cm	Schlagweite an F_2 cm	Gleichspannung kV
365	50	37,5	345
465	70	52,5	460
550	90	67,5	530
590	100	75	580

Die Spannungswerte wurden mit einer Kugelfunkenstrecke bestimmt. Die Zahlentafel ergibt, daß die Gleichspannungswerte fast ebenso hoch liegen wie die Scheitelwerte der Wechselspannung. Das überrascht deshalb, weil die Funkenstrecken bei so großen Schlagweiten nicht unbeträchtliche Spannungsabfälle haben müssen. Offenbar werden diese Spannungsgefälle durch die auftretenden Schwingungen besonders klein. Man kann nach diesem Versuch mit einem Transformator von 500 kV_{eff} gegen Erde eine Gleichspannung von etwa 1400 kV erzeugen (im vorliegenden Falle reichten die Kondensatoren nur für den höchsten der angegebenen Spannungswerte aus). Bei der Erzeugung von besonders hohen Gleichspannungen sind, vor allem bei negativer Gleichspannung, sehr große Plattenelektroden oder eine Abschirmung des Plattenrandes nötig, um einen Rückschlag zu verhindern[2].

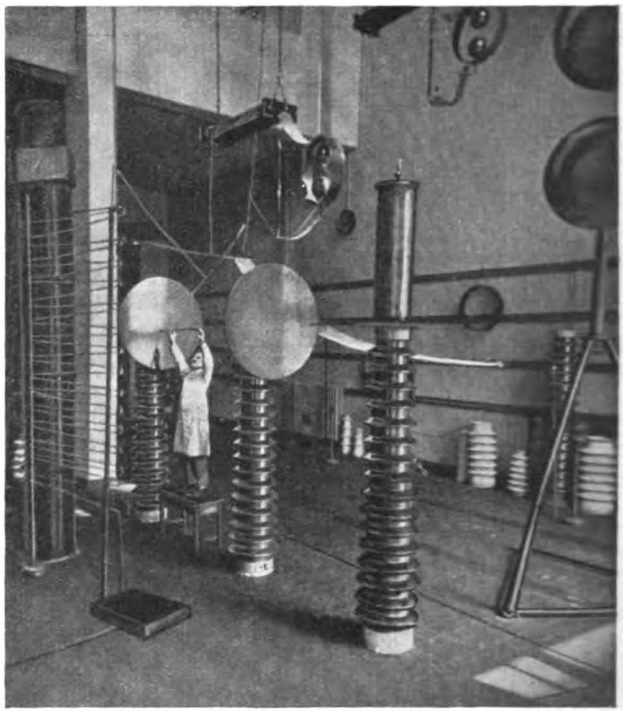


Abb. 5. Gleichrichteranordnung für 600 kV.

3. Anwendungen.

Als Verwendungszwecke der angegebenen Schaltung kommen zunächst Prüfanlagen in Frage. Der Verfasser hat schon oft darauf hingewiesen[3], daß zu grundsätzlichen Untersuchungen über die elektrische Festigkeit verschiedene Spannungsarten benutzt werden müssen, da diese Festigkeit sehr stark von Polarität und Spannungsverlauf abhängt. Es erhalten hierdurch auch Untersuchungen mit Gleichspannung sowie Strom-Spannungs-Messungen bei dieser Spannungsart große Bedeutung. In anderen Fällen, z. B. bei der Prüfung von Hochspannungskabeln, ist die Gleichspannungsprüfung bekanntlich unerläßlich. Kabel für 100 kV Betriebspannung können mit den bisherigen Mitteln noch nicht vorschriftsmäßig geprüft werden, da Glühkathoden-Gleichrichter nur bis 200 kV_{max} gebaut werden. Ein besonderer Vorteil der neuen Gleichrichtung ist ihre Einfachheit und Billigkeit[4].

Versuche über die Anwendung der Schaltungen bei großen Leistungen sind im Gange. Es muß hierbei geprüft werden, ob und mit welchen Mitteln ein Lichtbogen auch bei großer Leistung regelmäßig unterbrochen werden kann (durch Anblasen usw.). Es können natürlich dann auf der Gleichspannungseite keine Kondensatoren verwendet werden, sondern es muß mit Mehrphasenstrom gearbeitet werden, wobei der Lichtbogen in einer Phase so lange erhalten werden muß, bis er in der nächsten Phase entstanden ist. Wenn die Erzeugung von Gleichstrom aus Wechselstrom auch bei großer Leistung gelungen ist, dann dürften auch der Umwandlung in umgekehrter Richtung keine unüberwindlichen Schwierigkeiten entgegenstehen.

[2] Nähere Angaben hierüber werden demnächst durch Buchwald, Braunschweig, veröffentlicht.

[3] Vgl. z. B. Marx, Vortrag im Elektrot. Verein am 13. III. 1930. Der Vortrag wird demnächst in der EFZ veröffentlicht.

[4] Die Anordnungen sind zum Patent angemeldet; sie werden durch die AEG ausgeführt. Ferner ist die Anwendung des beschriebenen Prinzips bei Gleichrichtern für Gasreinigungsanlagen sehr vorteilhaft. Da hier die Gleichspannung nicht konstant zu sein braucht, ist nur ein Gleichrichter (Funkenstrecke Spitze—Platte usw.) nötig, dessen Verbindungsleitung nach der Gleichspannungs-Verbrauchsanlage über einen hohen Widerstand zu erden ist.

Digitized by Google

Die Gestehungskosten des Stromes in großen Steinkohlenkraftwerken auf Grund von Erfahrungswerten.

Von Dipl.-Ing. **Fr. Schraeder**, Stadt-Oberbaurat, Mannheim.

Übersicht. Zu den wichtigsten Voraussetzungen für die Möglichkeit einer objektiven Beurteilung der mit der Großkraftversorgung Deutschlands verbundenen Fragen der Wirtschaftlichkeit gehört die Kenntnis exakter Erfahrungszahlen für die heutigen Gestehungskosten des elektrischen Stromes und des spezifischen Kohlenverbrauches in modernen, großen Dampfkraftwerken. Die Arbeit ermittelt derartige Erfahrungszahlen für die Stromerzeugung in großen Steinkohlenkraftwerken aus den letztjährigen Geschäftsberichten holländischer Elektrizitätsversorgungen.

Im Zusammenhange damit wird ein allgemeiner Überblick über einige wesentliche Fortschritte der Wärmetechnik in großen Dampfkraftwerken während der letzten Jahre gegeben. Die Arbeit bringt zahlenmäßige Nachweise dafür, mit welchen Gestehungskosten große Steinkohlenkraftwerke heute auf Grund vorliegender Erfahrungen zu rechnen haben. Die Wärmeausbeute erweist sich als sehr günstig, und die Gestehungskosten sind außerordentlich niedrig. Infolgedessen ist der Schluß berechtigt, daß der wirtschaftliche Vorsprung der Stromerzeugung in zentralen Braunkohlenkraftwerken gegenüber der Stromerzeugung in örtlichen großen Steinkohlenkraftwerken, der nur auf den geringeren Brennstoffkosten der ersteren beruht, als nur noch gering angesehen werden muß.

I. Mangel an exakten Erfahrungszahlen für die wirtschaftliche Untersuchung grundlegender Fragen aus der deutschen Großkraftwirtschaft.

Wenn man die Entwicklung der öffentlichen Elektrizitätsversorgung im Deutschen Reiche, soweit sie in unmittelbarem Zusammenhange mit der Großkraftwirtschaft steht, während der letzten Jahre von verschiedenen Gesichtspunkten aus prüfend überschaut, muß man die Feststellung machen, daß auf diesem an Problemen schwieriger Natur reichen Betätigungsgebiete der Elektrotechnik die exakte Behandlung der wirtschaftlichen Grundlagen der Entwicklung zur Großkraftwirtschaft in der Fachliteratur zurückgeblieben ist; die Behandlung ist im wesentlichen über Erörterungen und Feststellungen allgemeiner Art kaum hinausgediehen. Man erkennt sogar, daß heute eine richtige, wirtschaftskritische Beurteilung aus der i. a. zugänglichen einschlägigen Literatur fast unmöglich ist, hauptsächlich deswegen, weil es an der Bekanntgabe wirtschaftlich wichtiger, autoritativer Erfahrungswerte durch nachprüfbare Belege noch sehr fehlt. Gemeint ist hiermit die laufende Bekanntgabe besonders charakteristischer Einzelheiten und Einzelzahlen durch die Geschäftsberichte von Gesellschaften, die Statistiken offizieller Körperschaften oder durch eingehende Berichte verantwortlicher Stellen oder Persönlichkeiten bzw. von großen Unternehmungen aus ihrer wirtschaftlichen und technischen Arbeit. Durch solche allein wäre es möglich, ein schlüssiges Bild über den Stand der von den deutschen elektrizitätswirtschaftlichen Unternehmungen erzielten technischen und wirtschaftlichen Fortschritte zu erhalten und ihn zu verfolgen.

Die Entwicklung, die oben gemeint ist, ist gekennzeichnet durch die Zusammenschlußbestrebungen der großen Stromerzeugungs- und -verteilungsunternehmungen.

Bezüglich der fehlenden Erfahrungswerte aus der modernen Kraftwerkswirtschaft sei hier die wichtigste der grundlegenden Fragen gestellt:

Mit welchem Wärmeaufwande und mit welchen wesentlichsten Gestehungskosten für 1 kWh haben technisch bestens ausgestattete Dampfkraftwerke mit Steinkohlenfeuerung für eine Jahreserzeugung von etwa 50 Mill kWh an aufwärts unter den in Deutschland gegebenen Verhältnissen heute auf Grund nachweisbarer Erfahrungswerte zu rechnen?

Diese Frage ist auf Grund genauer Angaben aus deutschen Werken vorläufig fast unbeantwortbar, da zu wenig Zahlenmaterial zugänglich ist. Infolgedessen ist es auch z. Z. fast unmöglich, auf Grund authentischen, aus der Literatur geschöpften Erfahrungsmaterials exakte, rechnungsmäßige Untersuchungen der wirtschaftlichen Grundlagen der gegenwärtigen Entwicklung der deutschen Großkraftversorgung vorzunehmen und zu einer objektiven Beurteilung dieser zu gelangen.

Und doch wäre es erwünscht, Möglichkeiten zu solchen Untersuchungen zu haben. Das gilt insbesondere im Hinblick auf die Frage, ob für die Schwerpunkte größeren Stromabsatzes die Stromerzeugung in örtlichen großen Kraftwerken billiger und richtiger ist als der Bezug von Fernstrom oder umgekehrt. Diese Frage hat erheblich an Bedeutung gewonnen seit dem Ausbau der leistungsfähigen Kupplungsnetze für die west- und mitteldeutschen Großkraftversorgungen und mit der zunehmenden Verdrängung des Steinkohlenstromes durch Braunkohlenstrom.

Da der Ausbau solcher Netze unter den in Deutschland gegebenen Voraussetzungen eine Kapitalbindung von außerordentlichen Ausmaßen darstellt, ist die richtige Beurteilung der wirtschaftlichen Grundlagen schon ein Problem, das die Interessen der Allgemeinheit in weitem Umfange und an vielen Punkten berührt.

Während es früher leicht war, über den Grad der wirtschaftlichen Berechtigung zur Festlegung neuen Kapitals bei Elektrizitätswerken eine Übersicht zu behalten, geht diese Möglichkeit heute infolge des fortschreitenden Zusammenschlusses und der Verschachtelung der Stromversorgungsunternehmungen in wachsendem Maße verloren. Denn bei der heutigen Großkraftwirtschaft dient nur ein Teil der Kapitalinvestitionen der Bedarfsdeckung, die durch den Zuwachs des Strombedarfs entsteht und infolgedessen auch neue Einnahmen zur Folge hat; der andere Teil stellt den Kapitalbedarf dar, den der Zusammenschluß vorhandener Betriebsanlagen verursacht, und dessen Dienst irgendwie durch Minderausgaben bei der Stromerzeugung oder -verteilung wirtschaftlich so gesichert sein muß, daß er — auch auf lange Sicht — keine Verteuerung zur Folge hat.

Bei dem starken Expansionsdrange, den einige große deutsche Stromversorgungsunternehmungen an den Tag legen, ist es als unerläßlich anzusehen, daß auch noch weitere sachverständige Kreise als die wenigen verantwortlichen Persönlichkeiten weniger Unternehmungen sich ein objektives Urteil über die maßgeblichsten Fragen bilden können, z. B. wie die Kapitalintensität, der Geldumsatz und der Stromkonsum sich entwickeln, wie die Gestehungskosten sich gestalten, wie demgemäß die Wirtschaftlichkeit zu beurteilen ist und welche Folgerungen daraus zu ziehen sind. Gerade in der Großkraftwirtschaft ist die sogenannte Kapitalintensität sehr groß, dahingegen die Möglichkeit für den Außenstehenden, die wirtschaftlichen Grundlagen kennen zu lernen, besonders klein. Das Interesse hieran aber hat eine ganz breite Grundlage. Infolge des fast lückenlos gewordenen Ausbaues der deutschen Stromversorgungsnetze über ganz Deutschland und durch das starke Vordringen der Elektrizität auf allen Betätigungsgebieten des menschlichen Lebens ist es dahin gekommen, daß heute alle Schichten der deutschen Bevölkerung und jede Einzelpersönlichkeit in irgendeiner Form an der Elektrizitätswirtschaft interessiert sind. Sei es auch nur als steuerzahlender Bürger, direkt durch den Besitz oder die Beteiligungen der Städte, der Länder und des Reiches an Elektrizitätswerken oder indirekt durch das Finanzinteresse des Reiches an dem Wohlergehen der Reichsbahn und der Wasserstraßen. Die Fragen der großen Elektrizitätswirtschaft werden mehr und mehr zu Fragen der gesamten Volkswirtschaft.

Die vorliegende Arbeit befaßt sich im wesentlichen mit der Klärung der angegebenen grundlegenden Frage, nämlich der Frage nach dem spezifischen Brennstoffbedarf und der Höhe der wesentlichsten Gestehungskosten je 1 kWh bei der Stromerzeugung in modernen großen Steinkohlenkraftwerken, an Hand von Erfahrungswerten aus den letzten Jahren.

Unter der Auswirkung der durch Krieg, Inflation und Reparationslasten uns aufgezwungenen Verhältnisse, die die technische Entwicklung hemmten, hat sich leider bei einem wichtigen Teile berufener Stellen, nämlich bei manchen unserer größten Stromversorgungsunternehmungen, mehr und mehr die Gepflogenheit herausgebildet, die Berichterstattung an die Öffentlichkeit in bezug auf die Bekanntgabe der wichtigsten technisch-wirtschaftlichen Erfahrungen und der Ausbauziffern sowie der Einzel-

Digitized by Google

posten der Ausgaben- und der Einnahmenrechnung immer mehr auf summarische Angaben zu beschränken, die eine eingehende Zergliederung und Entzifferung nicht mehr zulassen. Infolgedessen sind die wichtigsten der früher regelmäßig genau bekanntgegebenen Einzelziffern der fachtechnisch interessierten Öffentlichkeit überhaupt nicht mehr bekannt.

Es gewinnt fast den Anschein, als ob die Abschließung technisch-wirtschaftlicher Einzelergebnisse vor der Öffentlichkeit allgemein in dem Maße zunimmt, wie sich die Kapitals- und Machtkonzentration einzelner der größten Stromversorgungsunternehmungen in das Riesenhafte — wenigstens für bisherige deutsche Anschauungen — auswächst. Man muß natürlich hierbei berücksichtigen, daß die deutschen Elektrizitätsunternehmungen eine lange Leidenszeit hinter sich haben, die sowohl in technischer wie in wirtschaftlicher Beziehung zerstörend wirkte, und daß erst seit wenigen Jahren wieder einigermaßen stabile Verhältnisse vorhanden sind. Daher ergibt sich als der zweckmäßigste Weg für die Untersuchungen, geeignetes Material aus den Erfahrungswerten des benachbarten Auslandes, das auch zutreffende Schlußfolgerungen für Deutschland zuläßt, beizubringen und zu verwerten.

Bei der Ausschau nach geeigneten Vorbildern sind wir zunächst auf das umliegende Ausland angewiesen, soweit es nicht selbst durch den großen Krieg zu sehr in Anspruch genommen wurde oder gar denselben Leidensweg zu gehen hatte wie Deutschland. Die Auswahl ist hier zwar nicht groß, man hat aber den Vorteil, daß man die dort gefundenen Werte ohne größere Korrekturen auf deutsche Verhältnisse übertragen kann, denn die Voraussetzungen, unter denen wir auf dem europäischen Festlande leben, sind heute im großen ganzen, einschl. der Lebenshaltungskosten, angenähert die gleichen. (Von Rußland abgesehen!) Für die Übertragung etwa nordamerikanischer Erfahrungen auf mitteleuropäische Verhältnisse kann man dieselbe Voraussetzung nicht ohne weiteres gelten lassen. Das ist bei der als sehr ausgiebig zu bezeichnenden technischen und wirtschaftlichen Berichterstattung in Nordamerika wohl zu beachten.

Die Bedingungen und Voraussetzungen, unter denen das benachbarte Ausland den elektrischen Strom erzeugt, haben aber auch von dem wichtigen Gesichtspunkte aus für uns besondere Bedeutung, daß der Strom in Zukunft den Konkurrenzbedingungen des Welthandels unterworfen sein wird[1]. Da die großen Fernleitungen die Grenzen Deutschlands überschritten haben und die Elektrizität zu einer zollfreien Austauschware zwischen Deutschland und dem Auslande geworden ist, ist eine weitgehende Annäherung der Gestehungskosten eine unerläßliche Voraussetzung für den internationalen Stromaustausch.

Der vorliegende Teil der Arbeit stellt sich die Aufgabe, besonders bemerkenswerte Zahlen aus den Geschäftsberichten größerer Dampfkraftwerke, die als typische Vertreter ihrer Gattung zu betrachten sind und in Mitteleuropa als gutgeführte Unternehmungen Ansehen genießen, z. T. über eine Reihe der letzten Jahre, wiederzugeben und auszuwerten. Die Untersuchung erstreckt sich zunächst auf die Auswertung von Geschäftsberichten holländischer Werke.

Da die Erfahrungswerte der großen Werke des benachbarten Auslandes als unmittelbare Vergleichswerte benutzt werden können, geben sie wertvolle Anhaltspunkte und gestatten wichtige Rückschlüsse für die objektive Beurteilung der wirtschaftlichen Seite der Entwicklung in Deutschland.

Die Ausarbeitung muß sich im wesentlichen auf das beschränken, was in den Geschäftsberichten enthalten ist und unbezweifelbare Rückschlüsse und Folgerungen zuläßt. Infolgedessen sind Lücken vorhanden; denn da die Geschäftsberichte i. a. ihren besonderen Zwecken dienen, muß man vielfach auf Auskünfte, die dem interessierten Leser gleichfalls erwünscht erscheinen, Verzicht leisten.

II. Auswertung von Betriebsergebnissen holländischer Steinkohlenkraftwerke nach den Geschäftsberichten.

Im folgenden ist eine Anzahl von Geschäftsberichten holländischer Werke in bezug auf die wärmewirtschaftlichen Ergebnisse und die Gestehungskosten ausgewertet worden. Nach Möglichkeit sind die Ergebnisse mehrerer aufeinanderfolgender Jahre zusammengestellt, um Vergleichswerte und ein zuverlässiges Bild aus der Entwicklung heraus zu geben. Die Feststellungen sind gelegentlich nach unmittelbaren Angaben der Direktionen der Werke ergänzt.

[1] Peucker, Vortrag 1929. S. Braunkohle 1929, H. 26.

Allgemein ist vorweg folgendes zu bemerken:

a) Alle Anschaffungs- und Buchwerte beziehen sich jeweils auf das Ende des Geschäftsjahres. Das Geschäftsjahr deckt sich mit dem Kalenderjahr.

b) Für die Umrechnung des Geldwertes ist für alle Jahre einschl. der Vorkriegsjahre die gegenwärtige Währungsparität zugrunde gelegt: 1 holländischer Gulden (Gld) = 100 Cents = 1,687 RM.

c) Die Geldwerte sind in der Regel aus den Zahlen der Bilanzen, der Gewinn- und Verlustrechnung usw. einzeln so ermittelt worden, daß Nebeneinnahmen, Nebenausgaben und die zugehörigen Anlage- und Buchwerte nach Möglichkeit ausgeschieden wurden, um ein möglichst klares Bild der eigentlichen Stromwirtschaft zu erhalten.

1. Geschäftsberichte für die Jahre 1927 und 1928 der „N. V. Provinciaale en Gemeentelijk Electriciteits-Maatschappij (P. E. G. E. M.)“ in Haarlem.

Reines Stromlieferungsunternehmen, das die Stadt Amsterdam versorgt. Ein Hauptkraftwerk „Noord“ und ein älteres Kraftwerk „Oost“ als Spitzenkraftwerk, beide in Amsterdam.

		Amsterdam	
		Nord	Oost
Jahr der Inbetriebnahme		1918	1905
Installierte Dauerleistungsfähigkeit der Turbogeneratoren	kW	136 500	35 000
Anzahl der Einheiten		12	5
Größte Einheit	kW	18 750	9 000
Dampfkessel			
Anzahl		21	19
Gesamte Heizfläche	m²	13 378	9 484
Größte Einheit	m²	1 800	650
Normale Gesamtdampfleistung je 1 h	t	594	315
Höchster verwendeter Dampfdruck	atü	45	—

Jahr		1928	1927
Stromerzeugung beider Werke	Mill kWh	323,824	281,076
Gesamte Jahreshöchstbelastung	kW	110 772	101 850
Davon Grundkraftwerk	kW	92 657	88 077
„ Spitzenkraftwerk	kW	18 115	13 763
Gesamte Jahresbenutzungsdauer	h	2 924	2 769
Grundkraftwerk (Noord)			
Stromerzeugung	Mill kWh	314,666	275 664
Jahreshöchstlast (nicht gleichzeitig)	kW	91 179	88 07
Jahresbenutzungsdauer	h	3 240	3 125
Spitzenkraftwerk (Oost)			
Stromerzeugung	Mill kWh	9,158	5 972
Jahreshöchstlast (nicht gleichzeitig)	kW	22,087	20 750
Jahresbenutzungsdauer	h	415	287
Anzahl Betriebstage		222	197
Eigenbedarf beider Werke[1]	Mill kWh	16,300	17,700
Desgl. in % der Stromerzeugung	%	5,0	6,3
Jahresmaximum des Eigenbedarfes[2]	kW	4 590	3 410
Jahresbenutzungsdauer des Eigenbedarfes	h	3 835	5 640
Gesamte Stromabgabe beider Kraftwerke ab Sammelschienen	Mill kWh	307,500	263,300
Anzahl der Belegschaft der Kraftwerke		400[1]	355
Spezif. Stromerzeugung je Kopf und Jahr	kWh	810 000	730 000
Spezif. Kohlenverbrauch je 1 erz. kWh			
Grundkraftwerk	kg	0,780	0,757
Spitzenkraftwerk	kg	1,580	1,485
Gesamt	kg	0,800	0,774
Kohlenpreis je 1 t etwa	RM	15,00[1]	16,000
Spezif. Brennstoffkosten[1] je 1 erz. kWh	Pf	1,22	1,26
Anschaffungswert am Jahresende	Mill RM	54,306	—
Desgl. je 1 kW install. Leistung	RM	316	—
Buchwert am Jahresende (ohne Vorräte)	Mill RM	34,068	33,065
Desgl je 1 kW install. Leistung	RM	198	216
Desgl. je 1 kW Jahreshöchstlast	RM	309	325
Direkte Betriebsausgaben je 1 ab Sammelschienen abgegeb. kWh			
Bedienung einschl. Sozialfürsorge usw.	Pf	0,271	0,342
Unterhaltung	Pf	0,432	0,585
Verwaltung, Versicherungen u. Sonstiges	Pf	0,214	0,263
Brennstoffe, Schmiermaterial, Wasser usw.	Pf	1,325	1,595
Summe der direkten Ausgaben	Pf	2,242	2,385
Desgl. ohne Brennstoffe	Pf	0,917	0,990
Kapitaldienst			
Abschreibungen	Pf	0,795	0,925
Zinsen	Pf	0,485	0,595
Summe	Pf	1,280	1,520
Spezif. Ausgaben je 1 kW Jahreshöchstbelastung			
Bedienung und Unterhaltung	RM	19,50	19,00
Allgemeine Verwaltung	RM	5,90	6,80
Abschreibungen	RM	22,15	24,00
Zinsen	RM	13,45	15,55
Abschreibungen in Prozent des Anschaffungswertes	%	4,5	4,8
„ Buchwertes	%	7,2	7,4

[1] aus anderen Angaben schätzungsweise errechnet.
[2] einschl. eines weiteren Kraftwerks.

Digitized by Google

2a. Geschäftsberichte 1926, 1927, 1928 der „N. V. Provinciaale en Gemeentelijk Utrechtsch Stroomleveringsbedrijf" in Utrecht.

Reines Stromlieferungsunternehmen. Ein modernes Kraftwerk, „Merwedekanaal", und ein älteres, „Nicolaas Beetsstraat", als Spitzenkraftwerk.

		Merwede-kanaal	Nicolaas Beets-straat
Jahr der Inbetriebnahme		1926	1905
Installierte Dauerleistungsfähigkeit der Turbogeneratoren	kW	30 000	20 000
Anzahl der Einheiten		2	4
Größte Einheit	kW	16 000	8 000
Dampfkessel			
Anzahl		11	14
Gesamte Heizfläche	m²	3 520	2 556
Größte Einheit	m²	596	596
Höchster verwendeter Dampfdruck	atü	36	—

Jahr		1928	1927	1926
Gesamte Stromerzeugung	Mill kWh	66,504	62,616	57,397
Jahreshöchstbelastung	kW	24 000	20 800	19 900
Jahresbenutzungsdauer	h	2 770	3 010	2 880
Stromerzeugung des Spitzenkraftwerks[1]	Mill kWh	3,612	13,841	—
Eigenverbrauch	Mill kWh	5,476	4,642	—
Desgl. in % der Stromerzeugung	%	8,25	7,4	—
Stromabgabe ab Sammelschienen	kWh	61,028	57,974	53,850
Spezif. Kohlenverbrauch je 1 erz. kWh	kg	0,661	0,709	0,726
Kohlenpreis je 1 t	RM	15,28	15,56	16,20
Spezif. Brennstoffkosten je 1 erz. kWh	Pf	1,01	1,10	1,18
Anschaffungswert	Mill RM	12,748	12,451	11,500
Desgl. je 1 kW install. Leistung	RM	255	249	—
Buchwert	Mill RM	9,288	9,861	9,750
Desgl. je 1 kW install. Leistung	RM	185,5	197,5	—
Desgl. je 1 kW Jahreshöchstlast	RM	387	474	578
Direkte Betriebsausgaben je 1 ab Sammelschienen abgegeb. kWh				
Bedienung einschl. Sozialfürsorge usw.	Pf	0,351	0,768	—
Unterhaltung	Pf	0,345		
Verwaltung, Versicherungen, Sonstiges	Pf	0,259	0,252	—
Brennstoffe, Schmiermaterial, Sonstiges	Pf	1,120	1,190	1,255
Summe der direkten Ausgaben	Pf	2,075	2,210	2,400
Desgl. ohne Brennstoffe	Pf	0,955	1,020	1,145
Kapitaldienst				
Abschreibungen	Pf	1,355	1,380	1,055
Zinsen	Pf	0,387	0,430	0,393
Summe	Pf	1,742	1,810	1,448
Spezif. Ausgaben je 1 kW Jahreshöchstbelastung				
Bedienung und Unterhaltung	RM	18,25	21,35	—
Allgemeine Verwaltung	RM	6,60	7,00	—
Abschreibungen	RM	34,50	38,50	28,55
Zinsen	RM	9,80	12,00	10,60
Abschreibungen in Prozent des Anschaffungswertes	%	6,48	6,42	4,90
„ Buchwertes	%	8,93	8,11	5,81

[1] In der Gesamterzeugung enthalten.

2b. Zusammenstellung der Stromerzeugung und des spezif. Kohlenverbrauches je 1 kWh für die 7 Betriebsjahre 1922/28 der Werke Utrecht.

Jahr	Stromerzeugung	Jahreshöchstbelastung der Kraftwerke u. Benutzungsdauer		Eigenverbrauch der Kraftwerke[1]		spezif. Steinkohlenverbrauch	
						je 1 erz. kWh	je 1 abgegeb. kWh[2]
	Mill kWh	kW	h	kWh	% der Erzeugung	kg	kg
1922	31,7133	12 543	2 530	941 000	3,0	0,80	0,825
1923	39,7796	14 906	2 665	969 000	2,4	0,73	0,750
1924	46,6934	16 150	2 890	1 345 000	2,9	0,69	0,710
1925	51,8187	18 200	2 845	1 639 700	3,2	0,74	0,765
1926	57,3961	19 900	2 885	3 547 500[1]	6,2	0,73	0,778
1927	62,6163	20 000	3 130	4 641 800	7,4	0,71	0,766
1928	66,5042	21 900	3 040	5 476 400	8,2	0,66	0,719

Verbrauch des Kraftwerks „Merwedekanaal" (Grundkraftwerk).

Jahr	Stromerzeugung	Steinkohle je erz. kWh		Steinkohle je kWh ab Sammelschiene[3]	Eigenverbrauch		Gesamter therm. Wirkungsgrad
	Mill kWh	kg	kcal	kg	Mill kWh	%	%
1927	48,775	0,646[4]	4 910	0,705	4,0976	8,4	—
1928	62,892	0,632[4]	4 680	0,683	4,7597	7,6	18,1

[1] seit 1926 einschl. Kondensationsantrieb. — [2] also am Kabelendverschlusse. — [3] Kohle von 7600 kcal. — [4] Kohle von 7400 kcal.

3. Betriebsergebnisse des Kraftwerks „Schichaven" des Städt. Elektrizitätswerkes Rotterdam, nach den Geschäftsberichten 1925/26/27/28.

Das Werk arbeitet parallel mit zwei anderen, kleineren Kraftwerken.

3a. Allgemeines.

Installierte Dauerleistungsfähigkeit der Turbogeneratoren	65 000 kW
Anzahl der Turbogeneratoreneinheiten	7
Größte Einheit	16 000 kW
Anzahl der verwendeten Dampfkessel	26
Größte Dampfleistung je Einheit in t/h	43
Gesamte normale Dampfleistung aller Kessel in t/h	442
Höchster verwendeter Dampfdruck	12 atü
Inbetriebnahme des Werkes	1906
Anschaffungswert Ende 1928	20 274 Mill RM
desgl. je 1 kW Leistungsfähigkeit	312 RM

3b. Einzelergebnisse der Betriebsleistungen.

Jahr		1928	1927	1926	1925
Stromerzeugung	Mill kWh	170,0378	152,2670	135,7962	114,6505
Jahreshöchstbelastung des Kraftwerkes	kW	55 880	51 830	46 370	42 430
Jahresbenutzungsdauer der Höchstbelastung	h	3 045	2 940	2 930	2 705
Eigenverbrauch	kWh	6 428 590	5 688 050	4 918 200	4 118 150
desgl. in % der Stromerzeugung	%	3,77	3,73	3,63	3,60
Stromabgabe ab Sammelschienen	Mill kWh	163,6092	146,579	130,87	110,5323
Gesamtverbrauch an Steinkohle	t	97 763	92 429	87 214	76 737
spezif. Kohlenverbrauch je 1 erz. kWh	kg	0,575	0,607	0,642	0,669
desgl. in kcal	kcal	4 330	—	—	—
Kohlenpreis je 1 t Steinkohle	RM	16,77	17,35	17,22	20,51
reine Brennstoffkosten je 1 erz. kWh	Pf	0,96	1,055	1,11	1,37
Betriebspersonal, Anzahl		185	189	176	175
spezif. Stromerzeugung je Kopf des Personals	kWh	920 000	806 000	772 000	656 000

3c. Direkte Betriebsausgaben je 1 ab Sammelschiene abgegebene kWh.

Jahr		1928	1927	1926	1925
Bedienung	Pf	0,172	0,183	0,203	0,242
Kosten[1] der Sozialfürsorge, Pensionen usw.	Pf	0,058	0,057	0,068	0,079
Unterhaltung	Pf	0,492	0,515	0,472	0,461
Brennstoffe einschl. zugehöriger Transporte, Schmiermaterial usw.	Pf	1,102	1,160	1,215	1,510
Summe der direkten Betriebsausgaben, ohne Verwaltungskosten	Pf	1,824	1,915	1,958	2,292
desgl. ohne Brennstoffkosten usw.	Pf	0,722	0,755	0,743	0,782
Kapitaldienst					
Abschreibungen	Pf	0,647	0,682	0,698	0,699
Zinsen[1]	Pf	0,384	0,415	0,421	0,444
Summe	Pf	1,031	1,097	1,119	1,143

[1] Anteilig errechnet.

3d. Spezifische Ausgaben für 1 kW Jahreshöchstbelastung.

Jahr		1928	1927	1926	1925
Bedienung und Unterhaltung	RM	24,10	23,30	22,80	22,50
Abschreibungen	RM	19,00	19,30	19,70	18,25
Zinsen	RM	11,25	11,70	11,80	11,60

3e. Kapitaldienst.

Abschreibungen in Prozent des Anschaffungswertes	%	5,25	5,25	5,45	5,20
des Buchwertes	%	7,60	7,50	7,60	7,30

4. Zusammenstellung von Ergebnissen aus den Geschäftsberichten der Städtischen Elektrizitätswerke Rotterdam, für die sieben Jahre 1922/28.

A. Stromabgabe und -erzeugung aller Kraftwerke.

Jahr	Nutzbar abgegebene Strommengen	Jahreshöchstbelastung[1]	Jahresbenutzungsdauer	eigene Stromerzeugung	spezif. Kohlenverbrauch je 1 erz. kWh	nutzbar abgegebene Strommenge je Kopf
	Mill kWh	kW	h	Mill kWh	kg	kWh
1922	65,287	29 200	2 240	80,677	0,82	123
1923	73,912	35 200	2 100	91,596	0,83	111
1924	88,354	39 100	2 260	109,161	0,71	131
1925	100,567	44 620	2 240	123,106	0,67	147
1926	116,728	49 070	2 380	143,715	0,642	167,5
1927	133,261	53 930	2 470	163,796	0,607	188,5
1928	147,611	58 400	2 530	182,038	0,575	205,5

[1] In den Kraftwerken gemessen.

Digitized by Google

Verdoppelung der nutzbaren Stromabgabe in 5¼ Jahren,
„ „ Jahreshöchstlast in 6 „ .

Zuwachs an Jahreshöchstlast seit 1921 = 7 Jahre = 34 050 kW bzw. 116,751 Mill kWh, also je 1 Jahr = 4860 kW bzw. 16,680 Mill kWh.

B. Anschaffungs- und Buchwerte sowie Einnahmen.

(Vgl. Abb. 1, 2 und 4.)

Jahresende	Anschaffungswerte: Gesamt Mill Gld	Anschaffungswerte: Gesamt Mill RM	Anschaffungswerte: Je 1 kW Jahreshöchstlast RM	Buchwerte: Gesamt Mill Gld	Buchwerte: Gesamt Mill RM	Buchwerte: Je 1 kW Jahreshöchstlast RM	Einnahmen RM
I. Kraftwerke							
1922	5,755	9,720	332,5	4,144	6,990	239,5	—
1923	7,778	13,120	372,8	5,860	9,885	280,8	—
1924	8,689	14,650	375,0	6,325	10,670	272,8	—
1925	9,039	15,260	341,2	6,371	10,750	240,8	—
1926	10,184	17,180	350,1	7,299	12,315	251,1	—
1927	11,602	19,570	363,0	8,094	13,655	253,2	—
1928	12,369	20,870	357,3	8,607	14,520	248,5	—
II. Verteilungsanlagen.							
1922	11,289	19,033	710,5	7,926	13,373	457,9	—
1923	12,006	20,250	575,0	8,980	15,142	430,2	—
1924	13,099	22,100	564,0	9,775	16,500	422,0	—
1925	15,027	25,330	566,0	11,231	18,944	424,7	—
1926	16,869	28,500	580,0	12,138	20,477	417,1	—
1927	18,254	30,820	571,5	12,801	21,597	400,5	—
1928	18,971	32,000	548,0	13,116	22,126	379,0	—
III. Gesamte eigentliche Betriebsanlagen[1].							
1921	13,158	—	—	8,775	—	—	
1922	17,044	28,753	984,7	12,070	20,363	697,4	409,5
1923	19,784	33,371	948,0	14,840	25,027	711,0	390,6
1924	21,788	36,756	940,0	16,100	27,170	694,8	394,1
1925	24,066	40,600	909,9	17,602	29,694	665,5	383,2
1926	27,053	45,638	930,0	19,437	32,792	668,2	382,0
1927	29,856	50,367	934,0	20,895	35,252	653,7	377,6
1928	31,340	52,872	905,3	21,723	36,646	627,5	368,4

[1] Ohne Mietsinstallationen usw.

Zuwachs der Anschaffungswerte seit 31. XII. 1921 = 7 Jahre = 18,182 Mill Gld = 30,673 Mill RM, davon Zuwachs bei den Kraftwerken = 14,538 Mill RM,

$$\frac{\text{Zuwachs der Anschaffungswerte}}{\text{Zuwachs der Jahreshöchstlast}} : \text{Gesamte Anlagen} = \frac{30\,673\,000\ \text{RM}}{34\,050\ \text{kW}} = 900\ \text{RM/kW},$$

$$\text{davon Kraftwerke} = \frac{14\,538\,000\ \text{RM}}{34\,050\ \text{kW}} = 427\ \text{RM/kW}.$$

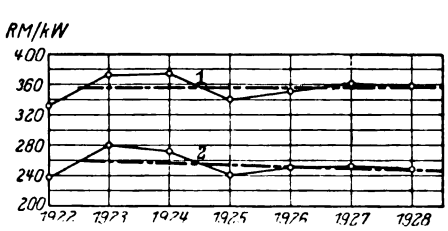


Abb. 1. Entwicklung der spezifischen Anschaffungs- (1) und Buchwerte (2) der Kraftwerke Rotterdam seit 1922, auf 1 kW Jahreshöchstlast bezogen.

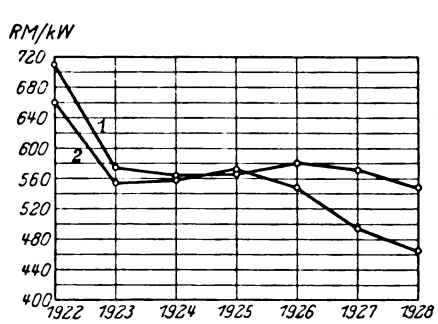


Abb. 2. Entwicklung der spezifischen Anschaffungs- (1) und Buchwerte (2) der Verteilungsanlagen des Elektrizitätswerks Rotterdam seit 1922, auf 1 kW Jahreshöchstlast bezogen.

C. Entwicklung der Kapitalinanspruchnahme in den sieben Jahren 1922/28

(Vgl. Abb. 3 und 4.)

Jahresende	Gesamtbetrag: Gesamte Betriebsanlagen Mill Gld	Gesamtbetrag: Gesamte Betriebsanlagen Mill RM	Spezif. Betrag je 1 kW Jahreshöchstlast: RM	Anteilig für[1]: Kraftwerke RM	Anteilig für[1]: Verteilung RM	Gesamte Einnahmen in % des Kapitals %
1921	7,839	—	—	—	—	—
1922	11,085	18,700	640,3	220,0	420,3	72,1
1923	14,497	24,456	694,7	274,1	420,6	61,7
1924	19,221	32,425	829,2	326,2	503,0	51,6
1925	18,508	31,223	700,0	254,0	446,0	61,1
1926	21,244	35,839	730,3	274,1	464,2	58,8
1927	22,416	37,816	701,2	271,7	429,5	59,7
1928	24,184	40,800	700,0	278,0	422,0	58,5

[1] Nach den jeweiligen Buchwerten umgelegt.

Zuwachs der Kapitalinanspruchnahme seit 31. XII. 1921 = 7 Jahre = 16,345 Mill Gld = 27,574 Mill RM, also je 1 Jahr = 3,93 Mill RM.

Unter dem in Anspruch genommenen Kapital ist das gesamte, durch das Unternehmen gebundene Kapital verstanden, also sowohl die langfristigen Schulden wie auch die kurzfristigen, einschl. aller Verpflichtungen aus laufender Rechnung nach Abzug der Guthaben.

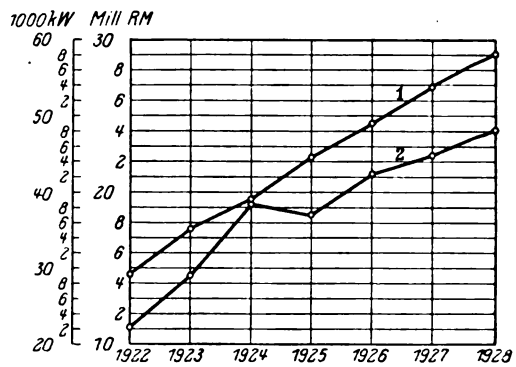


Abb. 3. Entwicklung der Jahreshöchstbelastung (1) in kW sowie der Kapitalinanspruchnahme (2) in Mill RM für Kraftwerke und Verteilungsnetz des Elektrizitätswerks Rotterdam.

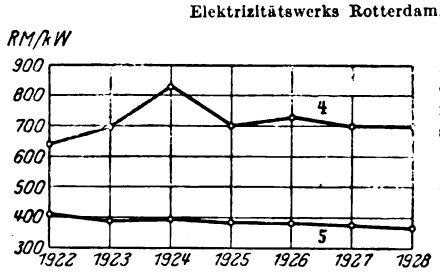


Abb. 4. Entwicklung der spezifischen Kapitalinanspruchnahme (4) sowie der spezifischen Einnahmen (5) des Elektrizitätswerks Rotterdam, auf 1 kW Jahreshöchstbelastung bezogen.

D. Jährliche Abschreibungen.

Jahresende	Jährliche Abschreibungsbeträge: Gesamt RM	% des Anschaffungswertes %	Je 1 kW Jahreshöchstlast RM	Je 1 abgegeb. kWh Pf
I. Kraftwerke.				
1922	375 000	3,86	12,86	0,57[1]
1923	577 800	4,40	16,42	0,78[1]
1924	742 200	5,06	19,98	0,84[1]
1925	757 100	5,16	16,96	0,76[1]
1926	913 800	5,45	18,60	0,78[1]
1927	1 039 400	5,25	19,29	0,78[1]
1928	1 093 800	5,25	18,73	0,74[1]
II. Verteilungsanlagen.				
1922	594 700	3,13	16,81	0,91[2]
1923	784 200	3,87	22,27	1,06[2]
1924	878 000	3,97	21,45	0,99[2]
1925	997 900	3,93	22,39	1,00[2]
1926	1 109 000	3,88	22,62	0,95[2]
1927	1 199 100	3,82	22,22	0,90[2]
1928	1 310 700	4,07	22,44	0,89[2]
III. Gesamte Betriebsanlagen.				
1922	969 700	3,37	33,18	1,49[3]
1923	1 361 995	4,08	38,68	1,84[3]
1924	1 620 160	4,41	41,44	1,84[3]
1925	1 754 985	4,32	39,33	1,75[3]
1926	2 022 760	4,44	41,22	1,73[3]
1927	2 238 500	4,44	41,51	1,68[3]
1928	2 404 500	4,56	41,17	1,63[3]

[1] Ab Sammelschienen der Kraftwerke.
[2] Auf die nutzbare Abgabe im Netz bezogen.
[3] Ohne Betriebsmaterialien und ohne Erweiterungen, die noch nicht in Betrieb sind.

Digitized by Google

Für die Angaben wurden nach Möglichkeit die nicht zu den eigentlichen Betriebsanlagen gehörenden Vermögensteile und entsprechenden Geldbeträge ausgeschieden, z. B. Installationen auf Abbezahlung und Boileranlagen; dagegen sind Zähler einbegriffen.

E. Entwicklung des spezif. Kohlenverbrauchs und der spezif. Kohlenkosten je kWh im Elektrizitätswerk Rotterdam-„Schiehaven" seit 1911. (Vgl. Abb. 5).

Jahr	Spezifischer Kohlenverbrauch je 1 erz. kWh kg	Kohlenkosten je 1 erz. kWh Pf	Jahr	Spezifischer Kohlenverbrauch je 1 erz. kWh kg	Kohlenkosten je 1 erz. kWh Pf
1911	1,13	1,762	1921	0,88	4,440
1912	1,05	1,835	1922	0,82	2,390
1913	1,09	1,920	1923	0,83	2,600
1914	0,95		1924	0,71	1,913
1915	0,83	1,388	1925	0,67	1,373
1916	0,80	1,940	1926	0,642	1,108
1917	0,86		1927	0,607	1,053
1918	0,86	6,98	1928	0,575	0,964
1919	0,86	6,38			
1920	0,86	8,90			

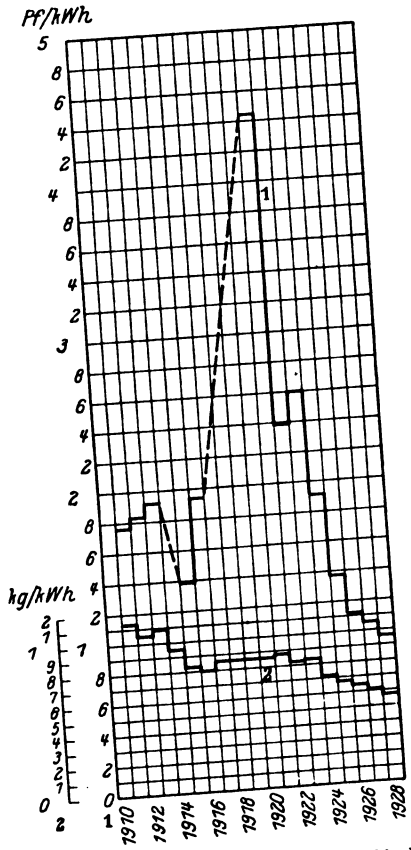


Abb. 5. Entwicklung der spezifischen Kohlenkosten (1) sowie des spezifischen Kohlenverbrauchs (2) im Elektrizitätswerk Rotterdam-Schiehaven, im Jahresdurchschnitt auf 1 erzeugte kWh bezogen.

III. Erörterung der Ergebnisse.

Allgemeines.

Die in den Zahlentafeln enthaltenen Werte sind offenbar als unanzweifelbares Erfahrungsmaterial von besonderem Werte. Es muß hier betont werden, daß die wiedergegebenen Zahlen und Erfahrungswerte unbedenklich ohne weiteres auf deutsche Verhältnisse übertragen werden können, so daß es möglich ist, die Ziffern als Richtzahlen für den Vergleich mit den Gestehungskosten in Deutschland zu benutzen. Das ist vor allem deswegen wichtig, weil die festgestellten holländischen Gestehungskosten je Kilowattstunde niedrig sind. Bezüglich der Basis etwaiger Kostenvergleiche ist zu bemerken, daß die vorhandenen Kostenunterschiede diesseits und jenseits der Grenze z. B. für technische Rohstoffe und Arbeitslöhne nicht in dem Maße von Bedeutung sind, daß sie unter den gegebenen Voraussetzungen eine nennenswerte Rolle spielen könnten.

Holland war vor dem Kriege, von Deutschland aus betrachtet, ein Land mit etwas teureren Lebensbedingungen als Deutschland. Dieser Zustand hat sich heute nicht wesentlich geändert, wie den deutschen Hollandbesuchern bekannt ist und durch den folgenden Vergleich einiger Indexziffern — und zwar des Großhandels — der Lebenshaltungskosten sowie von Arbeitslöhnen belegt wird.

a) Indexzahlen des Großhandels.

Jahr	1913	1925	1926	1927	1928
Holland	100	155	145	148	149
Deutschland	100	142	134	138	140

b) Indexzahlen der Lebenshaltungskosten.

(im Juni)	1913	1925	1926	1927	1928
Amsterdam	100	179	171	167	170
Deutschland	100	140	141	148	152

c) Jahresverdienst von Bergarbeitern im Durchschnitt der Belegschaft.

	Holland	Deutschland
1926	2370,— RM	2178 + Zuschlag = — RM
1927	2368,— „	2268 + „ = — „
1928	2373,20 „	2416 + etwa 84,— = 2500,— „

Für den Arbeitgeber kommen hierzu die Kosten der Sozialfürsorge usw., die nach Zahlen aus den holländischen Staatsminen sich zwischen etwa 15,5 % und 19,5 % der ausgezahlten Löhne bewegen. In Deutschland dürfte mit ähnlichen zusätzlichen Kosten zu rechnen sein.

d) Tarifmäßige Stundenlöhne der Arbeiter in der Metallindustrie.

	Gesamtziffer für Holland		Gesamtziffer für Deutschland	
	Gelernte	Ungelernte	Gelernte	Ungelernte
Jahr 1926 Pf/h	111,4	86,0	91,8	62,2
„ 1927 „	115,0	88,5	97,0	67,7
1. Halbjahr 1928 Pf/h	—	—	102,3	72,2

Die vorstehenden Zahlen sollen nur einen Anhalt geben[1].

Anlagekosten der Kraftwerke.

Die Anschaffungswerte je 1 kW installierter Dauerleistung der Kraftwerke betragen Ende 1928 für die Kraftwerke „Utrecht" 255 RM, für Amsterdam 316 RM und für „Schiehaven" 312 RM. Bei den Zahlen für die beiden letztgenannten Werke ist zu berücksichtigen, daß in den Gesamtkosten Übernahmewerte vorhandener älterer Anlagen enthalten sind.

[1] Teilweise aus dem Statist. Jahrbuch 1928, teilweise aus Veröffentlichungen in Glückauf, z. B. Bd. 65, 1929, S. 179; Bd. 66, 1930, S. 93 usw. entnommen.

5. Zusammenstellung der wichtigsten Zahlen holländischer Kraftwerke.

Kraftwerke		Utrecht		Rotterdam-Schiehaven				Amsterdam	
Betriebsjahr		1927	1928	1925	1926	1927	1928	1927	1928
Gesamte Stromerzeugung	Mill kWh	62,6	66,5	114,6	135,8	152,3	170,0	281,0	323,8
Jahreshöchstbelastung	kW	20 800	24 000	42 430	46 370	51 830	58 880	101 840	110 770
Jahresbenutzungsdauer	h	3 010	2 770	2 705	2 930	2 940	3 045	2 760	2 925
Belastungsfaktor		0,34	0,32	0,31	0,33	0,33	0,35	0,32	0,33
Spezif. Kohlenverbrauch je 1 kWh ab Sammelschiene	kg	0,765	0,720	0,694	0,666	0,631	0,598	0,792	0,824
1 erz. kWh, gesamt	kg	0,709	0,661	0,669	0,642	0,607	0,575	0,774	0,800
Desgl. des Grundkraftwerks	kg	0,646	0,632	—	—	—	—	0,757	0,780
Reine Brennstoffkosten je 1 erz. kWh	Pf	1,10	1,01	1,37	1,11	1,055	0,96	1,26	1,22
Ausgaben für Löhne und Unterhaltung je 1 kW Jahreshöchstlast	RM	21,35	18,25	22,50	22,80	23,30	24,10	19,00	19,50
1 kWh ab Sammelschiene	Pf	0,768	0,696	0,782	0,743	0,755	0,722	0,727	0,703

Digitized by Google

Betriebskosten ohne Brennstoffe.

In der Betriebskostenrechnung der Stromerzeugung sind die wesentlichsten Faktoren a) die persönlichen Ausgaben, b) die sachlichen Ausgaben für Unterhaltung und Betrieb und c) Brennstoffe. Sehen wir von den letzteren zunächst ab, wobei jedoch die Transportkosten für Brennstoffe und Asche in die Betriebskosten a) und b) einbezogen werden sollen, so zeigt sich bei allen betrachteten Werken eine weitgehende Übereinstimmung.

Bezieht man die festgestellten Ziffern — von einer Aufteilung sei hier abgesehen — auf 1 kWh ab Sammelschiene, so findet man für die Kosten a) und b):

für Amsterdam, Mittelwert aus 2 Jahren = rd. 0,72 Pf/kWh
„ Utrecht, „ „ 2 „ = 0,73 „
„ Schiehaven, „ „ 4 „ = 0,83 „

Stellt man diese Jahresbetriebskosten auf einen Vergleichswert ab, der weitergehende Schlußfolgerungen zuläßt, nämlich auf 1 kW der Jahreshöchstlast, so ergeben sich folgende Zahlen:

für Amsterdam, Mittelwert aus 2 Jahren = 19,25 RM
„ Utrecht „ „ 2 „ = 19,80 „
„ Schiehaven „ „ 4 „ = 23,16 „

Die Verschiedenheiten hängen naturgemäß z. T. mit den technischen Besonderheiten der Werke und ihrer historischen Entwicklung zusammen.

Für den Anteil der Personalkosten an den Gesamtkosten ist die spezif. Stromerzeugungsziffer je Kopf des beschäftigten Personals und Jahr eine kennzeichnende Größe. Vergleichsziffern aus den letzten Jahren für deutsche große Kraftwerke sind mir aus der Literatur und aus Geschäftsberichten nicht bekannt geworden. Die seinerzeitige Veröffentlichung von Scholtes[2] über die Ergebnisse der Umfrage des Masch.-Techn. Ausschusses der VdEW bei 31 großen deutschen Elektrizitätswerken nach der Höhe der Belegschaft usw. ist infolge der seitherigen technischen Fortschritte überholt und hat heute wohl kaum mehr Bedeutung. Ihr lag der Stand vom 31. XII. 1923 zugrunde. Die antwortenden Betriebe hatten damals zusammen eine Belegschaft von 6078 Arbeitern, Hilfsarbeitern, Angestellten und Beamten. Die Maschinenleistung betrug 1 464 000 kW, die Stromerzeugung 3,130 Mrd kWh. Es entfiel also auf den Kopf der Belegschaft eine Jahreserzeugung von 516 000 kWh, und je 1000 kW Maximum ergab sich eine mittlere Kopfzahl von rd. 6. Bei 5 aufgeführten Werken mit einer Jahresbenutzungsdauer von 2993 ... 3300 h waren die spezif. Stromerzeugungsziffern je Kopf und Jahr =

0,80, 0.64, 0.64, 0,46 0,44 Mill kWh.

Bei deutschen Großkraftwerken kann heute nach persönlichen Informationen eine spezif. Leistung von 1 Mill kWh je Kopf und Jahr als guter Normalwert gelten; indessen ist hierbei u. a. zu beachten, daß die Vergleichsbasis große Verschiedenheiten aufweist.

Aus den holländischen Ziffern sei als beachtenswerte Feststellung festgehalten, daß es in modernen, zusammenarbeitenden Dampfbetrieben möglich ist, sowohl bei einer Jahreserzeugung von etwa 60 Mill kWh als auch bei 324 Mill kWh die direkten Betriebskosten außer den Brennstoffkosten mit einer Ausgabe von weniger als 20 RM/kW und Jahr zu decken.

Abschreibungen.

Sehr wertvoll scheinen die Feststellungen zu sein, die sich bei der Betrachtung der zahlenmäßigen Höhe der Abschreibungen über eine Reihe von Jahren ergeben. Denn hierdurch wird es m. W. erstmals möglich, für große Kraftwerke mit stetiger Entwicklung, die technisch auf der Höhe gehalten werden, die Auswirkung der Abschreibungen auf die Steigerung des beanspruchten Kapitals aus der Erfahrung zu ermitteln und so einen positiven Anhalt zu gewinnen, ob die Ansätze richtig bemessen sind. Eine derartige Feststellung ist heute für Deutschland, zumal die Frage der Bemessung der Abschreibungssätze stark umstritten ist, besonders wichtig. Die bezüglichen Zahlenreihen für das Elektrizitätswerk „Schiehaven" lassen folgende Berechnungen und Erkenntnisse zu:

Bezieht man die Anschaffungswerte und die Buchwerte für eine Anzahl der letzten Jahre auf 1 kW Jahreshöchstlast, so erkennt man, daß die jeweiligen Beträge des Buchwertes — zum mindesten für die letzten fünf Jahre — nur geringe Abweichungen vom Mittelwerte aufweisen; dieser wiederum zeigt nur eine geringe Tendenz zur Erniedrigung. Die Werte sind für Kraftwerke und Verteilungsanlagen getrennt aufgeführt.

Aus einer graphischen Darstellung ersieht man, in welchem Maße bei den Anschaffungs- und Buchwerten die Tendenz zum Fallen ausgeprägt ist. (Vgl. Abb. 1 u. 2.) Bei den Kraftwerken ist sie sehr gering. Sie dürfte sich zwanglos mit dem Größerwerden der Werksanlagen erklären, das bei etwa gleichen technischen Voraussetzungen eine Verbilligung je Einheit zur Folge haben muß. Da der Verlauf der Mittellinien der beiden Werte für die letzten Jahre nahezu horizontal und fast parallel ist, rechtfertigt sich folgender Schluß:

Der gewählte Abschreibungssatz hat genau ausgereicht, um der wirtschaftlichen Lebensdauer der Betriebsteile, die durch die technischen Fortschritte mitbestimmt wird, buchmäßig Rechnung zu tragen. Um diesen Ansatz in Prozenten des Anschaffungswertes zu ermitteln, legen wir die Zahlen für die letzten fünf Jahre zugrunde, u. zw. die Einheitswerte je 1 kW Jahresmaximum. Es betrug je Jahr:

der Mittelwert der Anschaffungskosten = 357,32 RM
„ „ „ Abschreibungen . . = 18,71 „ .

Der mittlere Abschreibungsprozentsatz errechnet sich also zu 5.24 %.

Hier scheint mir eine Feststellung von fundamentaler Bedeutung vorzuliegen. Sie besagt: Bei modernen großen Dampfkraftwerken, die technisch auf der Höhe erhalten werden, ist als niedrigster Abschreibungssatz ein solcher von 5.24 % je Jahr, bezogen auf den Anschaffungswert, erforderlich. Es will scheinen, als ob diese Feststellung von erheblichem Interesse für die deutschen Unternehmungen ist, nicht zum wenigsten der Steuerbehörde gegenüber, der es bekanntlich in dieser Beziehung an einer belegbaren Norm durchaus fehlt.

Verwaltungskosten.

Da in der deutschen Literatur an Angaben über Verwaltungskosten seit der Abhandlung von Sieben[3], der die Quellen als sehr spärlich bezeichnet, wesentlich Neues nicht hinzugekommen ist, dürften die in den holländischen Geschäftsberichten von Gesellschaften enthaltenen Angaben wertvoll sein. Sie sind zu Vergleichen darum besonders nützlich, weil sie die Verwaltungskosten selbständiger öffentlicher Unternehmungen in Gesellschaftsform darstellen, deren einzige Aufgabe die Erzeugung und die Lieferung elektrischen Stromes an wenige Großabnehmer ist. Die ermittelten Zahlen lauten:

	Jahresstromerzeugung Mill kWh	Verwaltungskosten je 1 kW Jahreshöchstbelastung RM	Verwaltungskosten je 1 ab Sammelschiene abgegebene kWh Pf
Utrecht	63	7.00	etwa 0.200
	67	6.60	„ 0.200
Amsterdam	281	6.80	0.263
	324	5.90	0.214

Im Rahmen dieser Arbeit kann hier der Begriff der Verwaltungskosten nicht genauer umrissen werden.

Wärmewirtschaftliche Ergebnisse.

Als ganz besonders wichtig erscheint mir der Hinweis auf die günstigen wärmewirtschaftlichen Betriebsergebnisse, besonders des Elektrizitätswerks Schiehaven. Das genannte Werk, dessen größte Maschineneinheit bisher nur 16 000 kW betrug, und das nur mit 12 atü Dampfdruck arbeitet, ist offenbar ein älteres Kraftwerk, das aber dauernd und systematisch innerhalb eines knapp abgegrenzten Bereiches technisch und wärmeökonomisch aufs beste modernisiert wurde, bis nunmehr nach einer Angabe im letzten Geschäftsbericht wegen Platzmangels der Bau eines neuen, großen Kraftwerks in Angriff genommen werden mußte. Von großer Bedeutung dürfte die gemachte Feststellung sein, daß ein Kraftwerk mit dem verhältnismäßig niedrigen Dampfdruck von 12 atü so günstige Betriebsergebnisse erzielen kann, nämlich rd. 0,9 Mill kWh Stromerzeugung je Kopf des Personals und einen spezif. Verbrauch von nur 0.575 kg Steinkohle = 4330 WE/erz. kWh, zuzüglich nur 3.8 % Zuschlag für Eigenverbrauch, wobei die Benutzungsdauer der Jahreshöchstlast nur etwa 3000 h erreichte.

Nach einer neuerlichen privaten Mitteilung der Direktion in Rotterdam ist der spezif. Kohlenverbrauch je 1 kWh im Jahre 1929 etwa der gleiche wie 1928 gewesen.

Ferner sind die erzielten Brennstoffkosten je 1 kWh bei allen Werken auffallend niedrig.

[2] Mitt. V. El. W. 1925, S. 533.

[3] Die Wirtschaftlichkeit einer Großkraftverwertung der Kohlenenergie in Deutschland, Düsseldorf 1921, Verlag Stahleisen, S. 16.

Digitized by Google

Trägt man die für die Kraftwerke Utrecht und Schiehaven gefundenen Werte des spezif. Kohlenverbrauches für 1 ab Sammelschiene abgegebene kWh in einem Koordinatensystem in Abhängigkeit von der Menge der jährlichen Stromerzeugung auf, so liegen diese Punkte etwa im Zuge einer sanft fallenden geraden Linie (vgl. Abb. 6). Der Verlauf dieser Mittelwertgeraden ist festgelegt durch die nachstehenden Endwerte.

Der Verbrauch an hochwertiger Steinkohle von etwa 7500 kcal je 1 ab Sammelschiene abgegebene kWh, bei etwa 3000 Benutzungstunden des Maximums, beträgt:

bei 50 Mill kWh Jahreserzeugung = 0,75 kg
„ 180 „ „ „ = 0,60 „ .

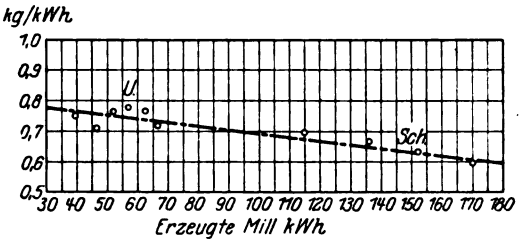


Abb. 6. Spezifischer Kohlenverbrauch je 1 ab Sammelschienen abgegebene kWh im Jahresdurchschnitt 1923/28 für die Kraftwerke Rotterdam-Schiehaven (*Sch*) und Utrecht (*U*) in Abhängigkeit von der Jahreserzeugung.

Bezüglich der verwendeten Kohle kann man aus vereinzelten Angaben sowie aus dem Zusammenhange erkennen bzw. schließen, daß die zur Verfeuerung gelangte Kohle zwar durchweg Kohle mit gutem Heizwert ist, aber sie ist, wie auch die niedrigen Preise vermuten lassen, durchweg eine Mischung von Fettkohle und Magerkohle. Z. B. errechnet sich für das Elektrizitätswerk Schiehaven ein Heizwert der Kohle von 7520 WE. Bemerkenswert sind die außerordentlich niedrigen Preise der Kohle, die wohl aus der dortigen starken Konkurrenz des Weltmarktes zu erklären sind und aus entsprechendem Mischungsanteil der billigeren Sorten.

Von größerer Bedeutung aber sind für uns die Feststellungen bezüglich der guten Wärmeökonomie. Die Bedeutung dieser spezifischen Kohlenverbrauchsziffern liegt in ihrer Unanzweifelbarkeit als autoritative und durchaus typische Erfahrungswerte modern gehaltener Werke der in Betracht kommenden Leistung.

Zur allgemeinen Charakterisierung des Verlaufes der Gestehungskosten von Jahr zu Jahr sei darauf hingewiesen, daß die bislang festzustellende, anhaltende Senkung der Brennstoffkosten anscheinend ihr Ende noch nicht erreicht hat. Das ist für den Vergleich der äquivalenten Kosten in deutschen Kraftwerken in den nächsten Jahren von Bedeutung.

(Schluß folgt.)

Überschlagspannung und Lichtbogen-Schutzvorrichtungen bei Isolatorenketten.

Von Dr.-Ing. **K. Draeger**, Selb.

Übersicht. Es werden Kurven und Zahlentafeln angegeben über die trockene und nasse Überschlagspannung von Isolatorenketten, die mit gebräuchlichen Schutzvorrichtungen ausgerüstet sind. Die Erniedrigung der Überschlagspannung bei Anbringung der Schutzvorrichtungen gegenüber ungeschützten Ketten ist für Wechselspannung von 50 Hz übersichtlich zusammengestellt.

Infolge der hohen Erdschluß- und Kurzschlußströme ist es in der letzten Zeit üblich geworden, bei langen Isolatorenketten von etwa 60 kV Betriebspannung an besondere Lichtbogen-Schutzvorrichtungen anzubringen[1]. Um den Lichtbogen sofort nach Einsetzen von der Kette wegzubringen, muß die Überschlagspannung zwischen den Schutzvorrichtungen zu der Überschlagspannung der ungeschützten Ketten in einem bestimmten Verhältnis stehen. Die Höhe der Überschlagspannung der Schutzvorrichtung kann man willkürlich durch Wahl der Schlagweite beeinflussen, wobei diese Überschlagspannung praktisch unabhängig von äußeren Einflüssen, wie Regen, Verschmutzung usw. ist, dagegen außer von der Schlagweite abhängig von der Größe und Form der Elektroden. Die Forderung, daß unter allen Umständen der Lichtbogen zuerst zwischen den Schutzvorrichtungen zünden soll, würde zu außerordentlich kleinen Schlagweiten führen, da die Überschlagspannung von verschmutzten Isolatoren durch Nebel oder feinen Regen außerordentlich erniedrigt wird. Man muß daher zulassen, daß der Lichtbogen unter ungünstigen Betriebsverhältnissen an der Isolatorenkette zündet, und die Schutzvorrichtungen so konstruieren,

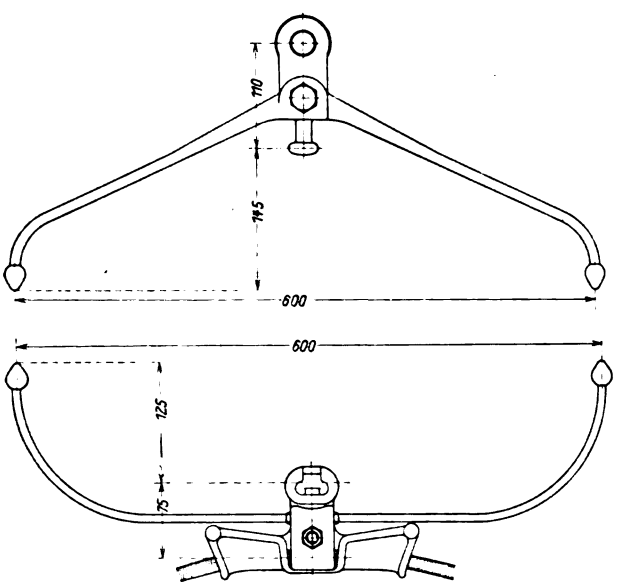


Abb. 1. Abmessungen der bei den Versuchen benutzten Schutzhörner.

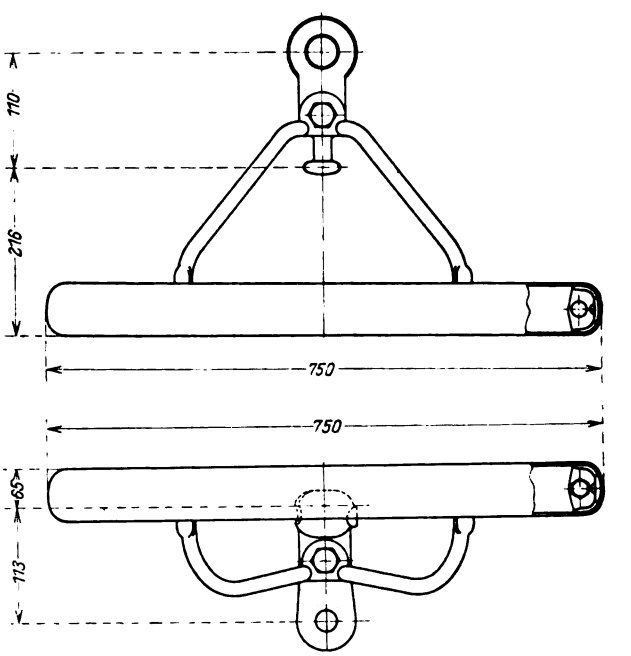


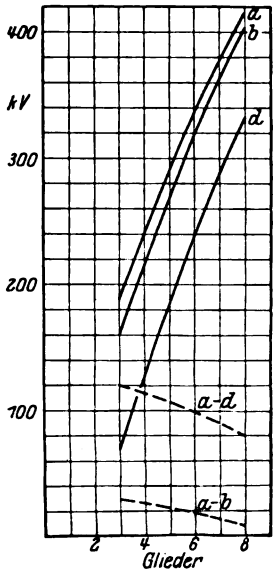
Abb. 2. Abmessungen der bei den Versuchen benutzten Schutzringe.

[1] Literaturzusammenstellung s. Mitt. Porzellanf. Rosenth. H. 16 (1930).

Digitized by Google

daß der Lichtbogen 10 ... 20 Per. nach der Zündung von der Kette weg zu den Schutzhörnern oder Ringen wandert. Die Prüfung der Geeignetheit der Schutzvorrichtungen kann nur durch Versuche mit Lichtbogenüberschlägen hoher Leistungen erfolgen.

Von besonderem Interesse für die Berechnung des elektrischen Sicherheitsgrades ist aber die Herabsetzung der normalfrequenten Überschlagspannung durch Anbringung derartiger Schutzvorrichtungen. Bekanntlich versteht man unter dem elektrischen Sicherheitsgrad das Ver-



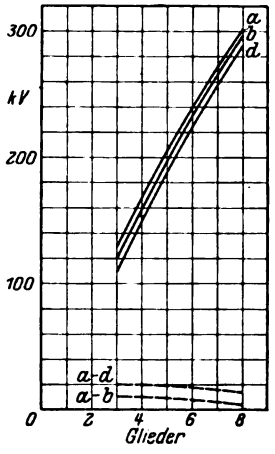


Abb. 3 u. 4. Überschlagspannung von Kegelkopfisolatoren K 2, trocken (Abb. 3) und unter Regen (Abb. 4).

hältnis der Regenüberschlagspannung (3 mm Regen von 100 µScm^{-1}) zur Betriebspannung. Folgerichtig muß nun bei Berechnung des Sicherheitsgrades die Überschlagspannung der Ketten mit Schutzvorrichtung eingesetzt werden, was aber meistens nicht üblich ist.

Zur Festsetzung der Herabsetzung der Überschlagspannung wurden im Versuchsfeld der Porzellanfabrik Rosenthal, Selb, Überschlagversuche bei 50 Hz trocken und unter Regen an ungeschützten und geschützten Isolatorenketten vorgenommen, wobei die gebräuchlichsten Schutzarmaturen verwendet wurden[2]. In Abb. 1 sind die verwendeten Schutzhörner, in Abb. 2 die Schutzringe angegeben. Untersucht wurden folgende Anordnungen:

Ungeschützte Ketten (Kurve *a*),
Schutzhorn unten („ *b*),
je 1 Schutzhorn oben und unten (Kurve *d*),
Schutzhorn oben, Schutzring unten (Kurve *c*),
je 1 Schutzring oben und unten (Kurve *e*),
Schutzring unten (Kurve *f*).

Die Versuche wurden unter gleichen äußeren Bedingungen vorgenommen. Die Werte sind umgerechnet auf Sinusform, 760 mm Barometerstand und 20 ° C. Die Korrektur erfolgte mit Hilfe der Kugelfunkenstrecke. Die Regenüberschlagwerte beziehen sich außerdem auf eine Regendichte von 3 mm/min bei einer Wasserleitfähigkeit von 100 µS cm^{-1}. Die Kurven sind der Übersichtlichkeit halber bereits ausgemittelt.

In Zahlentafel 1 sind die Hauptabmessungen der untersuchten Isolatoren eingetragen.

Zahlentafel 1.

VDE-Bezeichnung	Isolatorenbezeichnung (Rosenthal)	Bauhöhe mm	Schirmdurchmesser mm
K 2	11 847/4024	130	250
K 3	11 257/4006	170	280
K 5	11 821/4023	190	280
K 7	11 671/4020	290	350
Mk 2	11 377/3029	230	200
Mk 7	11 291/3019	300	280

Abb. 3 ... 8 zeigen die Überschlagspannungen der verschiedenen Anordnungen in Abhängigkeit von der Gliederzahl. In Zahlentafel 2 sind die Differenzen zwischen den Überschlagspannungen der einzelnen Anordnungen und denen der ungeschützten Ketten zusamengestellt, wobei außerdem die Schlagweiten angegeben sind. Kontrollversuche bei betriebsmäßiger Erdung ergaben die gleichen Differenzen in den Überschlagspannungen wie

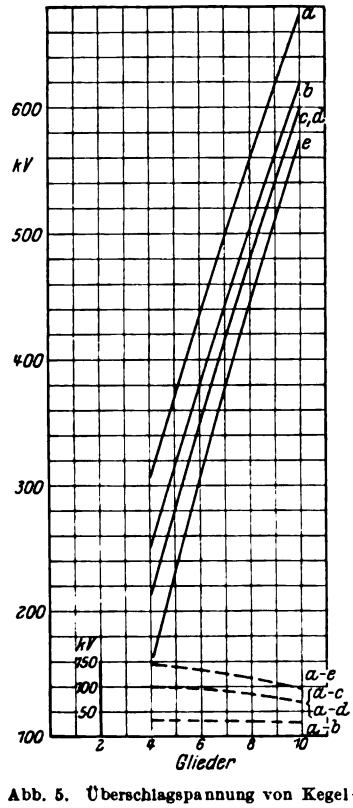


Abb. 5. Überschlagspannung von Kegelkopfisolatoren K 3, trocken.

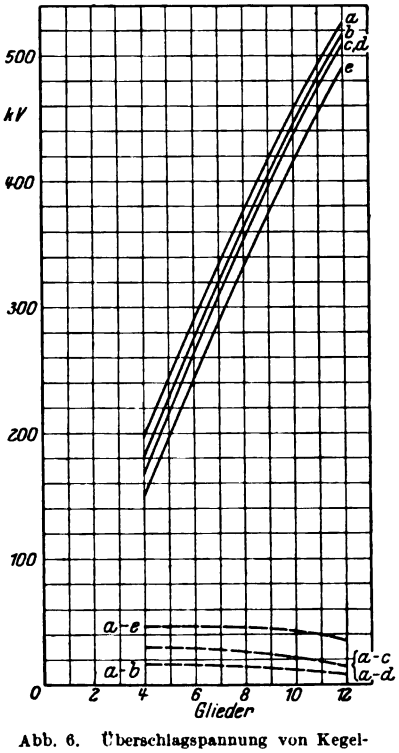


Abb. 6. Überschlagspannung von Kegelkopfisolatoren K 3, unter Regen.

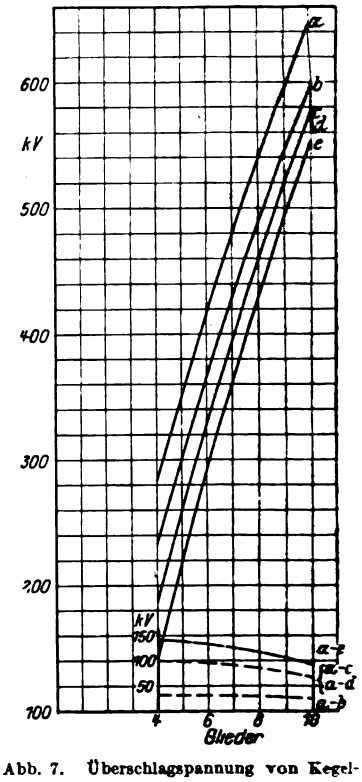


Abb. 7. Überschlagspannung von Kegelkopfisolatoren K 3, trocken (bei geerdeter Aufhängung).

bei isolierter Aufhängung, so daß die angegebenen Werte für betriebsmäßige Erdung gültig sind. Dagegen liegen

[2] Die Überschlagversuche wurden zum größten Teil von Herrn Dr.-Ing. v. Treufels durchgeführt.

Digitized by Google

Zahlentafel 2. Herabsetzung der Überschlagspannungen durch Anbringung von Schutzarmaturen.

Type	Gliederzahl	Baulänge	unten mit Horn			oben mit Horn unten „ „		
			Schlagweite	Kurven a, b trocken	naß	Schlagweite	Kurven a...d trocken	naß
		mm	mm	kV	kV	mm	kV	kV
K 2 11 847	3	420	390	30	10	200	120	20
	4	560	522	26	10	340	112	19
	6	840	800	17	8	625	98	17
	8	1120	970	8	4	900	80	14

Type	Gliederzahl	Baulänge	unten mit Horn			oben mit Horn unten mit Ring			oben mit Horn unten „ „			unten Ring oben „		
			Schlagweite	Kurven a, b trocken	naß	Schlagweite	Kurven a...c trocken	naß	Schlagweite	Kurven a...d trocken	naß	Schlagweite	Kurven a...e trocken	naß
		mm	mm	kV	kV	mm	kV	kV	mm	kV	kV	mm	kV	kV
K 3 11 257	4	716	610	58	16	520	98	30	515	98	30	426	145	46
	6	1074	950	54	16	870	92	28	865	92	28	770	130	46
	8	1432	1295	52	13	1230	80	26	1225	80	26	1140	115	46
	10	1790	1643	50	11	1600	70	22	1590	70	22	1500	95	44
	12	2148	1993		8	1970		16	1960		16	1858		36
K 5 11 821	4	784	740	24	6	600	84	12	680	46	12	494	228	30
	6	1176	1130	20	6	990	70	12	1070	42	12	886	214	30
	8	1568	1510	16	5	1385	50	10	1465	35	10	1278	198	26
	10	1960	1895	9	4	1750	30	8	1856	20	8	1670	70	20

Type	Gliederzahl	Baulänge	unten Ring oben „			unten mit Ring			Type	Gliederzahl	Baulänge	unten mit Ring		
			Schlagweite	Kurven a...e trocken	naß	Schlagweite	Kurven a...f trocken	naß				Schlagweite	Kurven a, b trocken	naß
		mm	mm	kV	kV	mm	kV	kV			mm	mm	kV	kV
K 7 11 671	4	945	655	126	36	880	76	20	Mk 2 11 377	2	484	475	4	0
	6	1418	1150	96	36	1260	58	20		3	726	700	4	0
	8	1891	1620	62	34	1826	40	18		4	968	920	3	0
	10	2364	2096		30	2299		14						

Type	Gliederzahl	Baulänge	unten mit Horn			oben mit Horn unten mit Ring			oben mit Horn unten „ „		
			Schlagweite	Kurven a, b trocken	naß	Schlagweite	Kurven a...c trocken	naß	Schlagweite	Kurven a...d trocken	naß
		mm	mm	kV	kV	mm	kV	kV	mm	kV	kV
Mk 7 11 291	2	640	580	32	6	430	118	14	425	118	14
	4	1280	1205	31	5	1075	96	13	1070	96	13
	5	1600	1515	30	4	1390	80	12	1385	80	12
	6	1920	1825		2	1675		10	1670		10

die Absolutwerte der Überschlagspannungen bei betriebsmäßiger Erdung niedriger.

Aus den Kurvenblättern und Zahlentafeln erkennt man, daß die Differenzen mit wachsender Gliedzahl geringer werden, u. zw. nicht nur prozentual, sondern auch absolut genommen; ferner ist die Differenz bei trockenen Ketten wesentlich größer als bei nassen Ketten. So beträgt sie bei 150 kV-Ketten (zwei Schutzringe) trocken etwa 15 %, naß nur etwa 10 %; bei Verwendung nur eines Schutzhornes an unterer Stelle dagegen ist die Erniedrigung nur 7,5 % bzw. 2,5 %. Bei der für 150 kV Betriebspannung üblichen Anordnung mit je einem Schutz-

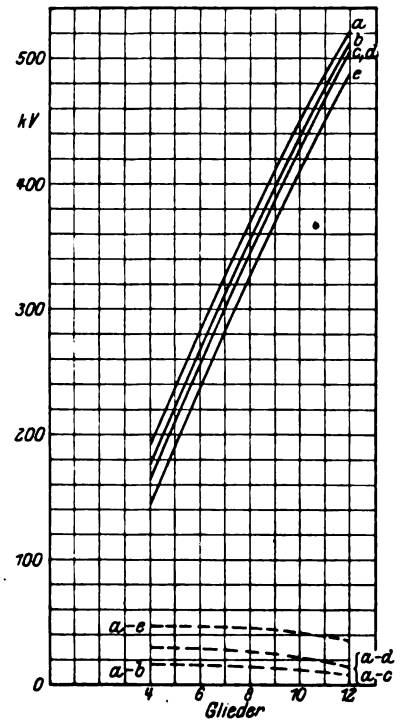


Abb. 8. Überschlagspannung von Kegelkopfisolatoren K 3, unter Regen (bei geerdeter Aufhängung).

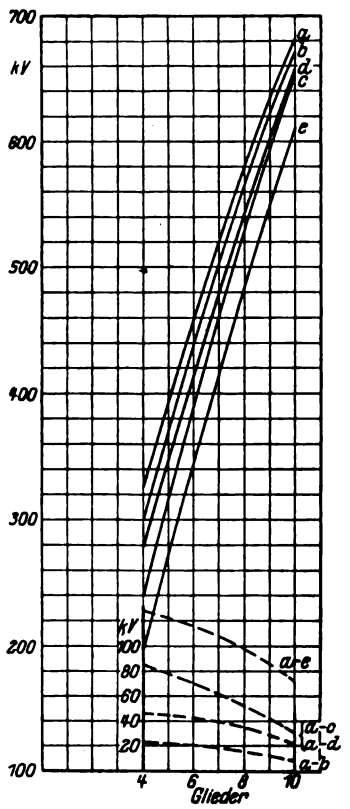


Abb. 9. Überschlagspannung von Kegelkopfketten K 5, trocken.

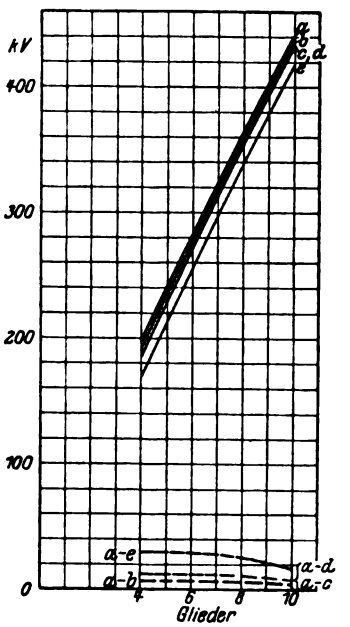


Abb. 10. Überschlagspannung von Kegelkopfketten K 5, unter Regen.

Digitized by Google

ring oben und unten muß also die Kette um mindestens 1 Isolator vergrößert werden, um den gleichen elektrischen Sicherheitsgrad zu erhalten. Berücksichtigt man, daß die obere Schutzarmatur nicht wesentlich zum Schutz der Ketten beiträgt, dagegen die Überschlagspannung außerordentlich erniedrigt, so erscheint es vorteilhaft, die Schutzarmatur nur am unteren Isolator anzubringen. Insbesondere ist noch zu beachten, daß der elektrische Sicherheitsgrad nur nach der Regenüberschlagspannung bei 50 Hz bestimmt wird, so daß also nicht berücksichtigt wird, daß bei Stoßspannungen, die jedenfalls häufig die Ursache von Überschlägen sind, die trockenen Überschlagspannungen sowohl von geschützten als auch ungeschützten Ketten annähernd gleich der Regenüberschlagspannung sind. Die Stoßüberschlagspannungen werden daher durch die Schutzvorrichtungen noch mehr erniedrigt als die normalfrequenten Überschlagspannungen.

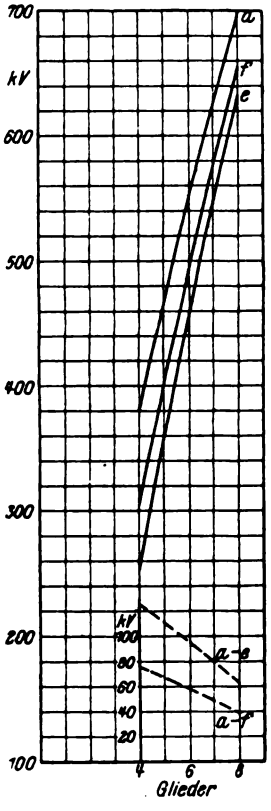


Abb. 11. Überschlagspannung von Kegelkopfisolatoren K 7, trocken.

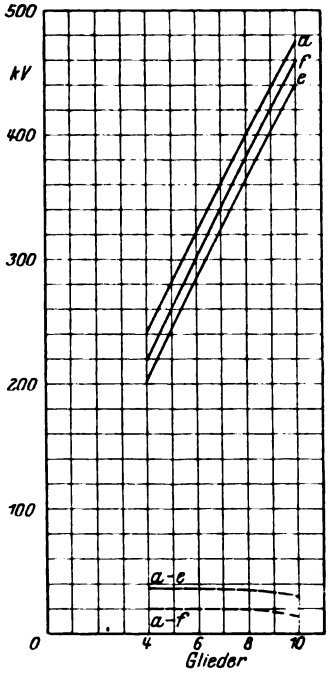
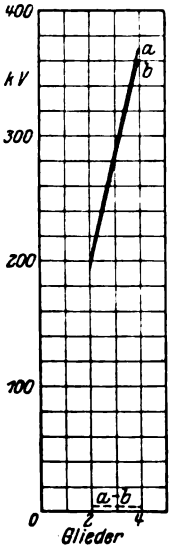


Abb. 12. Überschlagspannung von Kegelkopfisolatoren K 7, unter Regen.



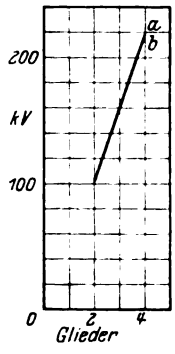
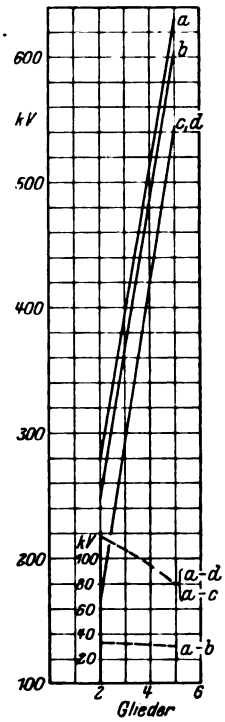


Abb. 13 u. 14. Überschlagspannung von Motorisolatoren Mk 2, trocken (Abb. 13) und unter Regen (Abb. 14).

Die Festsetzung des elektrischen Sicherheitsgrades beruht auf Erfahrungswerten, die in der Hauptsache an ungeschützten Ketten gefunden wurden, also mit verhältnismäßig hoher Trocken- und Stoßüberschlagspannung. Trotz gleichen Sicherheitsgrades besitzen aber geschützte Ketten niedrigere Trocken- und Stoßüberschlagspannungen, so daß es immerhin möglich erscheint, daß auch bei gleichem Sicherheitsgrad Lichtbogenüberschläge an geschützten Ketten in Zukunft häufiger sein werden.



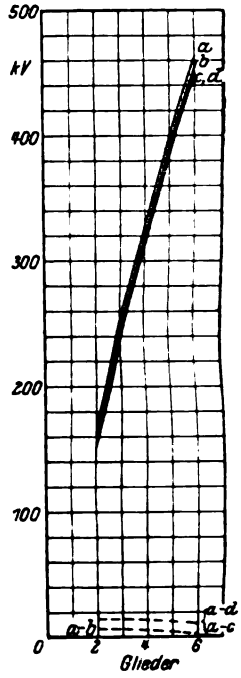


Abb. 15 u. 16. Überschlagspannung von Motorisolatoren Mk 7, trocken (Abb. 15) und unter Regen (Abb. 16).

Elektrische Pflanzenbelichtung[1].

Unter Zusammenarbeit der städtischen Elektrizitätswerke Wien, des Pflanzenphysiologen Prof. G. Klein und der Stadt Wien, die ihre Glashausanlagen zur Verfügung stellte, wurden im Winter 1926/27 Versuche mit elektrischer Pflanzenbelichtung angestellt[2], deren günstiges Ergebnis in den folgenden Wintern im Betriebe verschiedener Gärtnereien bestätigt wurde. Als geeignetste Lichtquelle erwies sich die gasgefüllte Wolframdrahtlampe, die die für den Assimilationsprozeß erforderlichen Frequenzen in zweckmäßiger Verteilung liefert. Die Zeit der Bestrahlung umfaßte mit Rücksicht auf die Kosten (Nachtstrom) je 8 Nachtstunden vom November bis Ende Februar (etwa 125 Tage). Die Lichtstärke soll je nach der Pflanzengattung etwa 3000 ... 10 000 Lux betragen. Als Armaturen dienten Email-Tiefstrahler mit 500 W-Glühlampen, die in etwa 60 cm Abstand von den höchsten Pflanzenspitzen hängen.

Die belichteten Pflanzen konnten etwa drei Wochen früher zur Blüte gebracht werden als die im gleichen Haus befindlichen unbelichteten Kontrollpflanzen; die Beblühung war außerdem üppiger und viel gleichmäßiger. Auf Sämlinge wirkt die Belichtung ebenfalls sehr fördernd; der Ausfall wird beträchtlich geringer, Verpilzung trat nie auf. Bei der praktischen Erprobung in größeren Gärtnereianlagen wurde durchschnittlich eine Lampe auf 1,6 ... 1,7 m² zu belichtende Fläche verwandt, u. zw. wurden damit u. a. Rosen, Azaleen, Hortensien, Rhododendren, Gloxinien, Flieder, Treibgurken belichtet. Die Rentabilitätsrechnung zeigt, daß sämtliche Kosten einschließlich Amortisation u. dgl. pro Tag und Quadratmeter 0,299 S (rd. 0,18 RM) betragen. — Als beachtlicher Vorteil muß die den Elektrizitätswerken erwünschte gleichmäßige Nachtbelastung betrachtet werden, die zudem vorwiegend in den sonst ungünstig belasteten Außenbezirken der Städte auftritt. *nkl*

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1296.
[2] O. Herbatschek, El. u. Maschinenb., Beilage: Die Lichttechnik, Bd. 6, S. 33, 52 u. 61.

Digitized by Google

Erzeugung eines gleichbleibenden Drehmomentes bei Anlaufversuchen.

(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

Von H. E. Linckh, Berlin.

Übersicht. Für die Prüfung von Elektromotoren und ihren Anlaßvorrichtungen beim Lastanlauf legt man den Fall des Anlaufs gegen ein konstantes Drehmoment zugrunde. Da die bisher üblichen Mittel zur konstanten Belastung bei Motoren größerer Leistung schwer anwendbar sind, wurde ein neues Verfahren entwickelt, bei dem das konstante Moment durch eine Gleichstrommaschine in Gegenschaltung unter Verwendung eines selbsttätigen Schnellreglers erzeugt wird. Die für die Einstellung und Ausnutzung der Regelanordnung maßgebenden Gesichtspunkte werden besprochen. Oszillogramme bei den Versuchen mit zwei verschiedenen Reglern lassen die einwandfreie Wirkungsweise und die Genauigkeit der Anordnung erkennen.

Beim Anlassen eines Elektromotors muß man bekanntlich durch eine Anlaßvorrichtung dafür sorgen, daß während des Beschleunigungsvorganges keine unzulässigen Überströme auftreten. Mit Rücksicht auf das Drehmoment darf jedoch die Stromaufnahme nicht beliebig vermindert werden, denn mit vermindertem Strom nimmt gleichzeitig auch das Drehmoment ab. Das von dem Motor entwickelte Moment muß aber beim Anlauf in jedem Augenblick um soviel größer sein als das Lastmoment, daß ein ausreichender Betrag zur Beschleunigung der anzufahrenden Schwungmasse zur Verfügung steht. Größe und Verlauf des beim Anlauf verlangten Momentes legen also die untere Grenze der Stromaufnahme fest und müssen sowohl für die Berechnung der Anlaßvorrichtung als auch für die Prüfung des Motors mit Anlasser berücksichtigt werden[1]. Das Lastmoment beim Anfahren ändert sich aber bei den verschiedenen Antrieben in ganz verschiedener Weise. So steigt beispielsweise beim Anlauf von Ventilatoren und Zentrifugalpumpen das Drehmoment mit dem Quadrat der Drehzahl, bei Transmissionen oder ähnlichen Reibungsbelastungen hat es bei Stillstand seinen größten Wert und nimmt mit zunehmender Drehzahl ab und beim Anfahren von Hebezeugen oder beim Antrieb von Kolbenpumpen ist es praktisch von der Drehzahl unabhängig. Um nun alle diese verschiedenen Belastungsfälle zugleich zu erfassen und die Motoren allgemein verwendbar zu machen, legt man für die Berechnung und Prüfung den umfassendsten und zugleich einfachsten Fall des Anlaufs gegen gleichbleibendes Lastmoment zugrunde, denn ein für gleichbleibendes Lastmoment erprobter Motor oder Anlasser genügt auch für alle anderen Belastungsfälle, in denen dieses Lastmoment zu keinem Zeitpunkt des Anlaufs überschritten wird. Meist wird dabei, so weit dies möglich ist, das Lastmoment gleich dem Nenndrehmoment des Motors gewählt (Vollastanlauf)[2].

Um im Prüffeld gleichbleibendes Drehmoment zu erzeugen, verwendete man bisher eine mechanische Belastung durch Seilbremse oder Bremszaum. Bei größeren Motoren ist jedoch dieses Verfahren nicht mehr geeignet, da es äußerst schwierig ist, die in dem Bremsmittel durch die Reibung entstehende Wärme abzuführen. Diesen Nachteil vermeidet das im folgenden beschriebene Bremsverfahren, bei dem als Bremse eine konstant erregte Gleichstrommaschine in Gegenschaltung benutzt wird, deren Ankerstrom während des Anlaufs konstant gehalten wird. Das neue Verfahren, das hauptsächlich für die Untersuchung von größeren Motoren bestimmt ist, kann auch bei kleineren Maschinen mit Vorteil angewendet werden.

1. Schaltung der Bremsanordnung.

Abb. 1 gibt die grundsätzliche Schaltung der Bremsanordnung wieder. M ist der zu untersuchende Motor, z. B. ein Drehstrommotor, G_1 die mit ihm gekuppelte, als Bremse dienende Gleichstrommaschine, deren Feld durch den Strom i konstant erregt ist und durch deren Anker von einer Batterie B unter Zwischenschaltung eines regelbaren Widerstandes W ein Strom J geschickt wird. Das von der Gleichstrommaschine ausgeübte Moment ist, wenn von den Eisen- und Reibungsverlusten abgesehen wird, verhältnisgleich dem Ankerstrom J und dem Feld, das durch den Erregerstrom i erzeugt wird. Durch Regeln von J und i kann das Moment auf den gewünschten Wert eingestellt werden. Läuft der Motor M gegen das Drehmoment der Gleichstrommaschine an, so entsteht in deren Anker eine EMK, die so gerichtet ist, daß sie die Gesamtspannung des Kreises erhöht. Damit der Ankerstrom J, also das Drehmoment konstant bleibt, muß daher der Widerstand W durch stetiges Nachregeln entsprechend vergrößert werden.

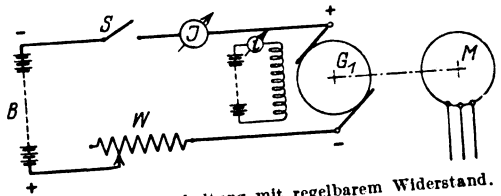


Abb. 1. Bremsschaltung mit regelbarem Widerstand.

Um das lästige Nachregeln des Widerstandes W zu vermeiden, das von Hand erfolgen muß und bei kurzen Anlaufzeiten nur ungenau durchgeführt werden kann, wurde die Anordnung nach Abb. 2 abgeändert. An Stelle der Batterie tritt ein eigenerregter Gleichstromgenerator G_2, der mit gleichbleibender Drehzahl angetrieben ist. Im Feldkreis dieses Generators ist ein selbsttätiger Spannungsregler eingebaut, dessen Relaisspule statt an den Anker des Generators an die Klemmen des festen Widerstandes W angeschlossen ist. Der Regler ändert den Feldstrom des Generators derart, daß ein konstanter Spannungsabfall im Widerstand W entsteht, also ein konstanter Strom J zwischen beiden Maschinen fließt. Entsprechend der mit steigender Drehzahl in der Maschine G_1 auftretenden EMK wird somit die Spannung des Generators G_2 herabgeregelt. Beim Anlaufversuch wird zunächst der Schalter S eingelegt. Der Motor M und die Gleichstrommaschine G_1 stehen dabei noch still. Ist der Regler für die Nennspannung U_2 des Generators G_2 eingestellt, so erregt sich der Generator auf die Spannung $U_2 + J R_1$ (R_1 Ankerwiderstand der Maschine G_1). Durch eine einfache Sperrklinke, die zwischen einem Kupplungsbolzen oder einer Nase der Riemenscheibe und dem Fundament angebracht ist und die beim Anlauf durch eine Feder abgehoben wird, wird der Anlauf der Dynamo im umgekehrten Drehsinn des Motors M verhindert. Nunmehr kann der Lastanlauf des Versuchsmotors stattfinden. Hierbei wird am Strommesser J beobachtet und an der Konstanz von J festgestellt, ob der Regler einwandfrei arbeitet.

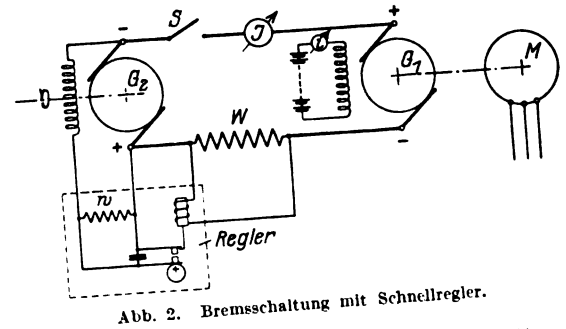


Abb. 2. Bremsschaltung mit Schnellregler.

Da der Widerstand W bei der Anordnung nach Abb. 2 annähernd die volle Bremsleistung des Motors vernichten muß, kann es bei sehr hohen Leistungen der Maschine vorteilhaft sein, die Anordnung so abzuändern, daß der Widerstand zum Teil durch eine Batterie ersetzt wird, in der die Energie aufgespeichert und zurückgewonnen werden kann. Der Widerstand wird dann nur für einen Spannungsabfall von wenigen Volt bemessen und der Regler für diese kleine Spannung eingestellt.

Als Regler wurde bei den Versuchen zunächst ein Schnellregler Type MES der Firma Elcona G. m. b. H. Berlin-Lichterfelde, verwendet[3]. Der in seinem Aufbau außerordentlich einfache Regler arbeitet nach dem bekannten Prinzip, einen Widerstand im Feldkreis periodisch

[1] Vgl. z. B. E. Jasse, Anlaß- und Regelwiderstände. 2. Aufl., Berlin 1924.

[2] Vgl. R. E. A./1929, § 25.

[3] ETZ 1925, S. 1695. DRP. 334 001 u. 336 505.

Digitized by Google

kurzzuschließen (Tirrillprinzip). Er unterscheidet sich von den übrigen bekannten Schnellreglern, die sich grundsätzlich alle für die Regelung eignen, auf deren Vor- und Nachteile indes hier nicht eingegangen werden soll, vor allem durch die Art des Antriebes des Unterbrechers, der nicht elektrisch, sondern mechanisch erfolgt. Der Regler muß deshalb unmittelbar an der Maschine angeordnet werden. Die Wirkungsweise des Reglers ist kurz folgende: Durch zwei Kontaktpaare, die durch ein Exzenter von der Generatorwelle aus angetrieben sind, wird der im Feldkreis liegende Widerstand w rhythmisch kurzgeschlossen (in der schematischen Skizze Abb. 2 ist nur ein Kontaktpaar gezeichnet). Durch die Relaisspule wird die Zeitdauer t_1 des Kurzschlusses während einer Umdrehung der Exzenterwelle beeinflußt. Ist t_2 die Zeitdauer des Öffnens der Kontakte, so ist $\frac{t_2}{t_2+t_1}\,w$ die wirksame Größe des Widerstandes w. Bei steigender Relaisspannung wird die Zeitdauer des Kurzschlusses kleiner, da der obere Kontakt durch das Relais von dem unteren entfernt wird. Im Grenzfall $t_1 = 0$ ist der Widerstand dauernd eingeschaltet, während bei sinkender Relaisspannung im Grenzfall $t_2 = 0$ der Widerstand dauernd kurzgeschlossen ist. Entsprechend der wirksamen Größe des Regelwiderstandes stellt sich der Erregerstrom und somit die Spannung ein.

Weiter wurden Versuche mit einem Tirrillregler der Firma Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft, Berlin, unternommen. Die nähere Beschreibung und Wirkungsweise dieses Reglers dürfen wohl als bekannt vorausgesetzt werden[1]. Da der Regler entgegen der üblichen Anwendung nicht zur Regelung des Feldes der Erregermaschine, sondern direkt zur Feldregelung des Generators dienen muß, wurden seine sämtlichen drei Relaisspulen an den Widerstand W angeschlossen.

2. Einstellen der Belastung.

Bei der Anordnung nach Abb. 2 seien G_1 und G_2 Maschinen verschiedener Nennspannung und verschiedenen Nennstromes. Ist U_2 die Nennspannung des Generators G_2 und J der kleinere der beiden Nennströme, so ist es am besten, dem Widerstand W unabhängig von der für die Bremsung des Versuchsmotors erforderlichen Leistung den festen Wert

$$W = U_2/J$$

zu geben. Durch Einstellen des Erregerstromes i der Maschine G_1 wird die Bremsleistung auf die gewünschte Größe gebracht. Der Wert von i ergibt sich auf Grund folgender Überlegung: Die Bremsleistung L der Maschine G_1 setzt sich zusammen aus ihrer Nutzleistung an den Ankerklemmen $U_1 J$ sowie ihren Verlusten im Anker $R_1 J^2$ und den Eisen- und Reibungsverlusten V. Die Klemmenspannung U_1 ist gleich der Summe der EMK E_0 bei der Erregung i der Maschine G_1 (Leerlaufspannung), des ohmschen Spannungsabfalles im Anker $R_1 J$ und des Spannungsverlustes durch die Ankerrückwirkung. Es ist also

$$L = U_1 J + R_1 J^2 + V = E J + V.$$

Hierbei ist E die EMK der Maschine bei Belastung mit dem Strom J. Sie ist um den Betrag der Ankerrückwirkung kleiner als die EMK E_0 bei Leerlauf. Setzt man

$$L = E_0 J,$$

so wird diese Formel in erster Näherung einen brauchbaren Wert ergeben, da die Vernachlässigung der Eisenverluste und der Reibungsverluste V dadurch ausgeglichen wird, daß die um die Ankerrückwirkung zu große EMK E_0 anstatt der wirklichen EMK E eingesetzt ist. Einen vollkommen richtigen Wert gibt die Formel dann, wenn der Spannungsverlust der Ankerrückwirkung genau dem Betrag der Eisen- und Reibungsverluste entspricht.

Man findet den Wert der zu einem bestimmten Belastungstrom J notwendigen Erregung i, indem man die Maschine G_1 bei voller Drehzahl und geöffnetem Schalter S bis zur Spannung $E_0 = L/J$ erregt. Soll beispielsweise ein Motor von 15 kW Leistung für Vollastanlauf untersucht werden und ist ein Strom $J = 70$ A zulässig, so muß die Maschine G_1 auf die Leerlaufspannung $E_0 = \frac{15\,000}{70} = 215$ V erregt sein.

Noch besser und genauer wird jedoch die Einstellung so vorgenommen, daß zunächst bei unerregter Maschine und geschlossenem Schalter S ein Anlauf ausgeführt und erst nach erfolgtem Anlauf die Erregung i bis zu dem erforderlichen Wert gesteigert wird. Die jederzeit leicht zu messende Aufnahmeleistung des Motors gibt dabei in einfacher Weise an, wann die richtige Belastung erreicht ist. Besonders einfach ist die Einstellung der Belastung vorzunehmen, wenn die Maschine als Pendeldynamo ausgebildet ist. Das Auswiegen des Drehmomentes kann dann sogar schon bei Stillstand vorgenommen werden.

Ist die Bremsleistung klein, so kann der Widerstand W auch einen größeren Wert als den oben angegebenen erhalten. Man hat jedoch dabei den Nachteil, daß eine größere Erregung der Maschine erforderlich wird. Dadurch steigen die Eisenverluste der Maschine, die eine wenn auch geringe Änderung des Belastungsmomentes zur Folge haben, so daß die Genauigkeit der Regelanordnung etwas abnimmt.

3. Regelbereich.

In Abb. 3 ist mit der Kurve AB die Magnetisierungskennlinie des Generators G_2 (Leerlaufspannung) aufgezeichnet. Ferner sind die Widerstandskennlinien OB und OC

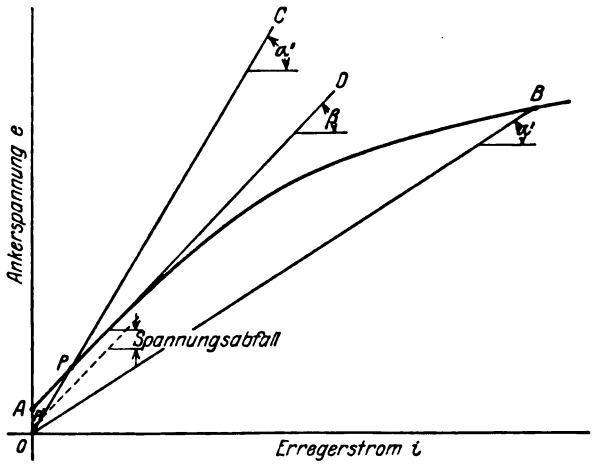


Abb. 3. Magnetisierungs- und Widerstandskennlinien des Generators G_2.

des Feldkreises eingetragen, die dem Kurzschluß und dem vollen Einschalten des Widerstandes w im Feldkreise entsprechen, wobei r der Widerstand der Feldwicklung ist (vgl. Abb. 2). Sind α' bzw. α'' die Neigungswinkel der Linien OB bzw. OC gegen die Abszisse, so ist $\operatorname{tg}\alpha' = r$, $\operatorname{tg}\alpha'' = r + w$. Allgemein ist z. B. für den Elcona-Regler $\operatorname{tg}\alpha = r + \frac{t_2}{t_2+t_1}\,w$ (vgl. oben). Die jedem Widerstandswert, d. h. jedem Wert von α entsprechende Spannung des Generators ist durch den Schnittpunkt der zugehörigen Widerstandsgeraden mit der Magnetisierungskurve festgelegt. Aus dem Schaubild ergibt sich, daß die Spannung bei Leerlauf des Generators bis zum Punkt P geregelt werden kann. Bei Belastung mit dem Strom J wird nun die Kurve der Spannung um den Betrag des ohmschen Spannungsabfalles in der Ankerwicklung und des Spannungsverlustes der Ankerrückwirkung nach unten verschoben. (Die Änderung der Ankerrückwirkung durch die Sättigung, die bei schwacher Erregung sehr klein ist, ist dabei vernachlässigt.) Der Schnittpunkt P rückt dementsprechend ebenfalls tiefer, in die Stellung P'. Wenn der Spannungsabfall gerade gleich der Remanenzspannung OA ist, so wird bis zur Spannung Null geregelt. Wird die Belastung noch größer eingestellt, so übersteigt der Spannungsabfall die Remanenzspannung, die am Feld liegende Spannung ändert dann ihre Richtung. Die Folge davon ist, daß der Generator G_2 sich mit umgekehrter Polung erregt. Die Spannung von G_2 steigt, da der Spannungsabfall am Widerstand W dauernd abnimmt, rasch wieder bis etwa zum Punkt B der Magnetisierungslinie. Der Generator entlastet sich dadurch plötzlich. Er läuft leer als Motor, der über den Widerstand W von der Maschine G_1 gespeist wird.

Dieser Fall der Entlastung, der ungefähr bei Nennbelastung des Generators eintritt, muß unter allen Umständen vermieden werden, insbesondere bei der Untersuchung von Motoren mit Reihenschlußverhalten, bei denen ein Durchgehen zu befürchten ist. Ein einfaches Mittel ist das Einschalten einer Akkumulatorenbatterie von einigen Volt Spannung in den Feldkreis, derart, daß die Feldspannung etwas höher wird als die Ankerspannung. Die Leistung der Maschine ist dann voll ausnutzbar, ohne daß eine Entlastung befürchtet zu werden braucht.

[1] ETZ 1907, S. 1202.

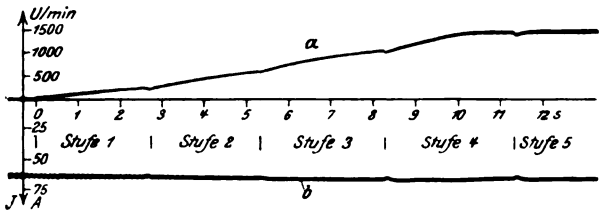
Digitized by Google

Das Schaubild der Abb. 3 vermittelt noch einen weiteren Aufschluß. Da es wünschenswert ist, daß der Punkt P möglichst tief rückt, muß $\operatorname{tg}\alpha'' = r + w$ möglichst groß gemacht werden. Insbesondere ist darauf zu achten, daß $\operatorname{tg}\alpha'' > \operatorname{tg}\beta$ ist, wenn β der Neigungswinkel des unteren geradlinigen Teils der Magnetisierungslinie ist, da sonst P stets oberhalb des Magnetisierungsknies bleibt. $\operatorname{tg}\alpha''$, das durch die Größe des Widerstandes w einstellbar ist, kann jedoch nicht beliebig groß gemacht werden, da sonst die Schaltspannungen an den Reglerkontakten, die w rhythmisch kurzschließen, zu groß werden, so daß ein Durchschlagen der Feldwicklung zu befürchten ist. Außerdem besteht die Gefahr, daß die Kontakte trotz des parallel geschalteten Kondensators verbrennen. Praktisch ist daher, wie in Abb. 3 gezeichnet, $w \approx 2r$ zu wählen

4. Genauigkeit.

Bei den eingangs gemachten Ausführungen über die Wirkungsweise der Regelanordnung wurde der Einfluß der in der Belastungsdynamo entstehenden Verluste auf das Drehmoment außer Betracht gelassen. Nun werden zwar die Kupferverluste im Feld von außen gedeckt, ebenso liefern die Kupferverluste im Anker keinen Beitrag zum Drehmoment. Die Eisen- und Reibungsverluste dagegen werden durch die Drehung des Ankers verursacht. Das ihnen entsprechende Moment vergrößert daher das Belastungsmoment, das die Maschine G_1 auf den Versuchsmotor ausübt. Die Eisenverluste wachsen von dem Werte Null an etwa mit dem Quadrat, ihr Moment also verhältnisgleich der Drehzahl. Das Moment der Lager-, Luft- und Bürstenreibung ist bei Stillstand nicht Null, nimmt jedoch mit der Drehzahl gleichfalls etwas zu. Dabei ist allerdings zu beachten, daß bei Gleitlagern das Reibungsmoment im Stillstand wiederum erheblich größer ist als bei Lauf, so daß dadurch ein gewisser Ausgleich eintritt. Da jedoch die mit der Drehzahl veränderlichen Verlustmomente nicht mehr als etwa 3 % des Gesamtmomentes betragen, sind sie praktisch ohne Bedeutung. Es sei noch erwähnt, daß die Ankerrückwirkung, die ja das drehmomentbildende Feld verringert, einen Fehler nicht hervorrufen kann, da sie dem Strom verhältnisgleich und daher bei konstanter Erregung des Feldes konstant ist.

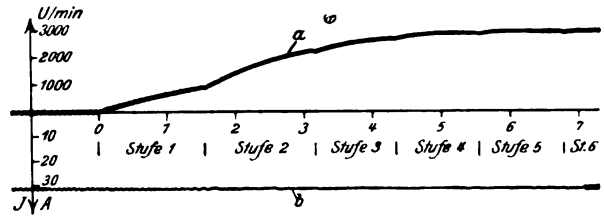
Die einwandfreie Wirkungsweise der Anordnung hängt weiter davon ab, ob der Regler hinreichend genau und in hinreichend kurzer Zeit die Generatorspannung regelt. Ein Urteil über das Arbeiten und die Genauigkeit des Elcona-Reglers beim Anlaufversuch kann aus dem Oszillogramm Abb. 4 gewonnen werden. Das Oszillogramm



a Drehzahl b geregelter Strom
Abb. 4. Anlaufversuch mit Elcona-Regler.

ist beim Vollastanlauf eines Asynchronmotors von 15 kW Leistung aufgenommen, der in 5 Stufen angelassen wurde. Die Nennleistung der Maschinen G_1 und G_2 betrug gleichfalls 15 kW, die Nennspannung 240 V. Die obere Kurve gibt den Drehzahlverlauf, die untere den Verlauf des durch den Regler konstant gehaltenen Belastungstromes J wieder. Man erkennt bei der Drehzahlkurve das Abfallen der Drehzahl beim Umschalten auf die einzelnen Stufen, das sich auch beim Strom J durch kleine Spitzen bemerkbar macht, da der Regler infolge der Selbstinduktion des Feldes eine wenn auch geringe Trägheit besitzt. Der Anlauf erfolgte in 12 s. Der Strom J blieb während des ganzen Anlaufes auf etwa ± 2 % konstant.

Abb. 5 zeigt ein Anlaufdiagramm bei Verwendung des Tirrillreglers. Untersucht wurde der Halblastanlauf eines Motors von 7,4 kW Leistung mit 6stufigem Anlasser. Die Daten der Maschine G_1 waren 500 V, 30 A, die Daten der Maschine G_2 120 V, 150 A. Der Anlauf erfolgte in 7 s. Der Strom blieb auf etwa 1 % konstant. Zur Aufzeichnung der Drehzahl wurde nicht wie in Abb. 4 eine besondere Tachometerdynamo verwendet, sondern es wurde die Klemmenspannung der Maschine G_1 registriert. Bei Stillstand ist daher die Klemmenspannung nicht Null, sondern gleich dem Spannungsabfall $J R_1$ in der Ankerwicklung. Infolgedessen weist die Nullinie der Drehzahl dieselben raschen Schwankungen auf wie der Belastungstrom selbst. Sie sind hervorgerufen durch den rhythmischen Kurzschluß des Feldvorwiderstandes der Maschine G_2 und verschwinden im selben Maße wie die Spannung des Generators G_2 abnimmt.



a Drehzahl b geregelter Strom
Abb. 5. Anlaufversuch mit Tirrillregler.

Als drittes Beispiel ist in Abb. 6 das Anlaufoszillogramm eines Spezial-Drehstrommotors von 4 kW Leistung wiedergegeben. Das Oszillogramm enthält den Verlauf von Drehzahl und Ständerstrom des Motors; der geregelte Strom der Bremsanordnung ist nicht mit aufgenommen. Der Motor wurde mit Stern-Dreieck-Schalter angelassen, das durch die Bremsanordnung erzeugte Gegendrehmoment entsprach der Halblast des Motors. Als Regler diente der Tirrillregler.

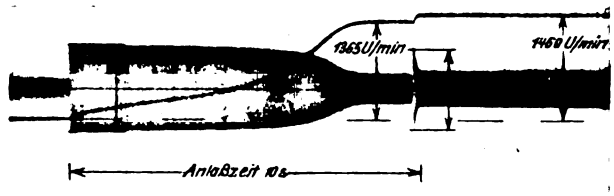


Abb. 6. Spezial-Drehstrommotor: Halblastanlauf mit Stern-Dreieck-Schalter.

Der Einschaltstrom in Sternschaltung beträgt 24 A; der Motor erreicht in Sternschaltung die Drehzahl 1365 U/min, dabei sinkt der Strom bis auf 7,3 A. Während des Umschaltens auf Dreieck fällt die Drehzahl um 35 U/min ab. Dieser Drehzahlabfall ist von der Umschaltezeit des Schalters sowie von der Größe des Belastungs-

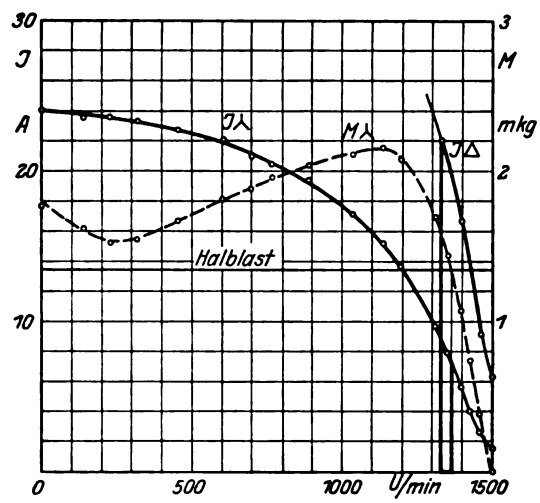


Abb. 7. Spezial-Drehstrommotor: Drehmoment- und Stromkurven.

momentes und der Schwungmasse von Motor M und Gleichstrommaschine G_1 abhängig. Infolge des Drehzahlabfalls ergibt sich die Größe des Stromstoßes in Dreieckschaltung zu 22 A. (Von dem durch den Feldaufbau bedingten Einschaltstromstoß von 2 ... 3 Halbwellen Dauer ist hierbei abgesehen.)

Durch einen besonderen Versuch wurden die Drehmoment- und Stromkurven desselben Motors ermittelt. Der Motor wurde zunächst in Sternschaltung bei der für die Dreieckschaltung vorgeschriebenen Spannung von 220 V bis zum Stillstand mit Hilfe eines Gleichstromgenerators abgebremst (Kurven J_Y und M_Y der Abb. 7) und sodann durch einen zweiten Versuch bei Dreieckschaltung und

Digitized by Google

Brennkammer vollständig voneinander getrennt. Diese Einrichtung wird jedoch bei der inzwischen in Angriff genommenen Erweiterung nicht wieder vorgesehen, weil sich herausgestellt hat, daß sie die genügende Vermischung des frisch gespeisten Wassers mit dem im Kessel und Kühlsystem bereits umlaufenden Wasser verhindert. Zur Regelung der Überhitzungstemperatur ist ein mit Wassereinspritzung arbeitender Dampfkühler zwischen die beiden Teile des Überhitzers eingeschaltet, der sich gut bewährt hat. Der Humboldt-Kessel unterscheidet sich von dem Hanomag-Kessel hauptsächlich durch die Längslage der Trommeln; der Wasserumlauf der Brennkammer ist hier an die Untertrommel angeschlossen. Die Vorwärmer liegen seitlich neben dem sehr schmal bauenden Kessel, während sie beim Hanomag-Kessel auf der Rückseite angeordnet sind. In beiden Kesseln sind die hintersten Siederohrreihen der Wärme der Feuergase soweit entzogen, daß in ihnen keine Dampfentwicklung mehr zu erwarten ist; sie wirken daher unter allen Umständen als Fallrohre.

Maßstab rd. 1:210.

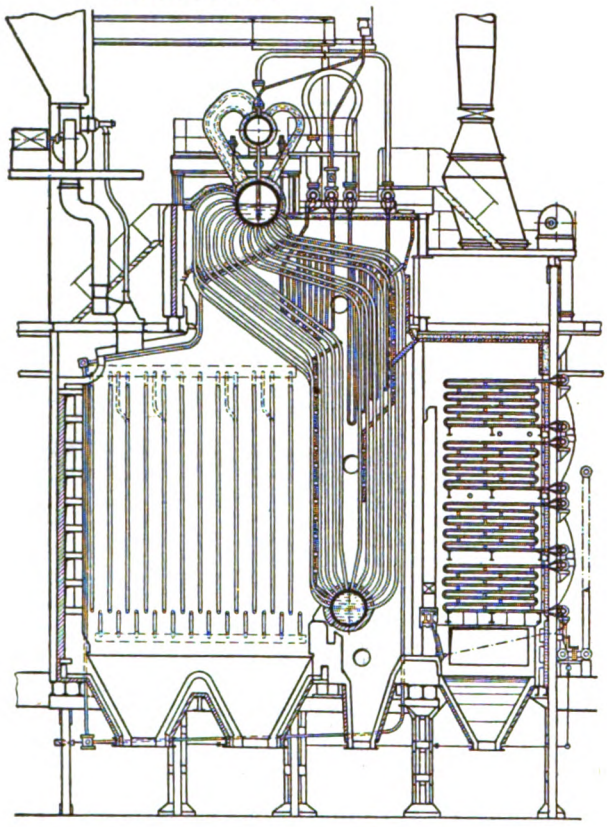


Abb. 2. Hanomag Kessel.

Die Trommeln dieser Dampfkessel bestehen aus Kruppschem vergütetem Nickelstahl, Marke F, mit 1,5 % Nickelgehalt. Ihre Wandstärken wurden durch eine Rechnung ermittelt, die alle vorkommenden Beanspruchungen durch Innendruck, Biegung, Beheizung, Walzung berücksichtigt. Infolgedessen wurde eine Wandstärke von 111 mm gewählt, obwohl die gesetzliche Formel nur 79 mm vorgeschrieben hätte. In der graphischen Darstellung, die Marguerre seinem Aufsatz beigibt, fällt auf, welch große zusätzliche Beanspruchungen durch Walzung und Spannungserhöhung am Lochrand die Rechnung ergeben hat. Die Siederohre der Kessel wurden aus gewöhnlichem unlegierten Stahl hergestellt. Über das Einwalzen dieser Rohre in die Kesseltrommeln wurden eingehende Versuche von den ausführenden Firmen angestellt. Die Angaben, die Marguerre hierüber veröffentlicht, ergeben ein sehr günstiges Bild. Die Überhitzer sind in zwei Teile unterteilt, von denen der stärker beanspruchte aus Nickelstahlrohren hergestellt wurde, die in Sammelkästen aus Chromnickelstahl eingewalzt sind; der in der kälteren Zone liegende Teil des Überhitzers besteht aus gewöhnlichen Stahlrohren und Sammelkästen aus Nickelstahl.

Die Werkstoffe wurden nach den Bedingungen der Vereinigung der Großkesselbesitzer abgenommen, wobei noch einige Sonderprüfungen, wie Heißzerreißversuche, hinzugefügt wurden.

Die wichtigsten wärmetechnischen Ziffern für die Kesselanlage sind folgende: Überhitzung 470 °, Wassererwärmung im Economiser von 200 ° auf 260 ... 270 °, Luftvorwärmung im Lufterhitzer 250 ... 300 °.

Marguerre berichtet ferner über wichtige Einzelheiten der Armaturen, von denen folgende erwähnt seien: Infolge der ungenügenden Sichtbarkeit des Wassers in den Gläsern wurde schließlich zu einem Wasserstandsanzeiger Bauart Hanomag mit durchleuchteten Gläsern übergegangen, obwohl dabei eine Verdoppelung der Anzahl der Gläser in den Kauf genommen werden mußte. Bewährt hat sich daneben ein glasloser Gewichts-Wasserstandsanzeiger Bauart Pfleiderer. Als Dichtungsmaterial für die Sammelkästen bewährte sich am besten eine rechteckige Weicheisendichtung mit ringförmigen Eindrehungen. Die Rohrleitungsflanschen sind mit Gasgewinde aufgeschraubt und dann zur Sicherheit gegen Verdrehen außen verschweißt. Die zugehörigen Schrauben bestanden ursprünglich aus Chromnickelstahl mit 90 ... 100 kg/mm² Festigkeit, wurden aber später durch andere ersetzt, die den starken Temperaturschwankungen besser gewachsen waren. Es muß im Betrieb darauf geachtet werden, daß die Rohrleitungen beim Anfahren nicht zu schnell erwärmt werden. Über die Ventile, die von verschiedenen Firmen geliefert wurden, urteilt Marguerre günstig; es darf nur allerbester Elektrostahlguß verwendet werden.

Die Speisepumpen haben die schwierige Aufgabe, Wasser von 200 ° von 20 auf 100 at zu drücken. Es sind Kreiselpumpen Bauart Sulzer und Klein, Schanzlin & Becker. Die Pumpen wirken einseitig; Druckausgleich

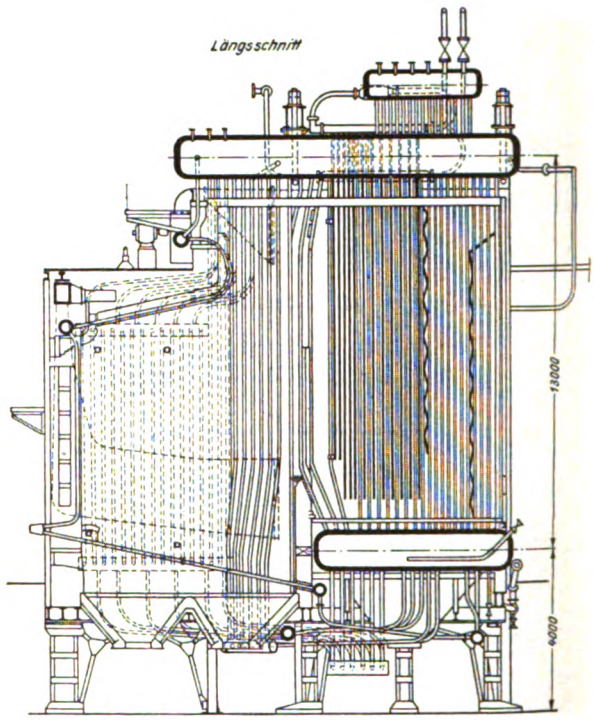


Abb. 3. Kessel der Maschinenbauanstalt Humboldt.

durch Entlastungscheiben. Den Stopfbüchsen wird von außen Sperrwasser zugeführt, damit das innere Wasser, welches 200 ° hat, nicht austreten kann. Die Pumpen werden durch Dampfturbine, Bauart Escher, Wyss & Cie. bzw. durch Elektromotor mit Getriebe angetrieben, ihre Drehzahl ist 4500 U/min.

Die Hochdruckturbinen Bauart Brown, Boveri & Cie. (Abb. 4) arbeiten mit 95 at Anfangsdruck, 425 ... 450 ° Eintrittstemperatur und 19 at Gegendruck. Die eine von beiden hat ein zweites Gehäuse, in dem der Dampf für die Vorwärmung des Speisewassers entspannt wird. Für die andere erfolgt die Regenerativvorwärmung durch eine besondere Turbine. Die Drehzahl ist 3000 U/min, der Wirkungsgrad wird mit Rücksicht auf das geringe Durchsatzvolumen nur mit 68 % angegeben. Bei der Vergrößerung erwartet man 78 % für einen Durchsatz von 120 t/h. Die Hochdruckgehäuse bestehen aus Stahlguß, der bei 400 ° noch eine Streckgrenze von 18 kg/mm² besitzt. Die Turbine besteht aus einer Curtisstufe und anschließendem Überdruck-

Digitized by Google

system, Entlastungskolben auf der Rückseite. Die Stopfbüchsen haben gegen 19 at abzudichten. Um Wärmespannungen zu vermeiden, ist die Trommel aus mehreren Teilen zusammengesetzt und auf die Welle aufgebracht. Die Schaufeln bestehen aus Chromnickelstahl.

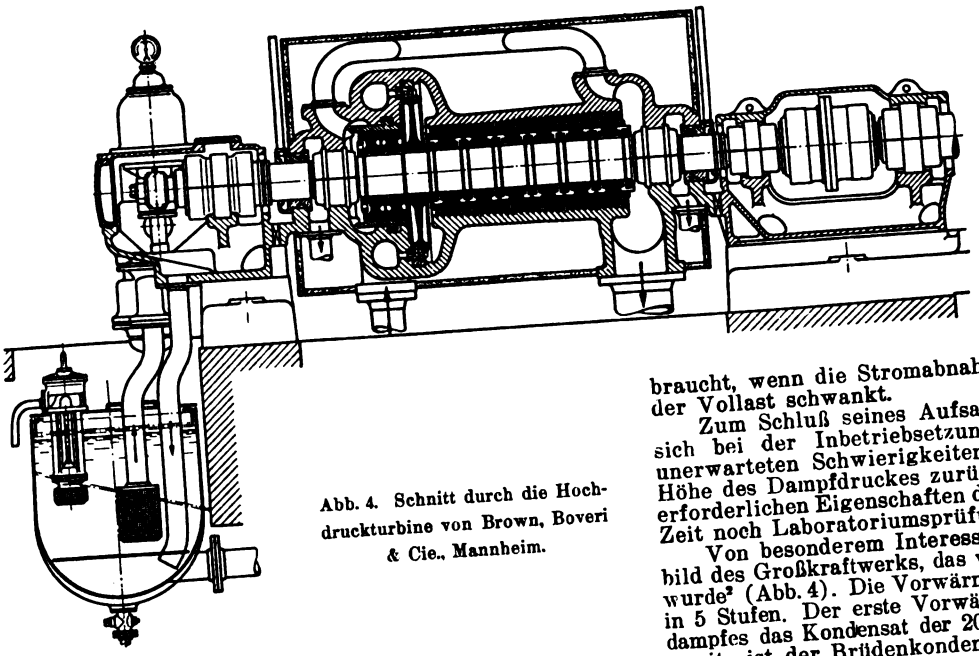


Abb. 4. Schnitt durch die Hochdruckturbine von Brown, Boveri & Cie., Mannheim.

Nach dem Austritt aus den Hochdruckturbinen gelangt der Dampf in die Zwischenüberhitzer. Für diese wurde die Bauart Szamatolski gewählt, bei welcher als Heizmittel Frischdampf verwendet wird. Der 100 at-Dampf strömt durch die Heizrohre hindurch, während der zu erwärmende 20 at-Dampf die Körper füllt. Die Erwärmung der nach-

Abhängigkeit vom Strombedarf geändert, wobei zu berücksichtigen war, daß die Hochdruckanlage immer mit der Grundbelastung fahren soll, während die Schwankungen soweit wie möglich von der 20 at-Anlage aufgenommen werden. Die Grenzen, in denen diese Regelung möglich ist, werden durch einen Gleichdruckspeicher wesentlich erweitert. Dieser Speicher arbeitet mit den Regenerativvorwärmstufen derart zusammen, daß in Zeiten geringen Strombedarfs heißes Wasser im Speicher angesammelt wird, während bei Belastungspitzen das Wärmegefälle von den Anzapfstufen bis auf die Kondensation hinab zur Energieerzeugung ausgenutzt wird. Diese Einrichtung bewirkt, daß die Kesselbelastung nicht geändert werden braucht, wenn die Stromabnahme zwischen 60 und 100 % der Vollast schwankt.

Zum Schluß seines Aufsatzes betont Marguerre, daß sich bei der Inbetriebsetzung der 100 at-Anlage keine unerwarteten Schwierigkeiten gezeigt haben, die auf die Höhe des Dampfdruckes zurückzuführen wären; über die erforderlichen Eigenschaften des Speisewassers werden zur Zeit noch Laboratoriumsprüfungen angestellt.

Von besonderem Interesse ist noch das Wärmeschaubild des Großkraftwerks, das von Blänsdorf beschrieben wurde[1] (Abb. 4). Die Vorwärmung des Speisewassers erfolgt in 5 Stufen. Der erste Vorwärmer erwärmt mittels Anzapfdampfes das Kondensat der 20 000 kW-Turbine auf 50 °, der zweite ist der Brüdenkondensator der Verdampferanlage, dieser erwärmt das Kondensat sämtlicher Turbosätze weiter auf 80 °. Mit dieser Temperatur gelangt das Wasser in den geschlossenen Speisewasserbehälter, von dem aus es einerseits unmittelbar in die 20 at-Kessel gedrückt werden kann. Auf der anderen Seite saugt eine Zwischenspeisepumpe das für die 100 at-Kessel bestimmte Wasser

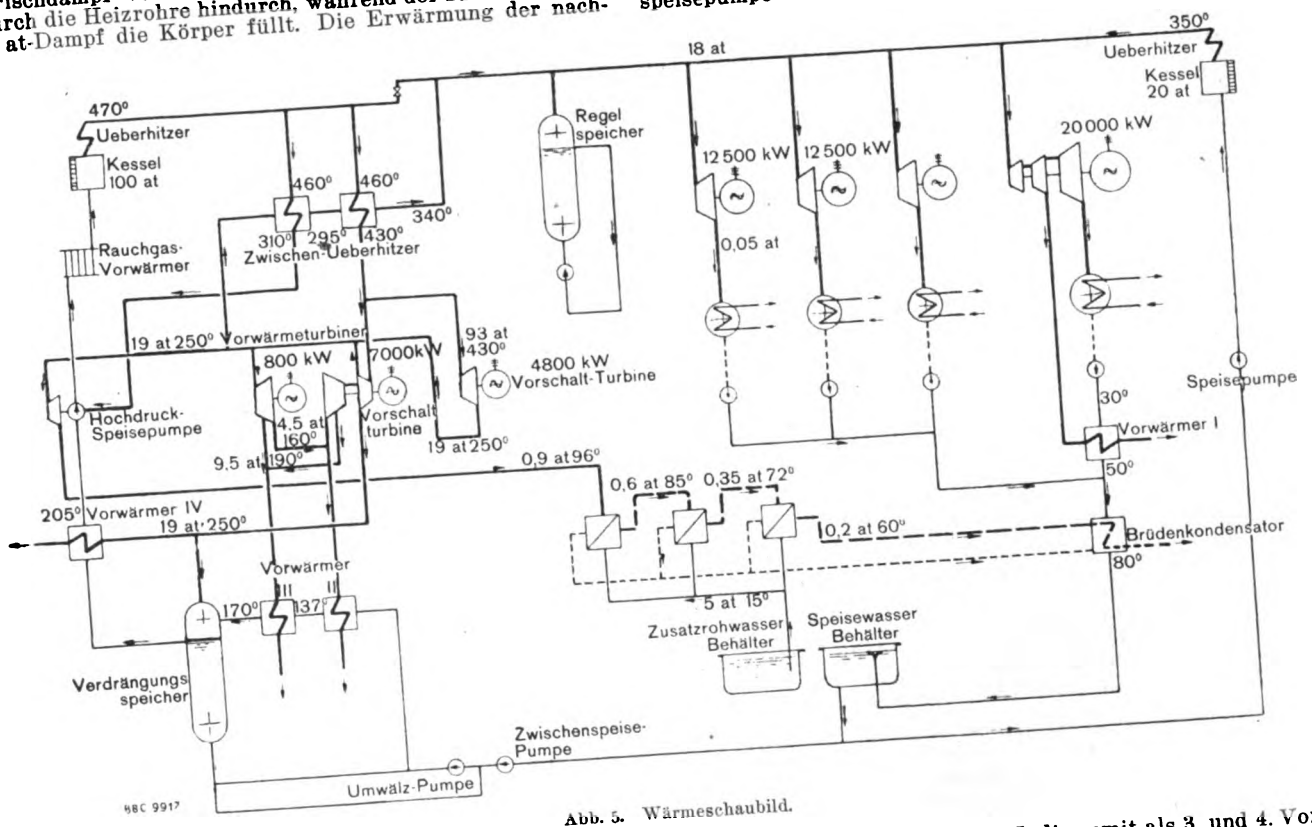


Abb. 5. Wärmeschaubild.

zuüberhitzenden Dampfmenge beträgt bei 65 t/h 80 ... 90 °, wozu 160 m² Heizfläche erforderlich sind.

Die Mannheimer Anlage ist mit einer ausgedehnten selbsttätigen Regelanlage, Bauart Askania, ausgestattet; die Kohlen- und Luftzufuhr zu den Dampfkesseln wird in

zu den Vorwärmern II und III, die somit als 3. und 4. Vorwärmstufe arbeiten. Als Heizmittel dient Anzapfdampf aus den beiden Vorwärmturbinen. Vor dem Vorwärmer IV, der 5. Vorwärmstufe, in der das Wasser durch Anzapf-

[1] M. Blänsdorf, BBC-Nachr. Bd. 17. S. 6.

Digitized by Google

dampf aus einer höheren Stufe der einen Vorwärmturbine bis auf 205 ° erwärmt wird, ist ein Verdrängungspeicher eingeschaltet, der folgendermaßen arbeitet. Bei geringer Belastung wird das auf 170 ° vorgewärmte Wasser von oben dem Speicher zugeführt und ein Teil davon bleibt im Speicher als Vorrat zurück. Das untere Ende des Speichers ist mit der Speisewasserleitung vor ihrem Eintritt in die Vorwärmer II und III verbunden, es besteht also die Möglichkeit, daß Wasser von 80 ° von unten in den Speicher eintritt; dies ist bei hohen Belastungen der Fall. Die Regelung erfolgt durch eine Umwälzpumpe, die nur bei niedriger Belastung das Wasser durch die Vorwärmer drückt. Der Einfluß dieses Verdrängungspeichers auf den Ausgleich der Kesselbelastung ist sehr groß, weil er 12 % des zur Dampferzeugung erforderlichen Wärmegefälles aufnehmen kann.

Turbinenseitig sind 2 Vorschaltturbinen angeordnet, die mit Frischdampf von 93 atü, 430 ° gespeist werden. Der Abdampf gelangt mit 19 atü zum Teil in die Vorwärmturbinen, von denen die eine mit der einen Vorschaltturbine auf einer Welle sitzt, während die andere einen eigenen Generator besitzt. Der Rest des 19 atü-Dampfes wird über die Zwischenüberhitzer auf 340 ° erwärmt und den Niederdruckturbinen als Frischdampf zugeführt. Die Turbinenspeisepumpe der 100 at-Anlage wird ebenfalls von diesem 19 atü-Dampf angetrieben.

Auch die Schaltung der Zwischenüberhitzer ist bemerkenswert. Der Kesseldampf tritt mit 460 ° ein, er wird in der ersten Stufe zum Teil kondensiert, wobei er sich auf 310 ° abkühlt. Dieses Kondensat läuft der Hochdruck-Speisepumpe wieder zu. Der Abdampf erreicht in dieser Stufe eine Erwärmung von 250 ° auf 295 °. Durch die zweite Stufe wird der gesamte Rest des Frischdampfes geleitet, der sich dabei auf 130 ° abkühlt und den Abdampf weiter auf 340 ° erwärmt. Mit dieser Temperatur strömt er über einen Regelspeicher den Niederdruckturbinen zu. Dieser Speicher arbeitet bei fast konstantem Druck nach dem bekannten Verfahren von Marguerre. Sein Wasserinhalt wird durch eine Umwälzpumpe dauernd in Bewegung gehalten.

Aus dieser kurzen Übersicht ist zu erkennen, daß die Pionierarbeit, die in Mannheim geleistet wurde, nicht nur der Beherrschung des Höchstdruckes gewidmet war, sondern daß gleichzeitig verschiedene andere Neuerungen, wie Verdrängungspeicher, Regelspeicher, Zwischenüberhitzer usw., zur Anwendung gekommen sind. *B.*

Verwendung unvollständiger Lichtbilder und unvollständiger Skizzen bei Vorträgen.

Von Prof. Dr. W. **Grix**, Danzig.

In einem Vortrage, in welchem zeichnerische Darstellungen, Berechnungen, Zahlentafeln usw. verwendet werden, stellt der Vortragende diese häufig durch Lichtbilder dar oder gibt sie mit Kreide auf einer Tafel wieder; die Zuhörer zeichnen oder schreiben sie mit. Das letztere Verfahren ist wegen des Umfanges des Stoffes aus Zeitmangel vielfach nicht durchführbar. Dem großen Vorteil der Verwendung von Lichtbildern in bezug auf die Zeitersparnis durch Fortfall von Zeichen- und Schreibarbeit für den Vortragenden und die Zuhörer und der Möglichkeit, eine große Stoffmenge in einem Vortrage zu behandeln, steht der schwerwiegende Nachteil gegenüber, daß die Lichtbilder vor dem körperlichen Auge der Zuhörer sehr schnell verschwinden, und daß diese keine Arbeit leisten, um den Eindruck des behandelten Stoffes, soweit er an der Hand von Lichtbildern erörtert wird, auf das Gedächtnis von nachhaltiger Wirkung zu machen. Anzustreben während eines Vortrages ist die Herabdrückung der rein mechanischen Zeichenarbeit — z. B. das Aufzeichnen von Apparaten in Schaltbildern — auf ein möglichst geringes Maß oder die Vermeidung derselben und eine eingehende Beschäftigung des Vortragenden und der Zuhörer mit den Teilen der Zeichnungen oder dgl., welche vorzugsweise die geistige Tätigkeit in Anspruch nehmen, wie z. B. das Zusammenschalten von Apparaten in einem Schaltbilde für einen bestimmten Zweck.

Um z. B. die Zeichenarbeit zu vermindern, die mit der Herstellung von Skizen während eines Vortrages verbunden ist, und um den Hörer trotzdem zu veranlassen, sich in gründlicher Weise mit einem durch Lichtbilder erläuterten Stoffe schon während des Vortrages zu beschäftigen, ist ein besonderes Verfahren bei der Verwendung von Lichtbildern vorteilhaft. Man kann unvollständige Lichtbilder auf einen Bildschirm oder dgl. werfen, den Zuhörern ebenfalls unfertige Skizzen übergeben und das Lichtbild durch den Vortragenden, die Skizzen durch die Hörer an der Hand des Vortrages vervollständigen lassen. Der große Vorteil des vorstehend angegebenen Verfahrens namentlich in den Fällen, in denen zu erläuternde Skizzen, Schaltpläne usw. einen großen Bestandteil des Vortrages bilden, kann nur dann ganz ausgenutzt werden, wenn die Projektionsfläche für die Lichtbilder und die als Zeichenmaterial verwendete Kreide oder dgl. das Lichtbild und die es ergänzenden Linien deutlich hervortreten lassen, und wenn es möglich ist, die Ergänzungen leicht von der Projektionsfläche zu entfernen, am besten durch einfaches Abwischen mit einem Schwamm, Lappen oder dgl.

Man könnte nun in erster Linie an eine mattweiße Glastafel als Projektionsfläche und an die Vervollständigung der als schwarz vorausgesetzten Linien des Lichtbildes durch schwarze Kreide denken. Dieses Verfahren ist im großen Hörsaal des Elektrotechnischen Instituts der T. H. Danzig praktisch erprobt worden. Es hat sich aber dabei herausgestellt, daß die Beseitigung der ergänzenden schwarzen Kreidestriche so große Schwierigkeiten bereitete, daß dieses Verfahren, namentlich bei schneller Aufeinanderfolge der Lichtbilder, unbequem wurde.

Man kann auch einen abrollbaren Papierstreifen als Projektionsfläche verwenden und den Papierstreifen für ein neues Lichtbild ein Stück weiterbewegen. Durch Verwendung zweier Rollen läßt sich dies leicht erreichen. Natürlich werden die Kosten über die Anwendung dieses Verfahrens entscheiden.

Im folgenden soll nun eine Methode angegeben werden, die man stets leicht mit verhältnismäßig einfachen Mitteln durchführen kann. Man verwendet als Projektionsfläche eine mattschwarze Tafel, also z. B. eine gewöhnliche Schreibtafel, projiziert das Diapositiv darauf, welches das Lichtbild mit schwarzen Linien in beleuchtetem Felde wiedergibt, und ergänzt das unvollständige Lichtbild mit weißer Kreide, welche in üblicher Weise leicht entfernt werden kann.

Der Verfasser kam auf das vorstehend angegebene, auch für große Hörsäle praktisch brauchbare Verfahren, während der Vorträge auf der Professorenkonferenz im Reichspostzentralamt im großen Hörsaal dieses Amtes. Dort befindet sich unmittelbar unter der weißen Projektionsfläche an der Wand eine dreiteilige mattschwarze Schreibtafel. Während der Vorträge fielen die Lichtbilder hin und wieder mit einem Teil ihrer Linien zufällig auf die schwarze Schreibtafel. Letztere lag daher dann zum Teil im Lichtstrahlenkegel der Projektionslampe, erschien daher als hellgraue Fläche, und man konnte die tiefschwarzen Bildlinien sehr deutlich erkennen. Mit weißer Kreide konnte man leicht die Ergänzung eines unvollständigen Lichtbildes auf der Tafel vornehmen. Der Hörsaal kann dabei so hell beleuchtet bleiben, daß die Zuhörer ihre unvollständigen Skizzen, z. B. Weißpausen, bequem ergänzen können. Da es sich bei der Verwendung unvollständiger Lichtbilder meist um Strichzeichnungen handeln wird, so genügt die Deutlichkeit der Lichtbilder mit ihren Ergänzungen durchaus.

Dieselbe Beobachtung wurde im kleinen Hörsaal des Reichspostzentralamtes bei lichtschwächerer Projektionslampe und auch im kleinen Hörsaal des Elektrotechnischen Instituts der Technischen Hochschule Danzig gemacht.

Man könnte auch auf den Gedanken kommen, die Lichtbilder als Negative zu projizieren, sie in hellen, der Farbe der Projektionslampe entsprechenden Linien in einem durch die Projektionslampe nicht beleuchteten Felde auf eine schwarze Tafel zu projizieren und mit weißer Kreide zu ergänzen. Hierbei zeigt sich aber, daß erstens bei derartigen Lichtbildern der Vortragssaal bei sonst gleicher Allgemeinbeleuchtung dunkler ist als bei dem Projizieren von Diapositiven mit schwarzen Linien im beleuchteten Felde, welches einen erheblichen Anteil zur Allgemeinbeleuchtung stellt, und daß zweitens die weißen Ergänzungslinien auf dem schwarzen, nicht von den Lichtstrahlen der Projektionslampe getroffenen Teil der schwarzen Projektionsfläche nicht immer deutlich genug hervortreten, da ihre Helligkeit von der Helligkeit des Vortragssaales abhängt und da die ergänzenden Linien bei völliger Verdunkelung des Saales praktisch ganz verschwinden.

Das geschilderte Verfahren der unvollständigen Lichtbilder und Skizzen kann auch bei der Wiedergabe von Zahlentafeln, bei Berechnungen usw. gute Dienste leisten.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Fernmeldetechnik.

Elektrische Hupenanlage für die Alarmierung eines Eisenbahn-Hilfszuges. — Von der Einrichtung zur Alarmierung eines Eisenbahn-Hilfszuges muß verlangt werden, daß sie überall sofort hörbar und von andern Signalen deutlich zu unterscheiden ist. Der bisherige Weg der telephonischen Mitteilung an das Bahnbetriebswerk und Weitergabe mittels Preßlufthupen und der Dampfpfeifen in der Nähe stehender Lokomotiven wurde von der Firma Mix & Genest A. G., München, verlassen und auf dem Bahnhof Münster eine Anlage mit 220 V-Wechselstromhupen eingebaut, die von Quecksilberrelais eingeschaltet werden. Im Lokomotivschuppen, an der Eilgutabfertigung und an den wichtigsten Stellwerken sind je zwei Hupen verschiedener Tonhöhe angebracht, die abwechselnd so ertönen, daß die Töne sich unterscheiden. Ein Schaltbild der Anlage zeigt Abb. 1.

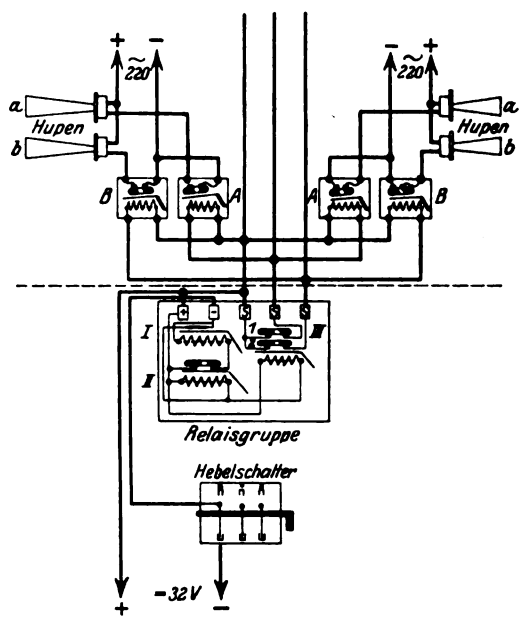


Abb. 1. Schaltung für Alarmierung eines Eisenbahn-Hilfszuges durch elektrische Hupen.

Die zur Einschaltung der Hupen vorgesehenen Quecksilber-Relais *A*, *B* erhalten in bestimmten Zeitabschnitten Stromimpulse, welche von einer Relaisgruppe hervorgerufen werden, die aus 3 Quecksilberrelais I, II und III besteht. Relais I ist ein Ruhestromrelais, d. h. zieht sein Anker an, so wird der Quecksilberfaden den Stromweg unterbrechen. Relais II ist ein übliches Quecksilber-Arbeitstromrelais. Zieht hier der Anker an, so wird über den Quecksilberfaden ein Stromkreis geschlossen. Relais III ist ein Sonderrelais. Dieses besitzt 2 Arbeitsröhren 1 und 2. Zieht der Anker erstmalig an, so wird Röhre 1 ihren Stromkreis schließen. Fällt der Anker ab, so bleibt diese Röhre geschlossen. Zieht der Anker das zweite Mal an, so wird auch Röhre 2 ihren Kontakt schließen und bleibt nach Abfall des Ankers auch geschlossen. Beim dritten Anzug des Ankers schaltet Röhre 1 und beim vierten Anzug des Ankers Röhre 2 ihren Stromweg aus. Das Spiel beginnt von vorn.

Dies vorausgesetzt, arbeitet nunmehr die Anlage wie folgt: Wird der Hebelschalter eingeschaltet, so fließt ein Strom vom Pluspol der 32 V-Batterie über Plusklemme zur Relais-Gruppe, u. zw. gleichzeitig über Relais II, Relais III, von dort aus weiter über den Ruhekontakt des Relais I, zurück zum Minuspol der 32 V-Batterie. Relais III schaltet Röhre 1 und dann über das zugehörige Quecksilberelais den ersten Hupenstromkreis ein. Gleichzeitig hat aber Relais II seine Quecksilberwippe umgeschaltet, wodurch Relais I Strom erhält, u. zw. vom Pluspol der 32 V-Batterie über die Plusklemme der Relais-Gruppe, Quecksilberwippe von II, Relaiswicklung von I, zurück zum Minuspol. Relais I zieht an und unterbricht den Stromkreis für Relais II und III. Durch das Abfallen des Relais II wird aber auch Relais I stromlos und schließt dann wieder die Stromkreise für Relais II und III. Der Anker des Relais III zieht das zweite Mal an, schaltet dann die zweite Röhre ein und somit den Stromkreis für den zweiten Hupensatz. Relais II unterbricht durch seinen Anzug wieder Relais I, und so wiederholt sich das Spiel dauernd, bis der Hebelschalter den Stromkreis wieder endgültig auftrennt.

Der Fortschritt gegenüber der bisherigen Methode besteht darin, daß die Alarmierung aller Stellen in kürzerer Zeit erfolgt. Bei einer kürzlichen Anforderung konnte z. B. der Hilfszug bereits 11 min nach Eintreffen der Unfallmeldung abfahren. (Betz, Verkehrstechn. Woche Bd. 23, S. 421.) *Ka.*

Fernsprechseekabel England—Irland 1929. — Im Juni 1929 wurde von der Firma Siemens Brothers & Co. London eine Fernsprechverbindung durch ein Seekabel zwischen England und Irland über die Insel Man hergestellt. Die insgesamt 188 km lange Leitung zerfällt in zwei Teilstrecken. Die erste Teilstrecke in einer Länge von rd. 128 km verbindet die Verstärkerstation Blackpool auf England mit Port Erin auf der Insel Man und ist ein Krarupseekabel mit Papier-Luft-Isolation und Bleimantel. Das eigentliche Seekabel liegt zwischen Norbreck auf englischer Seite und Port Grenaugh auf der Insel Man und ist rd. 109 km lang. Die Landkabel, die auf beiden Seiten das Seekabelende mit der Verstärkerstation verbinden, besitzen die gleiche Kabelkonstruktion, nur hat die Seestrecke gegenüber den Landkabeln einen doppelten Bleimantel und eine Eisendrahtbewehrung. Der äußere Kabeldurchmesser beträgt etwa 5,8 cm beim See- und etwa 2,8 cm beim Landkabel, das Gewicht 11,6 t/km bzw. 3,0 t/km. Mit 4 Fernsprechvierern in Sternverseilung und einer Fernsprechader im Herz mit Erde als Rückleitung enthält die Anlage 13 Sprechkreise und weist damit einen gleichartigen Aufbau wie das von der Firma Felten & Guilleaume Carlswerk A.G. Köln-Mülheim im Jahre 1926 verlegte, rd. 159 km lange Holland-England-Krarupkabel[1] auf, welches offenbar als Vorbild gedient hat. Ein Vergleich dieser beiden Seekabel in bezug auf die elektrischen Eigenschaften dürfte daher von Interesse sein, wobei man sich vor Augen halten muß, daß zwischen der Herstellung der beiden Verbindungen 3 Jahre verflossen sind, und derartige Kabel in Deutschland seit 1927 als Pupinseekabel gebaut zu werden pflegen. Die elektrischen Daten, bezogen auf 1 km, sind in Zahlentafel 1 nebeneinandergestellt.

Zahlentafel 1.

Erreichte elektrische Wechselstromwerte	England-Insel-Man-Kabel 1929 rd. 128 km 2,0 mm Cu-Dmr.			Holland-England-Kabel 1926 rd. 159 km 2,3 mm Cu-Dmr.		
	Mittel aus 8 Stammkreisen	Mittel aus 4 Phantomkr.	Herzader u. Erdrückleitung	Mittel aus 8 Stammkreisen	Mittel aus 4 Phantomkr.	Herzader u. Erdrückleitung
Selbstinduktivität für 1 km	6,6 mH	3,2 mH	—	8,7 mH	4,2 mH	—
Betr.-Kapazität für 1 km	0,0485 μF	0,0139 μF	0,0783 μF	0,0445 μF	0,0119 μF	0,081 μF
Wirkwiderstand bei 800 Hz 1 mA für 1 km	11,0 Ω	5,6 Ω	—	8,4 Ω	4,1 Ω	—
Wellenwiderstand	377 Ω	155 Ω	246 Ω	440 Ω	190 Ω	290 Ω
spez. Dämpfung bei 800 Hz	0,0155 Neper	0,0188 Neper	0,0137 Neper	0,0088 Neper	0,0112 Neper	0,0122 Neper
Gesamtdämpfung	2,0 Neper	2,4 Neper	1,75 Neper	1,55 Neper	1,78 Neper	1,94 Neper

Bemerkenswert ist die um ungefähr 30 % geringere Induktivität des Krarupmaterials beim England-Insel-Man-Kabel, was noch um so mehr ins Gewicht fällt, als der Kupferdurchmesser 2,0 mm gegenüber 2,3 mm beim Holland-England-Kabel beträgt.

[1] ETZ 1926, S. 1409.

Digitized by Google

Die Gegenüberstellung der Nebensprechwerte ist aus Zahlentafel 2 ersichtlich.

Zahlentafel 2.

Nebensprechen		Engl.—Insel Man 1929	Holland—England 1926
Übersprechen in Neper	mittel	9,6	10,0
	max.	9,8	10,7
	min.	9,4	9,5
Mitsprechen in Neper	mittel	8,5	7,9
	max.	9,0	10,6
	min.	7,5	7,0
Übersprechen Herzader gegen übrige Sprechkreise	min.	7,1	8,0

Über das Gegennebensprechen beim England-Insel-Man-Kabel ist leider nichts bekannt, beim Holland-England-Kabel ergaben sich für das Gegennebensprechen sehr günstige Werte, als Gesamtmittel für das Übersprechen 11,9 Neper und für das Mitsprechen 8,7 Neper. Erwähnenswert wäre noch die Gesamtverzerrung für das Kabel, die sowohl für den Stamm- als auch Phantomkreis über einen Bereich von 300 ... 2400 Hz zu rd. 40 % gemessen wurde. Die Aufnahme der Charakteristik im Bereich von 300 ... 3000 Hz ergibt das Kriterium für die Gleichmäßigkeit des Kabels. Die max. Abweichung ist etwa 2½ % vom Sollwert.

Die Verbindung von Insel Man (Port Erin) nach Irland (Ballyhornan) bilden zwei unbelastete vierdrähtige Balatakabel gleicher Konstruktion von je 60 km Länge und einem Gewicht von 5,5 t/km. Für die Anlaufstrecken von etwa 1 km auf beiden Seiten wurde aus mechanischen Gründen Guttapercha statt Balata gewählt. Folgende elektrische Werte wurden erzielt:

Isolationswiderstand bei 24° nach 1 min im Mittel (beim nördlichen Kabel)	1300	MΩ/km
(beim südlichen Kabel)	1700	MΩ km
Kupferwiderstand der Einzelader im Mittel	3,8	Ω/km
Kapazität der Einzelader gegen Erde, mit Gleichstrom gemessen, im Mittel	0,17	µF/km
Die Wechselstromwerte bei 800 Hz ergeben sich bei den Stammkreisen für den Wirkwiderstand zu	7,8	Ω/km
für die Kapazität	0,084	µF/km
für die Dämpfung	0,03	Neper/km

Aus der Änderung der Dämpfung mit der Frequenz ergibt sich eine Verzerrung, die etwa gleich der des Papierkabels ist. Das Übersprechen wurde zu > 10,5 Neper, das Mitsprechen > 9,0 Neper ermittelt, das Nebensprechen zwischen den Sprechkreisen der beiden Kabel > 11,0 Neper.

Die Verlegung beider Kabel wurde mit dem Kabeldampfer „Faraday" ausgeführt. (W. T. Palmer, Post Off. El. Engs. J. Bd. 22, Teil 3.) *Str.*

Blitzschlag in das Fernkabel Wien—Budapest. — Ein bemerkenswerter Blitzschlag traf das Fernkabel Wien—Budapest im vergangenen Jahr an einer Stelle etwa 21 km von Györ in Richtung nach Wien. Der Blitz schlug in einen starken Akazienbaum und zerbrach den Baumstamm so in zwei Teile, daß der obere Teil mit der Baumkrone senkrecht neben dem stehengebliebenen Stammende in das Erdreich eindrang. Dann bahnte sich der Blitz entlang einer Baumwurzel etwa 1 m unter dem Straßenniveau einen Weg zum 6 m entfernt liegenden Kabel Budapest—Wien, welches 0,7 m unter dem Straßenniveau gebettet ist. Der Weg des Blitzes zum Kabel war durch einen Kanal von etwa 130 ... 200 mm Dmr. sichtbar. Das Erdreich war trotz des heftigen Gewitterregens fast staubtrocken. An der Eintrittstelle des Blitzes war das Kabel auf 80 cm flachgedrückt und verbogen. Etwa 1,7 m weiter war der Bleimantel aufgeschlitzt und teilweise verschmort, das Isolierpapier verbrannt, auch die Kupferadern waren zum Teil verschmolzen. Bei den Wiederherstellungsarbeiten zeigte sich, daß der Blitz seinen Weg den Bleimantel entlang genommen und noch in Entfernungen von mehreren Kilometern die Isolation der dem Bleimantel nächstliegenden Kupferadern beschädigt hatte, u. zw. so, daß in Entfernung von etwa 2 km von der Einschlagstelle noch Unterbrechungen zu finden waren. (R. Wicar, Europ. Fernspr. 1930, S. 93.) *Bkm.*

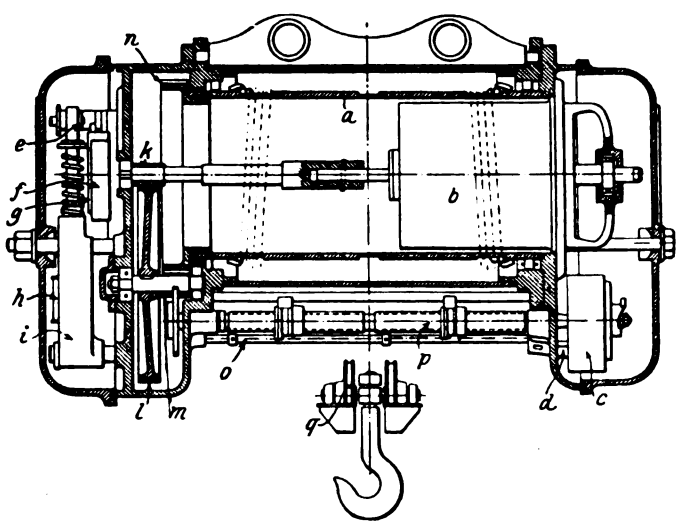
Großrundfunksender Oslo. Die Beschreibung des Senders Oslo[1], der als einer der der Neuzeit am meisten entsprechenden gelten kann, enthält eine Reihe bemerkenswerter Angaben. Die Telephonie-Ruhestromleistung im Antennenkreis beträgt 60 kW. Der Sender läßt sich geradlinig bis zu 70 % aussteuern. Die Masten der Antennen sind 150 m hoch, die Eigenwelle ist 850 m gegenüber 593,4 m Betriebswelle. Der eigentliche Sender besteht aus vier Hochfrequenzstufen, deren Oberstrichleistungen zu 2,5; 5; 40 und 280 kW angegeben werden. (Die Mittelstrichleistung ist gleich dem vierten Teil der Oberstrichleistung, in der letzten Stufe also im Höchstfalle 70 kW.) Die Modulation findet in der dritten Stufe statt.

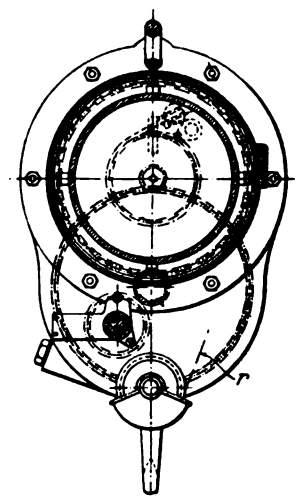
Die Heiz- und Gitterspannungen sowie die Anodenspannung des Senderendverstärkers werden aus Maschinen, die Anodenspannungen der Senderöhren aus einem Sechsphasengleichrichter entnommen. Zur Vermeidung von Verzerrungen durch Rückkopplung der modulierten auf die unmodulierte Hochfrequenz sind zwei getrennte Drosselketten für die Stufen I, II und III. IV vorgesehen.

Die Hörmeldungen aus ganz Europa und auch aus außereuropäischen Ländern lauten überaus günstig. Der Sender wird vielfach als der beste und lautstärkste Sender Europas bezeichnet. (Broschüre von Telefunken, Selbstverlag, März 1930.) *Lgw.*

Hebezeuge und Massenförderungen.

Bamag-Flaschenzug. — Einen von der Firma Bamag-Meguin Ltd., London, gebauten Flaschenzug (Bauart Prof. Gensel) für 0-5 ... 8 t[2] stellt Abb. 2 dar. Der innerhalb der Seiltrommel *a* untergebrachte Motor *b* treibt über die Zahnräder *k/l* und *m/n* die Trommel *a* an. Auf einer Verlängerung der Motorwelle sitzt die Bremsscheibe, die ebenso wie der Bremsmagnet nach Abnahme eines seit-





a Seiltrommel
b Motor
c Schalter
d Endschalter
e Bremshebel
Bremsscheibe
g Bremsband
h Magnetspule
i Bremsmagnet
k l m n Zahnräder
p Seilführungsspindel
q Seilrolle der Unterflasche
r Seil der Endschalterstange.

Abb. 2.
Elektrischer Flaschenzug.

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 252.
[2] Die Berlin-Anhaltische Maschinenbau AG. Dessau, Zweigniederlassung der Bamag-Meguin AG., stellt derartige Flaschenzüge in Reihen von 125 bis 8500 kg Nutzlast her.

Digitized by Google

lichen Deckels zugänglich ist. Der auf der anderen Seite angebrachte Deckel schützt den Motor, den Schalter und den Endschalter. Bemerkenswert ist das Getriebe, das im Gegensatz zu den Getrieben anderer Flaschenzüge nur aus 4 Zahnrädern besteht und durch ein Ölbad geschmiert wird, sowie der Endschalter, der so gebaut ist, daß ein pausenloses Arbeiten auch nach Ansprechen des Endschalters ermöglicht wird. Es ist also nicht notwendig, den Endschalter nach Ansprechen von Hand einzulegen. Das Rad *m* steht nicht nur mit *n* in Eingriff, sondern treibt auch die Spindel *p*, so daß sich auf ihr 2 zur Seilführung dienende Wandermuttern verschieben. *o* ist eine Stange zur Betätigung des Endschalters. Auf ihr sind 2 Anschläge angebracht, gegen die sich die Wandermuttern bei höchster Hakenstellung und dann legen, wenn das Seil bis auf 1½ Windungen von den Trommelenden abgewickelt ist. (Engg. Bd. 128, S. 574) *Ka.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

Zur Entwicklungsgeschichte elektrostatischer Hochspannungs-Voltmeter. — Unter Hinweis auf die Beschreibung des elektrostatischen Voltmeters von Starke u. Schröder[1] gibt A. Imhof einen kurzen Rückblick auf die verschiedenen zuvor bekannten Systeme statischer Spannungsmesser. Dabei werden drei prinzipiell verschiedene Systeme unterschieden, nämlich das direkte System, das System in Serie geschalteter Spannungsteiler-Kondensatoren, an denen eine Teilspannung statisch gemessen wird, und das System mit einem Kondensator in Serie mit einem statischen Spannungsmesser. Als Vertreter des ersten Systems werden genannt: Die Spannungswaage mit Schutzring nach Thomson, das Instrument von Abraham und Villard mit horizontaler Elektrodenbewegung und das prinzipiell ähnliche Instrument von Trüb, Täuber & Cie., insbesondere auch mit Benutzung einer Fernübertragungsanlage, das Instrument von Starke u. Schröder, endlich das Preßluftinstrument nach Palm von H. & B. Die übrigen Systeme werden nur sehr kurz berührt. (A. Imhof, Arch. El. Bd. 23, H. 2, S. 258.)

Ein neuer Leitungsprüfer. — Ein durch seine handliche Form sowie sein geringes Gewicht bemerkenswerter Leitungsprüfer der Siemens & Halske AG. dient zum schnellen Prüfen von elektrischen Leitungen und Apparaten auf Schluß und Widerstand. Das Gehäuse des Leitungsprüfers (Abb. 3) ist aus mechanisch und elektrisch hochwertigem Preßstoff hergestellt. Es enthält zwei Kammern, deren obere das Anzeige-Instrument nebst Schutzwiderständen, deren untere eine als Stromquelle dienende Taschenlampenbatterie aufnimmt. Die Schutzwiderstände, die dazu dienen, den Stromverbrauch möglichst gering zu halten, sind kurzschlußsicher in das Gehäuse eingebettet; die Leitungen sind ebenfalls in Nuten verlegt. Das mit einer in Ohm geeichten Skala versehene Instrument hat ein Drehspul-Meßwerk mit sehr geringem Eigenverbrauch. Seine elektrische Empfindlichkeit kann durch einen von der Rückseite des Gehäuses her verstellbaren magnetischen Nebenschluß so weit geändert werden, daß die Batterie bis herab zu 3 V verwendbar ist. Gegen Erschütterungen, wie sie im normalen Gebrauch vorkommen, ist der Leitungsprüfer unempfindlich. Sämtliche Meßwerksteile sind für eine Prüfspannung von 1000 V gegen die von außen zugänglichen Schrauben isoliert. Zu bemerken ist, daß der beschriebene Leitungsprüfer infolge seines geringen Stromverbrauchs laut Typenzeugnis des Oberbergamtes Dortmund auch zum gefahrlosen Prüfen von Brückenglühzündern verwendet werden kann. Zum Leitungsprüfer gibt es eine Ledertasche mit einem Ausschnitt, so daß man nach dem Öffnen der Verschlußklappe Messungen vornehmen kann, ohne den Leitungsprüfer aus der Tasche herausnehmen zu müssen. *Jkl.*

Abb. 3. Leitungsprüfer.

[1] Arch. El. Bd. 20, S. 115. ETZ 1928, S. 1443.

Beleuchtung.

Die Farbe des Tageslichts. — M. Luckiesh, Direktor des Forschungslaboratoriums der National Lamp Works, Cleveland, macht Angaben über einige Messungen zur Bestimmung der Farbtemperatur des Himmelslichts. Die Messungen wurden von dem genannten Laboratorium in den Monaten September, Oktober, März und April ausgeführt. Die für unmittelbares Sonnenlicht erhaltenen Werte beziehen sich auf Licht, welches bei ungehinderter Beleuchtung vom ganzen Himmel auf eine horizontale Fläche fällt. In Zahlentafel 1 sind die Werte zusammengestellt.

Zahlentafel 1.

Art des Tageslichts	Ungefähre Farbtemperatur in Grad abs.
Unmittelbares Sonnenlicht, vor 9^h und nach 15^h	4400 ... 5000
" von 9^h bis 15^h	5300
Sonnenlicht plus Licht von einem nebligen und rauchigen Himmel	5700
Sonnenlicht plus Licht von einem klaren Himmel, von 9^h bis 15^h	5800
Licht von einem gänzlich bedeckten Himmel	6400
Licht von einem nebligen und rauchigen Himmel	700 ... 8000
Licht von einem klaren, blauen Himmel	10 000 ... 20 000

Die Bedeutung dieser Temperaturen veranschaulicht Zahlentafel 2, welche die relativen Lichtintensitäten verschiedener Teile des Spektrums im Vergleich mit weißem Licht (etwa 5300° abs.) zeigt.

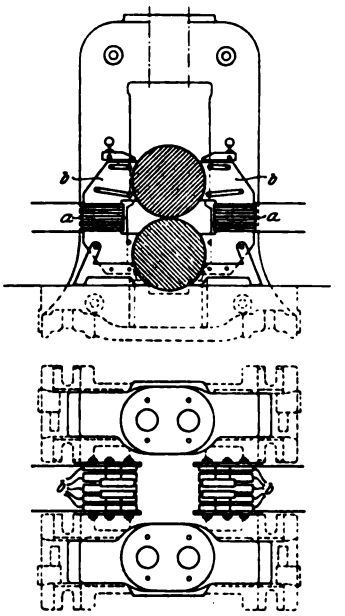
Zahlentafel 2.

Wellenlänge in mm	Relative Intensitäten bei versch. Temperaturen in Graden abs.					
	5000	5300	5800	6400	7500	15 000
400 ... 490	94	100	107	115	128	166
490 ... 550	98	100	102	105	108	166
550 ... 590	101	100	99	98	97	92
590 ... 720	103	100	96	93	87	75

(M. Luckiesh, El. World Bd. 95, S. 263.) *Ki.*

Bergbau und Hütte.

Wirbelstromheizung von Feinblechwalzen. — Da das elektrische Vorwärmen von Walzen mit Hilfe der Widerstandsheizung[1] gewisse Nachteile bietet und diese Einrichtungen dem rauhen Walzwerksbetrieb vielfach nicht gewachsen sind, hat die Abteilung Westfälische Union, Nachrodt, der Vereinigten Stahlwerke AG. eine Einrichtung mit Wirbelstromheizung geschaffen. Die Walzen werden dabei von innen heraus gleichmäßig, in verhältnismäßig kurzer Zeit und mit verhältnismäßig geringen Kostenaufwand erwärmt, ohne daß die polierte Walzenoberfläche in irgendeiner Weise Schaden leidet. Gemäß Abb. 4 werden zwei ortsveränderliche Wechselstrommagnete so an das zu erwärmende Walzenpaar gebracht, daß je zwei Pole eine Walze einschließen. Die Magnetkerne sind in einzelne Blechpakete *b* unterteilt. Mit Hilfe eines Asbestmantels kann man die Strahlungsverluste beschränken. Nach Erreichung der gewünschten Temperatur wird die Schutzhaube hochgezogen und das Magnetpaar beiseitegestellt. (St. u. E. Bd. 50, S. 20.) *Ka.*



a Spule *b* Magnet

Abb. 4. Walzen-Wärmvorrichtung

Der Einfluß des Ofenalters auf die Schmelzungsdauer und den Energieverbrauch. — Es wird in Abhängigkeit vom Ofenalter über die Einschmelzfeinungs- und Gesamt-

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 825.

Digitized by Google

schmelzdauer sowie über den Energieverbrauch eines 5,5 t-Lichtbogenofens berichtet. Die mittlere Einschmelzdauer von 2000 Schmelzungen beträgt 3,49 h, die Feinungsdauer 2,60 h, die Gesamtdauer 6,09 h. Der Energieverbrauch zum Einschmelzen wurde mit 620 kWh, der Energieverbrauch zum Feinen mit 323 kWh, der Gesamtenergieverbrauch mit 943 kWh für 1 t Einsatz angegeben. Der Zeitaufwand bei der ersten Schmelze ist um 35 % höher als im normalen Betrieb, der Energieverbrauch um 25 %. (St. Kriz u. H. Kral, St. u. E. Bd. 50, S. 221.) *V. E.*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

Induktivität, Energie und Stromkraft von Sammelschienen. — Die Induktivität von Sammelschienen, deren Einzelquerschnitte langgestreckte Rechtecke bilden, wird von W. Steidinger näherungsweise berechnet, indem an Stelle der räumlichen Stromschienen flächenhafte Strombänder eingeführt werden. Diese Vereinfachung ist in praktischer und physikalischer Hinsicht durchaus zulässig; sie erleichtert die Lösung der gestellten Aufgabe ganz bedeutend. Es ergibt sich, daß man für die verschiedensten Anordnungen und Abmessungen mit einer Funktion von nur einer Veränderlichen, der Stammfunktion des Problems auskommt. Diese läßt sich durch zwei elementare Integrationen bestimmen, sie wird in geschlossener Form angegeben und zum bequemen Gebrauch durch eine Zahlentafel ergänzt. An einigen Beispielen wird gezeigt, wie man bei komplizierteren Anordnungen nicht nur die Eigeninduktivitäten, sondern auch alle Gegeninduktivitäten ohne weiteres aus der Stammfunktion erhalten kann. Außerdem wird noch die Kraft berechnet, mit der die stromdurchflossenen Schienen aufeinander wirken. Auch hier genügt für alle möglichen Fälle eine Funktion von nur einer Veränderlichen. Ihr Ausdruck in geschlossener Form und eine Zahlentafel werden angegeben. An einem numerischen Beispiel wird gezeigt, daß unter Umständen sehr beachtenswerte Kräfte auftreten. (W. Steidinger, Arch. El. Bd. 23, H. 2, S. 153.)

Die Schwärzung photographischer Schichten beim Kathodenoszillographen. — Bei Kathodenoszillographen gibt es zwei grundsätzlich verschiedene Möglichkeiten, den aufzunehmenden Vorgang auf die photographische Platte zu bringen: die unmittelbare Einwirkung der Strahlelektronen auf die photographische Platte und die Ausnutzung der durch die Elektronen in einer Leuchtschicht hervorgerufenen Lichtenergie zur Schwärzung der photographischen Platte. Die Zwischenschaltung eines Leuchtschirmes hat den Vorteil, daß man ohne Öffnung des Oszillographen den Vorgang von außerhalb aufnehmen und gleichzeitig mit der Aufnahme den Vorgang subjektiv beobachten kann. Beides ist für Gewitteraufnahmen und die Registrierung ähnlicher Vorgänge von Bedeutung. Die bequemste Art der Außenaufnahme ist die Photographie des Leuchtschirms mit einem photographischen Apparat. Daß man mit diesem Verfahren äußerst kurzzeitige Vorgänge auf die photographische Platte bannen kann, haben bereits Rogowski und Flegler nachgewiesen[1]. Immerhin nutzt man selbst mit den besten Objektiven nur geringe Bruchteile der auf dem Leuchtschirm verfügbaren Energie aus. Man kann die Lichtenergie des Leuchtschirms sehr viel besser ausnutzen, wenn man die Leuchtmasse auf eine durchsichtige Platte aufbringt und die photographische Schicht unmittelbar an diese Platte anpreßt. Rogowski, Flegler und Rosenlöcher haben nun im Aachener Institut Versuche durchgeführt, um die Schwärzung der photographischen Schicht bei dieser Anordnung mit der Schwärzung durch umittelbare Elektroneneinwirkung bei hohen Elektronengeschwindigkeiten zu vergleichen; für geringe Elektronengeschwindigkeiten konnte Sommerfeld[2] bereits eine Überlegenheit der Lichtschwärzung nachweisen. Die Untersuchungen haben ergeben, daß die Schwärzung in gewissen Grenzen von der Dicke der Leuchtschicht und der Art der Leuchtmasse abhängt. Bei geeigneter Auswahl dieser Größen erweist sich die Lichtschwärzung bei hohen Elektronengeschwindigkeiten der Elektronenschwärzung als praktisch gleichwertig. (W. Rogowski, E. Flegler u. P. Rosenlöcher, Arch. El. Bd. 23, H. 1, S. 149.)

Hochspannungstechnik.

1500 Aufnahmen von Lichtbogenüberschlägen großer Leistung in 1 s. — Mit dem Wachsen der Erdschlußstromstärken und der Kurzschlußleistungen infolge der von Jahr zu Jahr zunehmenden Ausdehnung der Netze wächst auch die Gefährdung der Freileitungsisolatoren beim Auftreten eines Erdschluß- oder Kurzschlußlichtbogens. Die führenden Isolatorenfabriken mußten daher, wie an dieser Stelle bereits berichtet[1], planmäßige Untersuchungen über die Abwehr von Beschädigungen der Isolatoren, insbesondere durch richtig bemessene und gestaltete Schutzarmaturen, in den Aufgabenkreis ihrer Versuchsfelder einbeziehen. Hierbei hat man, da die Beobachtung von Einzelheiten bei Überschlägen großer Leistung wegen ihrer starken Lichtwirkung und ihres kurzzeitigen Verlaufes dem menschlichen Auge nicht möglich ist, zur Gewinnung einwandfreien Einblickes Aufnahmen mit Hilfe der Zeitlupe herangezogen. Nach dieser Richtung hin ist in jüngster Zeit ein bahnbrechender Fortschritt von der Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren G. m. b. H. (Hescho) durch die Anwendung einer neuen Zeitlupe gemacht worden, mit der in 1 s 1500 scharfe Bilder, d. i. etwa das 3fache der bisher höchsten Bildzahl bei den bisherigen Zeitlupen, im üblichen Filmformat von 18 × 24 mm aufgenommen werden können. Die außerordentlich hohe Bildzahl dieser neuen Zeitlupe, die bei den Lichtbogen-Versuchen der Hescho überhaupt zum ersten Male praktisch benutzt worden ist, ermöglicht es, den Überschlag mit größter Genauigkeit zu verfolgen.

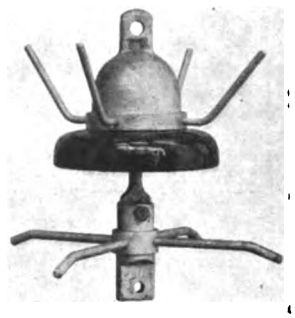


Abb. 5. Bahnisolator mit Hescho-Schutzarmatur (Hornkreuz an der Kappe, Stabkreuz an der Leitungsklemme).

Anderseits erhält man, wenn die Aufnahmen mit der üblichen Geschwindigkeit von 20 Bildwechseln in 1 s vorgeführt werden, die bisher unerreichte Dehnung auf das 75fache der tatsächlichen Dauer des Vorganges und damit ein naturgetreues Bild von dem Verlauf des Lichtbogens bzw. der Wirkung der Schutzarmaturen.

Abb. 6. Lichtbogen großer Leistung im Augenblick des Einschaltens.

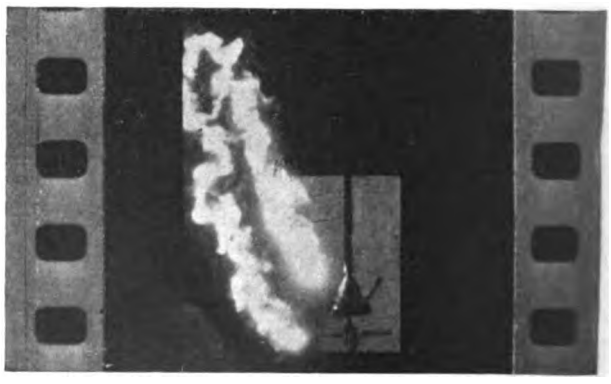


Abb. 7. Lichtbogen großer Leistung im Augenblick des Abreißens (nach etwa 1,5 s).

Die Vergleichsversuche, die mit dieser Zeitlupe aufgenommen worden sind, haben sich auf Bahn- (Knüppel-) Isolatoren, Kappenisolatoren und Isolatorenketten erstreckt, die ohne und mit Schutzarmaturen unter genau gleichen Versuchsbedingungen durch Lichtbogen hoher

[1] Rogowski u. Flegler, Arch. El. Bd. 20, S. 635, ETZ 1929, S. 169.

[2] E. Sommerfeld, Arch. El. Bd. 20, S. 607, ETZ 1929, S. 463.

[1] ETZ 1928, S. 785 u. 1872.

Digitized by Google

Leistung beansprucht wurden. Sämtliche Aufnahmen haben die früheren Versuchsergebnisse hinsichtlich der sofortigen Wirkung der von der Hescho vorgeschlagenen Schutzarmaturen bestätigt. Als Beispiel ist in Abb. 5 ein Kappenisolator für elektrische Vollbahnen dargestellt, dessen Schutzarmatur aus einem Hornkreuz an der Kappe und einem Stabkreuz an der Leitungsklemme besteht. Abb. 6 ist die Vergrößerung des Zeitlupen-Bildchens im Augenblick des Einschaltens und läßt erkennen, daß der Lichtbogen infolge der Überbrückung des Isolators durch einen dünnen Kupferdraht dicht am Isolator entsteht. Abb. 7 ist am Ende des Versuches aufgenommen und zeigt anschaulich das Wegtreiben des Lichtbogens durch die Schutzarmatur. Diese Wirkung setzt so kräftig ein, daß der Lichtbogen noch vor Ablaufen des 60 m langen Filmstreifens, also noch vor dem Verstreichen von 2 s, zum Abreißen gebracht wird. Bei dem Vergleichversuch ohne Schutzarmaturen „klebte" der Lichtbogen während der ganzen Zeit am Isolator, dessen Teller dabei beschädigt wurde. (Mitt. Hermsd. Schomb. 1929, H. 47/48, S. 1535.) *Wal.*

Spannungsmessungen mit Kugelfunkenstrecken in Luft. — Die Kugelfunkenstrecke wird als Meßgerät für hohe Scheitelspannungen außerhalb des vom VDE genormten Bereiches der Schlagweite meist auf Grund einer von Peek aufgestellten Rechnungsformel

$$U_d = 27{,}7 \left(1 + \frac{0{,}757}{\sqrt{\delta D}}\right) \delta D \frac{s}{D} \frac{1}{f} \; [\mathrm{kV_{max}}]$$

benutzt. Darin ist U_d die Durchbruchspannung, D der Kugeldurchmesser, s die Schlagweite in cm, δ die auf den Grundzustand 760 mm Hg und 20 ° bezogene Luftdichte; der Umrechnungswert f, der nur vom Verhältnis s/D abhängt, ist für symmetrische Spannungsverteilung an den Kugeln aus theoretischen Berechnungen, für den hier behandelten Fall einseitiger Erdung (f_0) auf Grund von Messungen an Kugeln von 0,32 ... 5 cm Dmr. ermittelt. Im Hochspannungslaboratorium der T. H. Berlin wurden Kugelpaare mit den Durchmessern 5, 10, 15, 25 und 50 cm bis zur Schlagweite $s = 2D$ bei Erdung eines Poles der Spannungsquelle unter Verwendung eines Scheitelwert-Meßgerätes der Firma E. Haefely und Co., Basel[1], geeicht. Die Fehlermöglichkeiten, die zu einer Fälschung der Angaben des Meßgerätes führen könnten, wurden durch geeignete Anordnung ausgeschlossen. Die Kurvenform wurde durch oszillographische Aufnahme der Oberspannung mittels Widerstandsspannungsteilung und Röhrenverstärkers nachgeprüft und hinreichend sauber befunden. Die Frequenz betrug stets genau 50 Hz. Die Kugeln wurden zum Versuch mit feinstem Schmirgelpapier und Lederlappen poliert. Die Spannungssteigerung erfolgte im oberen Gebiet mit etwa ½ % in der Sekunde. Der Aufbau der Kugeln entsprach den Vorschriften des VDE. Die Streuung der einzelnen Ablesungen betrug meist weniger als 2 % (abgesehen von den ersten Überschlägen der Versuchsreihen, die zunächst unregelmäßige, tiefere Werte ergaben); bei den 25 cm-Kugeln stellten sich im mittleren Bereiche größere, bisher nicht geklärte Abweichungen heraus. Vorentladungen wurden nur an den Kugeln von 5, 10 und 15 cm Dmr. etwa von $s = 1{,}2D$ ab beobachtet.

Aus den Meßergebnissen wurden die zugehörigen größten Feldstärken errechnet; die ausgeglichene Kurve dieser Feldstärken diente wiederum zur Bestimmung der Mittelwerte der Durchbruchspannungen, die in Zahlentafel 1 wiedergegeben sind.

Die gefundenen Mittelwerte zeigen im genormten Bereiche der Schlagweite fast überall sehr gute Übereinstimmung mit den (auf Eichmessungen zurückgehenden) Angaben der VDE-Regeln (VDE 365). Bei den großen Schlagweiten treten jedoch z. T. beträchtliche Unterschiede gegenüber der gebräuchlichen Rechnungsformel auf. Insbesondere liegen die Durchbruchspannungen der Kugeln von 25 und 50 cm Dmr. wesentlich unter den Werten der Formel.

Ein zusammenfassender Überblick über die bisherigen Berechnungen und Messungen an Kugelfunkenstrecken bei Erdung eines Spannungspoles zeigt, daß die vorliegenden Ergebnisse mit früheren Eichmessungen nicht in Widerspruch stehen sondern lediglich die rechnungsmäßige Erweiterung der für den durch Messungen erfaßten Bereich aufgestellten Formel auf größere Schlagweiten in Frage stellen. Außerhalb des bereits genormten Bereiches können Kugelfunkenstrecken als Meßanordnungen für Hochspannung an sich benutzt werden, solange keine Vorentladungen dem Durchschlag vorangehen; eine Verwendung

[1] Vgl. Stoerk, ETZ 1929, S. 95.

Zahlentafel 1. Durchbruchspannungen zwischen gleichen Kugeln bei Erdung eines Poles der Spannungsquelle; Scheitelwerte in kV bei 760 mm und 20°.

Kugeldurchmesser in cm	5	10	15	25	50
Kugelabstand in cm					
2	56,7	60,1	60,5	59,4	—
3	74,0	84,1	87,1	87,5	—
4	86,9	104,8	111,7	114,7	—
5	96,1	122,1	132,2	139,3	137,5
6	103,5	136,4	152,0	163,8	163,7
7	109,1	149,1	168,8	185,9	190,4
8	113,2	159,6	183,3	206,1	216,1
9	116,6	168,3	195,8	226,0	240,9
10	118,7	175,8	207,4	243,7	265,3
12	122,1	188,0	227,6	275,4	314,6
14	—	198,2	242,1	301,5	356,0
16	—	206,5	255,3	325,3	396,2
18	—	213,3	265,8	346,0	434,0
20	—	218,4	274,8	365,3	467,5
25	—	—	293,6	398,0	536,0
30	—	—	305,7	423,5	588,0
35	—	—	—	440,0	630,0
40	—	—	—	453,5	668,0
45	—	—	—	463,0	695,0
50	—	—	—	471,0	716,0
60	—	—	—	—	752,0
70	—	—	—	—	777,0
80	—	—	—	—	796,0
90	—	—	—	—	812,0
100	—	—	—	—	822,0

in diesem Bereiche muß sich jedoch auf Eichmessungen stützen. (C. Stoerk u. W. Holzer, Z. Techn. Phys. Bd. 10, S. 317.) *Stk.*

Werkstatt und Baustoffe.

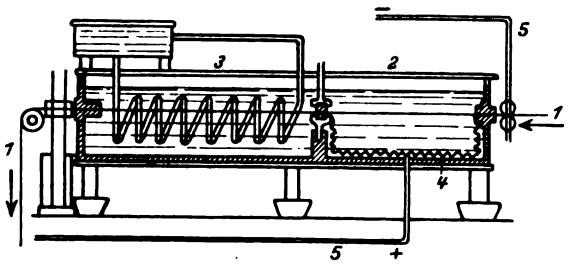
Erhitzung von Metallen im elektrolytischen Bad. — Eine in der Physik seit langem bekannte Erscheinung ist von P. Hoho für die Technik nutzbar gemacht worden: die Erhitzung von Metallen, die als Kathode in irgendeinen Elektrolyten getaucht sind, bei Stromdurchgang. Mit Steigerung der anliegenden Spannung folgt der normalen elektrolytischen Zersetzung ein instabiler Zustand mit stark schwankender Stromstärke und Funken zwischen Metall und Flüssigkeit. Bei weiterer Spannungsteigerung (praktisch werden 200 ... 500 V verwendet) sinkt der Strom auf einen niederen, konstant bleibenden Wert und um das Metall bildet sich eine leuchtende Hülle, in der vornehmlich naszierender Wasserstoff und der positive Teil des gelösten Salzes vorhanden sind. Es tritt zuerst eine Reinigung der Metalloberfläche durch die reduzierende Wirkung des Wasserstoffes ein, dann folgt starke Erhitzung und schließlich Schmelzen des Metalles. Mit Erhöhung der Spannung nimmt die Erwärmung zu. Bei 200 V kann eine 1 cm starke Rundstange in einer 8prozentigen Lösung von kohlensaurem Kali in knapp 2 min zum Schmelzen gebracht werden. Die Stromdichte beträgt dabei rd. 3 A/cm². Die Erwärmung kann durch Verwendung von Isolatoren recht einfach auf bestimmte Teile des eingetauchten Körpers beschränkt werden. So genügt bei Stäben das Überschieben eines im Durchmesser etwas weiteren Porzellanrohres; andernfalls werden Isolierplatten in das Bad eingebracht, die als Schild vor den Körper gestellt oder auch zur Begrenzung des Strompfades in der Flüssigkeit benutzt werden. Durch geeignete Anbringung von Isolatoren läßt sich auch verhindern, daß vorspringende Kanten und Ecken zu schnell erhitzt werden.

Für die praktische Verwendung wichtig sind einmal die glättende und reinigende Wirkung, dann die Möglichkeit der Beschränkung der Erwärmung auf einzelne Stellen, die leichte Regelungsmöglichkeit (Ändern der Spannung, Isolatoren), die plötzliche Abkühlung (Abschrecken) durch Ausschalten des Stromes. Es ergeben sich recht vielseitige Anwendungsmöglichkeiten, z. B. für Härten, Tempern und Schweißen; bei geeigneter Wahl des Bades kann dem Warmprozeß eine galvanotechnische Behandlung vorausgehen.

Der Verfasser gibt Anweisungen für die Wahl der Spannung, die Zusammensetzung und Temperatur der Bäder, wobei weitgehende Freizügigkeit besteht, und nennt schließlich eine Reihe bereits erprobter Anwendungen. So zeigt Abb. 8 eine Vorrichtung für die Warmbehandlung fertigverseilten Litzendrahtes. Die Litze tritt von rechts in das Bad ein und wird darin je nach Badspannung, Drahtoberfläche und Transportgeschwindigkeit erhitzt; durch eine Trennwand gelangt sie dann in ein zweites, auf konstanter Temperatur gehaltenes, nicht

Digitized by Google

stromdurchflossenes Bad, an dessen linker Wand der Austritt liegt. Weitere bildlich erläuterte Beispiele betreffen z. B. die Behandlung von Schmiedeteilen, die Teilhärtung von Wellen und die Oberflächenhärtung von Stahl (z. B. Schienen). Der Verfasser deutet noch eine weitere Möglichkeit an, daß man nämlich einen saugfähigen, hitzebeständigen Isolator (etwa Asbest) mit Elektrolyt



1 Litzendraht (Kathode) 3 Härtebad
2 elektrolyt. Bad 4 Anodenblech
5 Stromzuführungen

Abb. 8. Anordnung zur Warmbehandlung von Litzendraht.

tränken, auf einer Seite eine metallische Anode anpressen und mit der anderen die Oberfläche des mit dem Minuspol verbundenen Werkstückes berühren kann. Die Versuche mit derartigen Anordnungen sind noch im Gange. (P. Hoho, El. Review London, Bd. 104, S. 185 u. 229.) *Wi.*

Magnetische Legierungen aus Eisen, Nickel und Kobalt[1]. — G. W. Elmen gibt eine eingehende Zusammenfassung der ausgedehnten Untersuchungen, die in den letzten Jahren über die möglichen Variationen der Legierungen des Tripels Eisen, Nickel und Kobalt angestellt wurden und zur Entdeckung neuer Materialien von sehr bemerkenswerten magnetischen Eigenschaften geführt haben. In räumlichen Darstellungen mit dem Kompositionsdreieck als Basis werden die Anfangspermeabilitäten für vergütete und gehärtete Legierungen gegeben. Der Bericht behandelt besonders ausführlich die vergüteten Materialien. Eine Reihe von Raumdarstellungen gibt ihre Hysteresisverluste, die Induktionen für $H = 50$ cgs und $H = 1500$ cgs, die Maximalpermeabilitäten und die Widerstände für die verschiedenen, möglichen Legierungen (Abb. 9). Die Vergütungsmaßnahmen werden genau beschrieben.

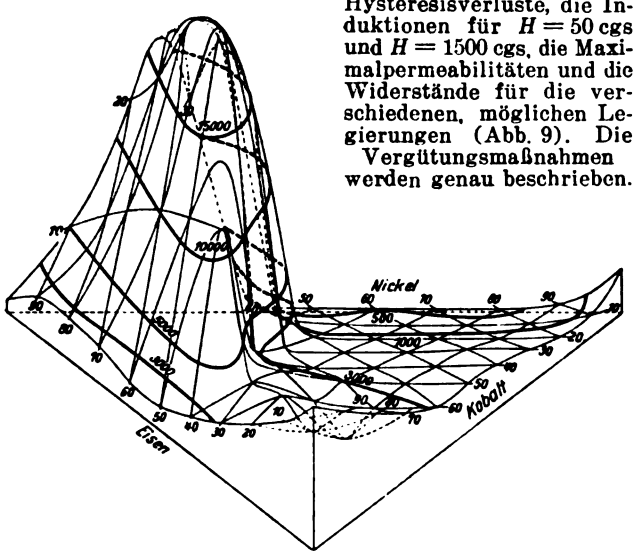


Abb. 9. Hysteresisverluste in erg/cm³ für 1 Per., bei einer Maximalfläche von 5000 Gauß.

Die beiden Legierungsgruppen von besonders großer wissenschaftlicher und technischer Wichtigkeit, Permalloy und Perminvar, werden herausgeschält und eingehend nach ihren magnetischen Eigenschaften und Vorbehandlungen besprochen. Die Permalloy-Gruppe umfaßt die Nickel-Eisen-Legierungen von mehr als 30 % Nickel, die sich durch eine hohe Permeabilität bei kleinen Magnetisierungsintensitäten auszeichnen. Auch kleine Beimengungen anderer chemischer Elemente wie Molybdän liefern Legierungen von den Eigenschaften des Permalloy. Die Perminvar-Gruppe aus den drei Komponenten Nickel, Kobalt, Eisen umfaßt die Legierungen mit konstanter Permeabilität und extrem kleinen Hysteresisverlusten bei niederen Feldstärken. Diese Legierungsgruppe wurde bereits in einem früheren Bericht ausführlich behandelt[1]. In derselben eingehenden Weise wird in der neuen Arbeit die Permalloy-Gruppe nachgeholt. Ihre magnetischen Eigenschaften werden auf Grund der im früheren Bericht gegebenen Theorie zu erklären versucht. Einige praktische Anwendungsbeispiele für Permalloy beschließen die schöne Arbeit. (G. W. Elmen, The Bell Syst. Techn. Journ. 1929, S. 435.) *Krz.*

[1] Vgl. hierzu Journ. of the Franklin Inst. Bd. 207 u. ETZ 1929, S. 1128.

Verschiedenes.

Neue Normblätter des DNA. — Gewinde: DIN 11, Beiblatt 1 bis 12, Whitworth-Gewinde, Toleranzen. — 13 und 14 Beiblatt 1 bis 12, Metrisches Gewinde, Toleranzen.

Die Reichsbahn führt die 0,8 d hohe Mutter ein. — Die deutsche Industrie ist nach sehr eingehenden Untersuchungen dazu übergegangen, die 1 d hohen Muttern nach DIN 70, 89 und 428 durch die 0,8 d hohen Muttern nach DIN 934 und 555 zu ersetzen, da die niedrigeren Muttern hinsichtlich Beanspruchung vollauf genügen[2]. Außerdem konnten nach Einführung dieser Normen die 0,7 d hohen Muttern DIN 419 und 429, die als Gegenmuttern Verwendung fanden, eingezogen werden. In Zukunft werden also zwei gleiche 0,8 d hohe Muttern für Sicherungszwecke verwendet. Gemäß Verfügung der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft, Hauptverwaltung, werden bei der Reichsbahn nunmehr ebenfalls die 0,8 d hohen DIN-Muttern eingeführt. *DNA*

Handelsschiff-Normen-Ausschuß. — Der bisherige Handelsschiff-Normen-Ausschuß (HNA), Hamburg, führt jetzt die Bezeichnung Handelsschiff-Normen-Ausschuß (HNA) DINORM, Berlin. Die Übersiedlung nach Berlin ist inzwischen erfolgt. Der jetzige Geschäftsführer, Ing. Hans Niltropp, hat bereits am 1. III. d. J. die Geschäfte übernommen. Die Normblätter und sonstigen Druckschriften des HNA sind nur noch durch die Beuth-Verlag G. m. b. H., Berlin, erhältlich. *of*

Jahresversammlungen, Kongresse, Ausstellungen.

Vom Haus der Elektrotechnik. — Wie schon früher, bleibt das Haus der Elektrotechnik während der diesjährigen Herbstmesse geschlossen. Dagegen wird die Ausstellung für die Frühjahrsmesse 1931 wieder in umfassendster Weise vorbereitet, so daß der Besucher ein lückenloses Bild der Erzeugnisse der Elektrotechnik, besonders der neuesten Konstruktionen, erhält.

Ein Direktorium des Leipziger Meßamts. — Der bisherige Vorstand des Meßamts ist in ein Direktorium umgewandelt worden. Zu seinem Vorsitzenden wurde Dr. Raimund Köhler, zu Mitgliedern Direktor Konsul Dr. Brauer und Direktor Paul Voß vom Verwaltungsrat des Leipziger Meßamts ernannt.

Elektrizitäts-Ausstellung in Dordrecht. — Nach Mitteilung des Deutschen Ausstellungs- und Messe-Amtes ist die in Dordrecht geplante Elektrizitäts-Ausstellung, eine kleine, rein lokale Veranstaltung, auf das Jahr 1931, u. zw. frühestens auf den März, verschoben worden.

2. Internationale Ausstellung für Radio und Luftchemie Bukarest 1930. — Die Liga Apararii Nationale in Bukarest, III. Piateta Romana, veranstaltet vom 7. bis 28. IX. wiederum eine internationale Ausstellung für Radio und Luftchemie, bei der diesmal besonderer Wert auf die Vorführung von für militärische Zwecke in Betracht kommenden Apparaten gelegt wird. Gezeigt werden sollen u. a. Telegraphie und drahtlose Telegraphie, Television in den verschiedensten Anwendungen, Militärapparate strategischen und taktischen Charakters, Aufnahmeapparate usw.

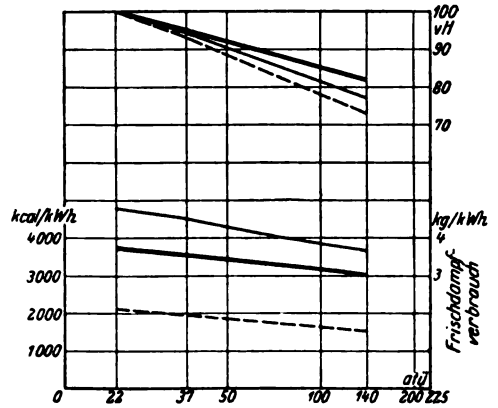
Energiewirtschaft.

Der wirtschaftlichste Dampfdruck. — P. Gilli, Wien-Floridsdorf, hat im Arch. Wärmewirtsch.[3] diese schon oft behandelte Frage unter Berücksichtigung der bisherigen Untersuchungen wieder erörtert, wobei es ihm aber gelungen ist, neue Gesichtspunkte für die Wirtschaftlichkeit der Drucksteigerung in Dampfanlagen jeder Art zu gewin-

[1] Wie Fußnote 1 linke Spalte.
[2] Vgl. ETZ 1927, S. 213. — Berndt, Maschinenbau Bd. 8, H. 8 (1929).
[3] Bd. 11, 1930, S. 99.

Digitized by Google

nen. Er zeigt zunächst, daß die übliche Ansicht, die theoretischen Wirkungsgrade von Dampfanlagen nähmen mit steigendem Dampfdruck immer langsamer zu, ein Irrtum sei, der sich nur daraus erklärt, daß man die Wirkungsgrade über einer linearen Druckeinteilung aufzutragen pflegt. Trägt man dagegen die Wirkungsgrade über einer geometrischen Druckeinteilung auf, wie es den technischen Verhältnissen und den Anlagekosten der Drucksteigerung entspricht, so steigt der Wirkungsgrad der verlustlosen Maschine geradlinig bis zu einem Höchstwert, der etwa bei 130 at abs. liegt. Allerdings muß man auch diesen Verlauf der Wirkungsgrade berichtigen, weil sie sich auf gleiche Anfangstemperaturen beziehen und infolgedessen, je höher die Drücke steigen, desto weniger Arbeit des Dampfes im Gebiete der Überhitzung geleistet wird. Man muß daher von dem Teil der Dampfarbeit, der im Gebiete des Naßdampfes geleistet wird, wenigstens 15 % Verluste abziehen.



Wärmeverbrauch, bezogen auf 1 kWh;
Frischdampfverbrauch, bezogen auf 1 kWh;
durch Kühlwasser abgeführte Wärmemenge, bezogen auf 1 kWh.

Abb. 10. Ersparnisse durch Drucksteigerung gegenüber 22 atü.

Dadurch verschlechtert sich aber der theoretische Wirkungsgrad mit steigendem Druck immer stärker, so daß der Vorteil der Drucksteigerung bald verschwindet. Erst wenn man mit steigendem Druck auch die Dampftemperatur erhöht, kommt die Zunahme des theoretischen Wirkungsgrades wieder voll zur Geltung. An der Hand von Bildern des Wärmeverlaufs wird dann gezeigt, daß für solche Anlagen der Kohlenverbrauch und namentlich auch die vom Kühlwasser abgeführte Wärme mit steigendem Druck fast geradlinig bis zu Anlagen mit 140 at Anfangsdruck abnehmen (Abb. 10).

Diese Brennstoffersparnis durch Drucksteigerung wird durch die Größe der Anlage nur unwesentlich beeinflußt. Sinkt z. B. in einer Dampfturbinenanlage der Wirkungsgrad der Hochdruckstufe selbst auf 65 %, so vermindert sich die durch die Drucksteigerung von 22 auf 140 at erzielbare Brennstoffersparnis nur von 18 auf 17 %. Bei mittelgroßen Anlagen gleicht der erhöhte Wirkungsgrad der vorgeschalteten Kolbenmaschine den verminderten Wirkungsgrad der Niederdruckturbine mehr als aus, so daß die Brennstoffersparnis höher wird. Bei Kleinanlagen mit Verbundkolbenmaschinen übernimmt der Hochdruckzylinder einen mit zunehmendem Druck immer größer werdenden Anteil der gesamten Leistung, so daß die Ersparnis immer größer als bei Turbinenanlagen wird.

Vergleicht man Anlagen von gleicher Gesamtleistung hinsichtlich der Änderung der Anlagekosten bei steigenden Drücken, so kostet die Anlage von 140 at um 11,5 % mehr als die Anlage für 22 at, wenn man nur die Mehrkosten der Kessel berücksichtigt und annimmt, daß die Kosten der übrigen Anlage unverändert bleiben. Bezieht man aber den Vergleich auf Anlagen von gleicher stündlicher Verdampfleistung, so kostet 1 kW Mehrleistung bei der Anlage für 140 at bedeutend weniger als 1 kW Mehrleistung bei der 22 at-Anlage. Auf die Gesamtkosten der Anlage bezogen, ergibt sich dann, daß in der 140 at-Anlage 1 kW mit einem um 2 % geringeren Bauaufwand erzeugt werden kann als in der 22 at-Anlage. Berücksichtigt man noch, daß eine Anlage mit 130 at Anfangsdruck bei 485° Anfangstemperatur des Dampfes mit der gleichen Dampfmenge um etwa 6 % mehr leisten kann als die gleiche Anlage bei 400° Anfangstemperatur, so ergibt sich, daß man durch Steigern der Anfangstemperatur sogar in den Anlagekosten für 1 kW Ersparnisse gegenüber Anlagen mit mittleren Drücken erzielen kann.

Bemerkenswert ist noch der Hinweis, daß im Gegensatz zu der üblichen Ansicht die Vorteile der Drucksteigerung bei Gegendruckanlagen nicht größer als bei Kondensationsanlagen sind. Eine Anlage von 37 at Anfangsdruck und 37 t stündlicher Dampfleistung kann bei Kondensationsbetrieb etwa 8000 kW leisten. Erhöht man den Anfangsdruck auf 140 at, so genügt für die gleiche Leistung eine Anlage mit 30 t stündlicher Verdampfung, was einer Ersparnis von 75 000 RM in den Baukosten entspricht.

Bei Gegendruckbetrieb kann die Anlage von 37 at Anfangsdruck und 37 t stündlicher Verdampfung 30 t Dampf stündlich mit 3 at für Heizzwecke abgeben, während der Rest im Kondensator niedergeschlagen wird. Bei Betrieb mit 140 at Anfangsdruck kann man jedoch die gleiche Leistung in Kilowatt aus einer stündlichen Dampfmenge von 30 t erzielen, die mit 3 at Überdruck in das Heizrohrnetz strömt; also kann man den Teil des Dampfes sparen, der noch weiter expandiert und im Kondensator niedergeschlagen werden muß. Man erhält daher die gleiche Kraft und die gleiche Heizleistung mit dem geringeren Aufwand an Dampf und dementsprechend geringeren Aufwand an Baukosten.

Dieser Vergleich zeigt, daß die Vorteile der Drucksteigung bei Gegendruckanlagen nicht größer sind als bei Kondensationsanlagen. *Hr.*

VEREINSNACHRICHTEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 1 Kurfürst Nr. 5862—64.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 218 12.

Bekanntmachung.

In der auf Seite 1020 zum Abdruck gebrachten Übersicht über die Beschlüsse der an Stelle der diesjährigen Jahresversammlung abgehaltenen Ausschußsitzung vom 15. Juni 1930 ist der in Aussicht genommene Termin für die Inkraftsetzung der

Regeln für Wandler R. E. W.

mit dem 1. Januar 1931 unrichtig wiedergegeben. Die genannten Bestimmungen werden erst

mit dem 1. Januar 1932

Gültigkeit erlangen.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

Bekanntmachung.

Kommission für Koch- und Heizgeräte.

Die Kommission hat Entwürfe aufgestellt zu

Vorschriften für handbetätigte Schalter für Elektrowärmegeräte,
Leitsätze für Temperaturregler und
Leitsätze für Temperaturbegrenzer,

die nachstehend bekanntgegeben werden. Die Entwürfe sollen der Jahresversammlung 1931 zur Beschlußfassung vorgelegt werden.

Einsprüche sind in zweifacher Ausfertigung bis zum 1. Oktober 1930 an die Geschäftstelle zu richten.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

Digitized by Google

Entwurf 1.

Vorschriften für handbetätigte Schalter für Elektrowärmegeräte.

Inhaltsübersicht.

I. Gültigkeit.

§ 1. Geltungsbeginn.
§ 2. Geltungsbereich.

II. Bestimmungen.

A. Bau.

§ 3. Schalterbezeichnungen.
§ 4. Spannung.
§ 5. Stromstärke.
§ 6. Schaltstellung.
§ 7. Zugentlastung. Verdrehungsschutz.
§ 8. Isolierteile.
§ 9. Abdeckungen. Trennwände. Einführungsöffnungen. Anschlußstellen.
§ 10. Kriech- und Luftstrecken.
§ 11. Leitungsanschlüsse.
§ 12. Schrauben. Buchsen.
§ 13. Berührungsschutz.
§ 14. Momentschaltung.
§ 15. Bedienungsteile.
§ 16. Erwärmung.
§ 17. Halbautomatische Schalter.
§ 18. Aufschriften.

B. Prüfung.

§ 19. Spannungsabfall.
§ 20. Spannungs- und Isolationsprüfung.
§ 21. Überlastung.
§ 22. Mechanische Haltbarkeit.
§ 23. Mechanische Festigkeit der Abdeckungen.
§ 24. Wärmesicherheit der Isolierteile.

I. Gültigkeit.

§ 1.

Geltungsbeginn.

Die Vorschriften sind gültig ab 1. Januar 1932.

§ 2.

Geltungsbereich.

a) Die Vorschriften gelten für handbetätigte ein- und mehrpolige Ausschalter sowie für Um- und Regelschalter an Elektrowärmegeräten.

b) Es werden unterschieden in bezug auf die Anbringung:

1. am Gerät an- und im Gerät eingebaute Schalter,
2. Schnurschalter (in bewegliche Leitungen eingebaute Schalter),
3. Schalter in oder an Gerätesteckdosen.

c) Es werden unterschieden in bezug auf die Erwärmung:

1. Schalter, die betriebsmäßig für keine höhere Übertemperatur als 40° bei 20° Raumtemperatur verwendet werden,
2. Schalter, die betriebsmäßig für Übertemperaturen von mehr als 40° bei 20° Raumtemperatur verwendet werden.

Diese Schalter werden durch (T) gekennzeichnet.

II. Bestimmungen.

A. Bau.

§ 3.

Schalterbezeichnungen.

a) Die Schalter werden nach DIN VDE 9290 (Blatt 1 und 2) bezeichnet:

Ausschalter		Umschalter	
1-polig	Ausschalter 1	Gruppenschalter	Umschalter 4
2-polig	„ 2	Serienschalter	„ 5
3-polig	„ 3	Wechselschalter	„ 6
		Kreuzschalter	„ 7

Regelschalter: 1-polig Regelschalter 8
2-polig Regelschalter 9.

§ 4.

Spannung.

a) Normale Nennspannungen sind:

24, 42, 125, 250, 380, 500 V.

b) Schnurschalter für Spannungen über 250 V sind unzulässig.

c) Schalter in oder an Gerätesteckdosen müssen für 250 V gebaut sein.

§ 5.

Stromstärke.

a) Normale Nennstromstärken sind:

0,25, 1, 2, 4, 6, 10, 15, (20), 25, 60 A.

b) Schnurschalter über 10 A sind unzulässig.

c) Schalter in oder an Gerätesteckdosen müssen für 10 A gebaut sein.

§ 6.

Schaltstellung.

a) Einschalt-, Ausschalt- und Regelstellungen müssen auf der Abdeckung durch Worte, Zahlen oder Zeichen gekennzeichnet sein. Bei Anwendung von Zahlen muß für die Kennzeichnung der Regelstellungen der höheren Aufnahme die höhere Zahl und der Ausschaltstellung die Zahl 0 entsprechen.

b) Die Übereinstimmung der äußeren Kennzeichnung der Schaltstellung des Betätigungsorgans mit der Stellung des Schaltmechanismus muß gewährleistet sein.

§ 7.

Zugentlastung. Verdrehungsschutz.

a) Schnurschalter müssen so gebaut sein, daß die Anschlußstellen der Leitungen von Zug entlastet, die Leitungsumhüllung gegen Abstreifen und die Leitungsadern gegen Verdrehen gesichert werden.

b) Die Art der Ausführung der Zugentlastung muß leicht erkennbar sein. Nicht zulässig ist das Verknoten der Leitung und das Festbinden der Leitung mit einer Schnur. Scharfe Kanten an den Einführungsstellen der Leitungen in den Schnurschalter müssen vermieden sein.

§ 8.

Isolierteile.

a) Spannung führende Teile müssen auf ausreichend feuer-, wärme- und feuchtigkeitsicheren Isolierteilen von genügender mechanischer Festigkeit angebracht sein.

b) Vergußmassen müssen feuchtigkeitsicher und ausreichend wärmesicher sein.

§ 9.

Abdeckungen. Trennwände. Einführungsöffnungen, Anschlußstellen.

a) Abdeckungen, Trennwände u. dgl. müssen mechanisch widerstandsfähig, zuverlässig befestigt, wärmesicher und, wenn sie mit Spannung führenden Teilen in Berührung stehen, auch ausreichend feuchtigkeitsicher sein. Solche aus Isolierstoff, die im Gebrauch mit einem Lichtbogen in Berührung kommen können, müssen auch ausreichend feuersicher sein.

b) Einführungsöffnungen für Leitungen müssen so ausgebildet sein, daß die Schutzumhüllungen der Leitungen mit eingeführt werden können.

c) Anschlußstellen für Leitungen müssen so angeordnet sein, daß bei ordnungsmäßigem Anschluß Körper- oder Kurzschlußgefahr nicht zu befürchten ist.

d) Der Raum für anzuschließende Leitungen muß reichlich bemessen sein.

§ 10.

Kriech- und Luftstrecken.

a) Nachstehend angegebene Kriech- und Luftstrecken dürfen nicht unterschritten werden:

Nennspannung	bis 380	500 V (gilt auch für 550 V)
Kriechstrecke	3	5 mm
kürzeste Luftstrecke zwischen Teilen verschiedener Polarität	2	3 mm
kürzeste Luftstrecke zwischen Spannung führenden Teilen und nicht isolierten Gehäuseteilen oder der Wand . . .	6	10 mm.

Bei Verwendung von Vergußmassen muß der Mindestabstand Spannung führender Teile von der Wand bzw. vom Gehäuse bis 380 V 3 mm und bei 500 V 5 mm sein, wobei die Schichtdicke der Vergußmassen mindestens 2 mm betragen muß.

§ 11.

Leitungsanschlüsse.

a) Die Leitungsdrähte müssen durch Verschraubung an den Schaltern befestigt werden können.

§ 12.

Schrauben. Buchsen.

a) Schrauben, die Kontakte vermitteln, müssen metallenes Muttergewinde haben. Die Verbindung Strom führender Teile muß so ausgeführt sein, daß sie sich durch die betriebsmäßige Erwärmung, die Veränderung von

Digitized by Google

Isolierstoffen sowie durch die betriebsmäßigen Erschütterungen nicht lockern.

b) Für Kontaktbuchsen gelten die Mindestabmessungen der nachstehenden Tafel:

Nennstromstärke A	Gewindedurchmesser der Anschlußschraube	Durchmesser der Buchsenbohrung mm	Länge des Gewindes an der Buchse mm	Gewindelänge der Schraube mm
bis 6	M 2,6	2,6	1,8	4,5
„ 10	M 3	3	2	5
„ 25	M 4	4	3	7

(Für die Ausführung von Anschlußbolzen und Kopfkontaktschrauben nach DIN VDE 6200 und 6206 sollen die in den Normblättern enthaltenen Angaben eingehalten werden.)

§ 13.

Berührungsschutz.

a) Alle Metallteile des Mechanismus müssen gegen die Spannung führenden Teile isoliert sein, sofern nicht die Betätigungsvorrichtung aus Isolierstoff besteht und bei Schadhaftwerden dieser Betätigungsvorrichtung eine Berührung der Teile des Mechanismus nicht möglich ist.

b) Bei Schaltern in nicht geerdeten Metallgehäusen sowie bei eingebauten Schaltern an nicht geerdeten Geräten müssen die zum Schaltmechanismus gehörenden Metallteile gegen alle der Berührung zugänglichen Metallteile isoliert sein.

c) Der Berührung zugängliche Gehäuse und Abdeckungen müssen, wenn sie nicht für Erdung eingerichtet oder in anderer Weise gegen die Annahme gefährlicher Spannungen geschützt sind, aus Isolierstoff bestehen oder mit einer haltbaren Isolierschicht ausgekleidet oder umkleidet sein. Die Isolierschicht muß den Bestimmungen der §§ 27, 28 und 96 der „Vorschriften, Regeln und Normen für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial bis 750 V Nennspannung K.P.I." entsprechen.

Lackierung und Emaillierung von Metallteilen allein gilt nicht als Isolierung im Sinne des Berührungsschutzes.

§ 14.

Momentschaltung.

a) Die Kontakte von Schaltern müssen Schleifkontakte sein.

b) Handbetätigte Schalter müssen Momentschalter sein. Für dreipolige Schalter für Drehstrom sowie für Schalter an ausschließlich für Wechselstrom bestimmten Geräten gilt eine gesicherte Schaltstellung als ausreichend. Beim Drehen des Schaltsterns der Drehstromschalter um weniger als 30° muß der Schaltstern selbsttätig in die Ursprungslage zurückgehen.

Momentschaltung ist vorhanden, wenn bei ordnungsmäßiger, auch langsamer Handhabung des Betätigungsorgans der Schaltstern von einer Schaltstellung in die andere springt.

§ 15.

Bedienungsteile.

a) Betätigungsorgane müssen aus Isolierstoff bestehen und so befestigt sein, daß sie nicht ohne Werkzeug, auch nicht durch Rückwärtsdrehen, gelockert oder entfernt werden können, oder müssen durch die Eigentümlichkeit ihrer Bauart Gewähr gegen unbeabsichtigte Entfernung bieten.

b) Befestigungschrauben der Befestigungsorgane müssen der zufälligen Berührung entzogen sein.

§ 16.

Erwärmung.

a) Schalter mit ⊤ -Zeichen müssen eine Grenztemperatur von 100° bei 20° Raumtemperatur aushalten.

§ 17.

Halbautomatische Schalter.

a) Halbautomatische Schalter, die durch Fingerdruck, Gewichtsbelastung oder Lagenänderung im Einschalt- oder Ausschaltzustand gehalten werden, müssen sinngemäß den Vorschriften für Schalter an Elektrowärmegeräten sowie den Leitsätzen für Temperaturregler und Temperaturbegrenzer entsprechen.

§ 18.

Aufschriften.

a) Die Aufschriften müssen dauerhaft und gut leserlich ausgeführt sein.

b) Die Aufschriften müssen umfassen:
Nennspannung in V,
Nennstromstärke in A,
Stromart (wenn nur für eine Stromart verwendbar),
Ursprungzeichen,
Kennzeichnung durch Ⓣ, falls die Schalter betriebsmäßig für Übertemperaturen von mehr als 40° bei 20° Raumtemperatur verwendbar sein sollen.

c) Nennspannung, Nennstrom und Ursprungzeichen müssen auf dem Hauptteil des Schalters verzeichnet sein. Auf Schalterkappen sind diese Bezeichnungen unzulässig.

d) Bei Umschaltern und mehrpoligen Ausschaltern müssen die Netzanschlüsse durch „P" gekennzeichnet sein.

(Für die Kennzeichnung der Anschlüsse an Regelschaltern folgen Bestimmungen.)

B. Prüfung.

§ 19.

Spannungsabfall.

a) Schalter ohne Ⓣ-Zeichen werden nach 10-maligem stromlosen Schalten mit dem 1,25-fachen Nennstrom, jedoch mindestens mit 0,5 A belastet. Hierbei darf der Schalter bei geschlossenem Gehäuse bei einer Raumtemperatur von ungefähr 20° keine solche Temperatur annehmen, daß eine vor dem Versuch angedrückte Kugel reinen Bienenwachses von etwa 3 mm ∅ nach Beendigung des Versuches geschmolzen ist. Die Prüfung kann mit Gleich- und Wechselstrom vorgenommen werden.

Bei Schaltern bis 6 A kann an Stelle der Bienenwachsprobe eine Messung des Spannungsabfalles vorgenommen werden. Hierbei darf der Spannungsabfall nicht größer als 50 mV für jeden Schaltkontakt sein.

b) Bei Schaltern mit ⊤ -Zeichen ist diese Prüfung nach 2-stündigem Liegen bei 120° in einem Prüfgerät nach Abb. 25 der K.P.I. im wiedererkalteten Zustande vorzunehmen.

§ 20.

Spannungs- und Isolationsprüfung.

a) Die Spannungsprüfung ist sinngemäß nach § 23 a) der K.P.I. vorzunehmen. Als geringste Prüfspannung für Schalter bis 250 V gilt 1500 V Wechselspannung.

b) Der Isolationswiderstand der Schalter wird nach Behandlung der Prüflinge nach § 95 (Stufe 1) der K.P.I. zwischen den Befestigungschrauben und den Anschlußklemmen, zwischen den Anschlußklemmen sowie zwischen den Anschlußklemmen und der Achse festgestellt. Der Widerstand darf bei einer Gleichspannung von 500 V nicht weniger als 2 MΩ sein.

§ 21.

Überlastung.

I. Schalter ohne Ⓣ-Zeichen sind mit Gleichstrom bzw. der gekennzeichneten Stromart zu prüfen.

a) Ausschalter 1, 2 und 3 müssen bis 250 V mit der Nennspannung — bei 380 und 500 V mit 1,1-facher Nennspannung — und mit dem 1,25-fachen Nennstrom induktionsfrei belastet, im Gebrauchszustand und in der Gebrauchslage während 15 min die nachstehend verzeichnete Zahl von Stromunterbrechungen aushalten, ohne daß sich ein dauernder Lichtbogen bildet.

Größe des Schalters	bis 10	25	60 A.
Zahl der Unterbrechungen	300	200	100.

Die Schaltung bei der Prüfung ist für Ausschalter 1 nach Schaltungsplan Abb. 1, für Ausschalter 2 nach Schaltungsplan Abb. 2, für Ausschalter 3 nach Schaltungsplan Abb. 3 vorzunehmen.

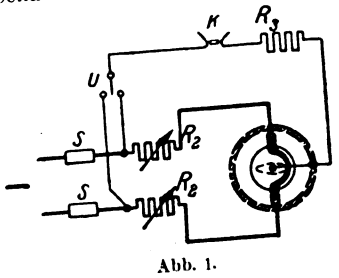


Abb. 1.

Zur Prüfung ist der Schalter durch die eingesetzten Befestigungsschrauben auf einer Metallplatte anzubringen; diese sowie die Schalterachse ist durch den Widerstand R_3 und die Kennsicherung K mit dem Umschalter U zu verbinden. Durch U ist die Schalterachse bzw. das Metallgehäuse während der Hälfte der Schaltungen mit der Zuleitung, während der anderen Hälfte mit der Ableitung zu verbinden.

Digitized by Google

Bei Schaltern in Metallgehäusen tritt dieses an Stelle der Metallplatte.

In den Abbildungen bedeuten:

R_1 induktionsfreie Widerstände zur Verhinderung unmittelbarer Kurzschlüsse. Sie sollen den Kurzschlußstrom auf 550 A begrenzen;

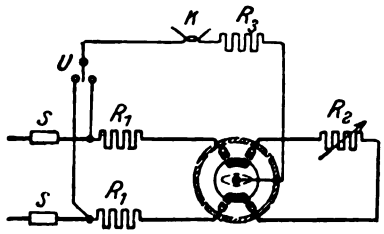


Abb. 2.

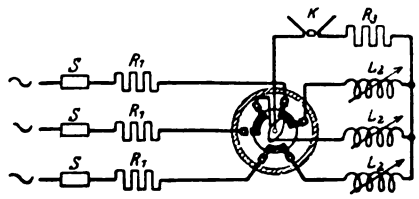


Abb. 3.

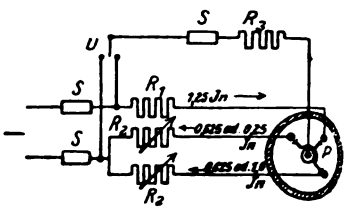


Abb. 4.

R_2 einstellbare Widerstände zur Einstellung des vorgeschriebenen Prüfstromes. Die Widerstände sollen praktisch induktionsfrei sein;

R_3 Widerstände zur Verhinderung eines unmittelbaren Kurzschlusses bei Überschlag nach den Befestigungsschrauben, dem auf der Rückseite freiliegenden Griffträger und dem Gehäuse, wenn dieses aus Metall besteht. Sie sollen die Stromstärke auf einige 100 A begrenzen und den Wert $R_3 = R_2$ haben, also z. B. bei 250 V 0,5 Ω, bei 380 V 0,76 Ω und bei 550 V 1 Ω betragen.

K Kennsicherung, bestehend aus blankem Widerstandsdraht (Rheotan) von 0,1 mm ⌀ und mindestens 30 mm Länge.

S sind Schutzsicherungen für die ganze Prüfanordnung.

und 500 V mit 1,1-facher Nennspannung — und mit dem 1,25-fachen Nennstrom, der auf beide Ableitungen zu verteilen ist, induktionsfrei belastet, im Gebrauchszustand und in der Gebrauchslage während 30 min die nachstehend verzeichneten Stellungswechsel aushalten, ohne daß sich ein dauernder Lichtbogen bildet:

Größe des Regelschalters	bis 10	25	60 A,
Zahl der Stellungswechsel	600	400	200.

Die Hälfte der Stellungswechsel für Stromverteilung 1, die andere Hälfte für Stromverteilung 2.

Stromverteilung 1: Auf der einen Stromableitung Nennstrom I_n auf der anderen Ableitung 0,25 I_n.

Stromverteilung 2: Auf jeder der beiden Stromableitungen 0,625 I_n.

Die Schaltung bei der Prüfung ist für einpolige Regelschalter nach Schaltungsplan Abb. 8 und für 2-polige Regelschalter nach Schaltungsplan Abb. 9 vorzunehmen.

II. Bei Schaltern mit Ⓣ-Zeichen müssen die vorstehenden Prüfungen in einem Wärmekasten nach Abb. 25 der K.P.I. bei 120 ° vorgenommen werden.

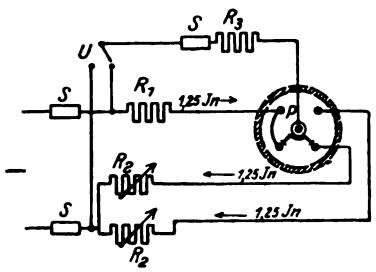


Abb. 5.

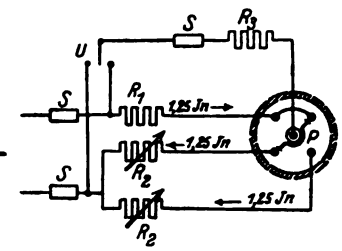


Abb. 6.

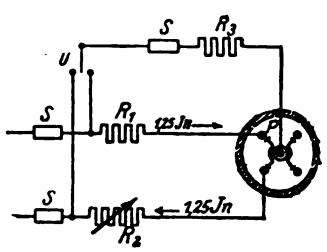


Abb. 7.

b) Der Umschalter 5 (Serienschalter) muß bis 250 V mit der Nennspannung — bei 380 und 500 V mit 1,1-facher Nennspannung — und mit dem 1,25-fachen Nennstrom, der auf beide Ableitungen zu verteilen ist, induktionsfrei belastet, im Gebrauchszustand und in der Gebrauchslage während 30 min die nachstehend verzeichneten Stellungswechsel aushalten, ohne daß sich ein dauernder Lichtbogen bildet:

Größe des Umschalters	bis 10	25	60 A,
Zahl der Stellungswechsel	600	400	200.

Die Hälfte der Stellungswechsel für Stromverteilung 1, die andere Hälfte für Stromverteilung 2.

Stromverteilung 1: Auf der einen Stromableitung Nennstrom I_n, auf der anderen Ableitung 0,25 I_n;

Stromverteilung 2: Auf jeder der beiden Stromableitungen 0,625 I_n.

Die Schaltung bei der Prüfung ist nach Schaltungsplan Abb. 4 vorzunehmen.

c) Umschalter 4, 6 und 7 (Gruppen-, Wechsel- und Kreuzschalter) müssen bis 250 V mit der Nennspannung — bei 380 und 500 V mit 1,1-facher Nennspannung — und mit dem 1,25-fachen Nennstrom in jedem Stromkreis induktionsfrei belastet, im Gebrauchszustand und in der Gebrauchslage während 30 min die nachstehend verzeichneten Stellungswechsel aushalten, ohne daß sich ein dauernder Lichtbogen bildet.

Größe des Umschalters	bis 10	25	60 A,
Zahl der Stellungswechsel in jedem Stromkreis	300	200	100.

Die Schaltung bei der Prüfung ist vorzunehmen:

für Umschalter 4 nach Schaltungsplan Abb. 5,
für Umschalter 6 nach Schaltungsplan Abb. 6,
für Umschalter 7 nach Schaltungsplan Abb. 7.

d) Regelschalter 8 und 9 für Serien-Parallel-Schaltung müssen bis 250 V mit der Nennspannung — bei 380

III. Bei Schaltern in oder an Gerätesteckdosen müssen vorstehende Prüfungen unter sinngemäßer Anwendung

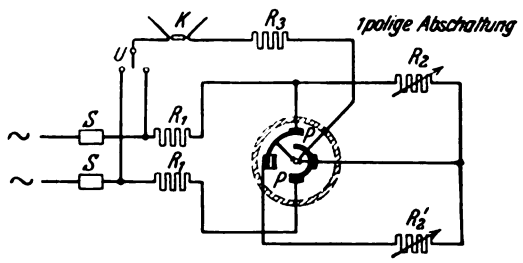


Abb. 8.

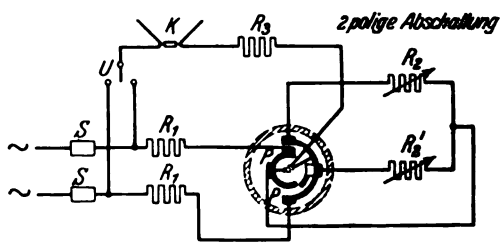


Abb. 9.

des § 17 der „Vorschriften für zweipolige Gerätesteckvorrichtungen und Geräteanschlußschnüre" im warmen Zustande vorgenommen werden.

§ 22.

Mechanische Haltbarkeit.

a) Zur Prüfung der mechanischen Haltbarkeit ist der Schalter, ohne Strom zu führen, absatzweise so zu schal-

Digitized by Google

ten, daß 20 000 Stellungswechsel, etwa 1500 in 1 h, entstehen. Schalter für Rechts- und Linksdrehung sind mit je 10 000 Stellungswechsel für Rechts- und Linksdrehung zu prüfen. Bei Schaltern mit (T)-Zeichen hat vorstehende Prüfung bei 120 ° im Wärmekasten zu erfolgen.

b) Danach sind Ausschalter bei Nennstrom und Nennspannung mit 20 Stellungswechseln zu schalten, ohne daß ein dauernder Lichtbogen stehen bleibt. Um- und Regelschalter sind mit Nennstrom und Nennspannung mit 40 Stellungswechseln zu schalten, wobei der Nennstrom im Verhältnis 1 : 5 auf die Stromableitungen zu verteilen ist. Nach 10 Stellungswechseln ist die Belastung der Stromkreise zu vertauschen. Bei Schaltern mit Rechts- und Linksbetätigung sind die angegebenen Stellungswechsel je zur Hälfte auf beide Drehrichtungen zu verteilen.

§ 23.

Mechanische Festigkeit der Abdeckungen.

a) Kappen müssen einer Prüfung nach § 96 der K.P.I. standhalten.

b) Schnurschalter sind auf mechanische Festigkeit sinngemäß nach § 97 der K.P.I. zu prüfen.

Bei der Prüfung sind 12 Schläge auszuführen; nach je 3 Schlägen ist die Zuleitung an der Befestigungsstelle so einzuklemmen, daß der Prüfling um etwa 90 ° um eine mit der Verlängerung der Zuleitung zusammenfallende Achse gedreht zum Aufschlag kommt.

§ 24.

Wärmesicherheit der Isolierteile.

a) Isolierteile müssen eine Prüfung auf Wärmesicherheit nach den §§ 101 und 102 der K.P.I. aushalten. Schalter mit (T)-Zeichen sind bei 120 ° zu prüfen.

Entwurf 1.

Leitsätze für Temperaturregler.

Inhaltsübersicht.

§ 1. Geltungsbeginn.
§ 2. Begriffsbestimmung.
§ 3. Zu beachtende Vorschriften.
§ 4. Aufschriften.
§ 5. Sicherung der Einstellung.
§ 6. Kennzeichnung der Verstellrichtung.
§ 7. Schutz gegen Staub.
§ 8. Kriech- und Luftstrecken.
§ 9. Prüfung.

§ 1.

Geltungsbeginn.

Die Leitsätze sind gültig ab 1. Januar 1932.

§ 2.

Begriffsbestimmung.

a) Temperaturregler sind Vorrichtungen, die die Temperatur eines Elektrowärmegerätes durch selbsttätiges Ein- und Ausschalten oder Ändern des Heizstromes innerhalb bestimmter Grenzen konstant halten.

§ 3.

Zu beachtende Vorschriften.

a) Temperaturregler sollen sinngemäß den „Vorschriften für Elektrowärmegeräte V.E.W." entsprechen, soweit nicht in den vorliegenden Leitsätzen abweichende Bestimmungen enthalten sind.

§ 4.

Aufschriften.

a) Auf dem Temperaturregler sind dauerhaft anzubringen:

1. Ursprungzeichen.
2. Nennspannung oder Spannungsbereich in V.
3. Nennstromstärke bzw. bei einem Spannungsbereich die den Spannungsgrenzen zuzuordnenden Stromstärken in A.
4. Höchstzulässige Verwendungstemperatur.
5. Stromart, wenn der Temperaturregler nur für eine Stromart verwendbar ist.

Die Aufschriften 2...5 können fortfallen, wenn der Regler im Gerät eingebaut in den Handel kommt.

§ 5.

Sicherung der Einstellung.

a) Temperaturregler sollen so gebaut und angeordnet sein, daß durch ihre betriebsmäßige Erwärmung, die Veränderung der Isolierstoffe sowie durch die betriebsmäßigen Erschütterungen keine unbeabsichtigte Änderung der Einstellung eintritt.

b) Die fabrikationsseitige Einstellung der Temperaturregler soll gegen unbeabsichtigte Veränderung im Betrieb gesichert sein.

§ 6.

Kennzeichnung der Verstellrichtung.

a) Bei Temperaturreglern, die betriebsmäßig auf verschiedene Temperaturen verstellt werden können, soll erkennbar sein, nach welcher Seite eine Erhöhung (+) oder eine Herabsetzung (—) der Temperatur bewirkt wird.

§ 7.

Schutz gegen Staub.

a) Temperaturregler sollen gegen Eindringen von Staubteilchen u. dgl. geschützt sein.

§ 8.

Kriech- und Luftstrecken.

a) Bei Temperaturreglern, deren Metallteile in einem gasgefüllten oder evakuierten Behälter eingebaut sind, finden für die in dem Behälter befindlichen Teile die in den V.E.W. (§ 13) festgelegten Luft- und Kriechstrecken keine Anwendung.

§ 9.

Prüfung.

a) Temperaturregler werden nur in Verbindung mit dem Elektrowärmegerät, in das sie eingebaut sind, unter sinngemäßer Anwendung der Prüfbestimmungen der V.E.W. geprüft.

Entwurf 1.

Leitsätze für Temperaturbegrenzer.

Inhaltsübersicht.

§ 1. Geltungsbeginn.
§ 2. Begriffsbestimmung.
§ 3. Zu beachtende Vorschriften.
§ 4. Aufschriften.
§ 5. Momentschaltung. Funkenbildung. Berührungsschutz.
§ 6. Sicherung der Einstellung.
§ 7. Kennzeichnung der Verstellrichtung.
§ 8. Prüfung.

§ 1.

Geltungsbeginn.

Die Leitsätze sind gültig ab 1. Januar 1932.

§ 2.

Begriffsbestimmung.

a) Temperaturbegrenzer sind Vorrichtungen, die die Temperatur eines Elektrowärmegerätes durch selbsttätiges Ausschalten oder Ändern des Heizstromes begrenzen und von Hand wieder einzuschalten oder betriebsfähig zu machen sind. Sie können daneben als handbetätigte Ein- und Ausschalter ausgebildet sein.

§ 3.

Zu beachtende Vorschriften.

a) Außer den nachstehenden Bestimmungen gelten sinngemäß:

1. die „Vorschriften für Elektrowärmegeräte V.E.W.".
2. die „Vorschriften für handbetätigte Schalter für Elektrowärmegeräte".

§ 4.

Aufschriften.

a) Auf dem Temperaturbegrenzer sind dauerhaft anzubringen:

1. Ursprungzeichen.
2. Nennspannung oder Spannungsbereich in V.
3. Nennstromstärke bzw. bei einem Spannungsbereich, die den Spannungsgrenzen zuzuordnenden Stromstärken in A.
4. Stromart, wenn der Temperaturbegrenzer nur für eine Stromart verwendbar ist.

Die Aufschriften 2....4. können fortfallen, wenn der Temperaturbegrenzer im Gerät eingebaut in den Handel kommt.

§ 5.

Momentschaltung. Funkenbildung. Berührungsschutz.

a) Temperaturbegrenzer sollen für Momentausschaltung eingerichtet sein, wenn sie nicht ausschließlich für Wechselstrom bestimmt sind.

b) Bei Temperaturbegrenzern mit Handbetätigung muß das Schaltwerk so gebaut sein, daß bei einem Einschaltversuch im noch übererwärmten Zustande des Auslöseorgans keine schädliche Funkenbildung selbst bei

Digitized by Google

langsamer Handhabung des Bedienungselementes auftreten kann.

c) Bei Temperaturbegrenzern, deren thermisches Auslöseorgan aus einem Schmelzkörper besteht, soll der Ersatz gefahrlos vorgenommen werden können.

§ 6.

Sicherung der Einstellung.

a) Temperaturbegrenzer sollen so gebaut und angeordnet sein, daß durch ihre betriebsmäßige Erwärmung, die Veränderung der Isolierstoffe sowie durch die betriebsmäßigen Erschütterungen keine unbeabsichtigte Veränderung der Einstellung eintritt.

b) Die fabrikationsseitige Einstellung der Temperaturbegrenzer soll gegen unbeabsichtigte Veränderung im Betrieb gesichert sein.

§ 7.

Kennzeichnung der Verstellrichtung.

a) Bei Temperaturbegrenzern, die betriebsmäßig auf verschiedene Auslösetemperaturen verstellt werden können, soll erkennbar sein, nach welcher Seite eine Erhöhung (+) oder eine Herabsetzung (—) der Temperatur bewirkt wird.

§ 8.

Prüfung.

a) Temperaturbegrenzer werden nur in Verbindung mit dem Elektrowärmegerät, in das sie eingebaut sind, unter sinngemäßer Anwendung der Prüfbestimmungen der „Vorschriften für Elektrowärmegeräte V.E.W." geprüft.

Für Temperaturbegrenzer, die daneben als handbetätigte Ein- und Ausschalter ausgebildet sind, gelten außerdem sinngemäß die Prüfbestimmungen für handbetätigte Schalter für Elektrowärmegeräte.

Fremdsprachliche VDE-Vorschriften.

Wir weisen darauf hin, daß die nachstehend aufgeführten VDE-Vorschriften in folgenden fremden Sprachen erhältlich sind:

Portuguez:

Prescripções da VDE publicadas em portuguez até a presente data:

1001 Regras para a avaliação e prova de machinas electricas R. E. M./1930. (Edição especial VDE 452)
1002 Regras para a avaliação e prova de transformadores R. E. T./1930. (Edição especial VDE 453)
1003 Prescripções para conductores isolados em instalações de correntes intensas. Prescripções para conductores cobertos. (Edições especiaes VDE 450/449)
1004 Prescripções para cabos de chumbo em installações de correntes intensas. (Edição especial VDE 403).

Español:

Hasta ahora se han publicado las siguientes prescripciones de la VDE traducidas al español:

2001 Reglas para la valorización y ensayo de máquinas eléctricas R. E. M./1930. (Edición especial VDE 452)
2002 Reglas para la valorización y ensayo de transformadores R.E.T./1930. (Edición especial VDE 453)
2003 Prescripciones para conductores aislados en instalaciones de corriente industrial V.I.L./1930. Prescripciones para conductores revestidos. (Ediciones especiales VDE 450/449)
2004 Prescripciones par cables con envoltura de plomo en instalaciones de corriente industrial V.S.K./1928. (Edición especial VDE 403)

English:

English translations of the following VDE-Rules have appeared up to the present:

3001 Standards for the Classification and Testing of Electrical Machines R.E.M. 1930. (Section VDE 452)
3002 Standards for the Classification and Testing of Transformers R.E.T./1930. (Section VDE 453)
3003 Rules for Insulated Conductors in heavy-current Installations. Rules for sheathed conductors. (Sections VDE 450/449)
3004 Rules for Lead-Covered Cables in Power Plants. (Section VDE 403)

Français:

Il a paru à ce jour en traduction française les prescriptions suivantes du VDE:

4001 Règles pour l'appréciation et les essais des Machines Électriques. (Tiré à part VDE 452)
4002 Règles pour l'appréciation et les essais des Transformateurs. (Tiré à part VDE 453)
4003 Prescriptions relatives aux conducteurs isolés pour installations électriques courant fort. Prescriptions relatives aux conducteurs à simple revêtement. (Tiré à part VDE 450/449)
4004 Prescriptions relatives aux câbles électriques sous plomb pour les installations à courant fort. (Tiré à part VDE 403)

Die obengenannten Vorschriften können von unserer Verlagsabteilung bezogen werden. Als Preise wurden festgesetzt

für die Druckschriften VDE 452 und VDE 453 (001 und 002) der Gegenwert von je 2 internationalen Antwortscheinen (Coupons-Réponse international).
für die Nummern VDE 450/449 und VDE 403 (003 und 001) der Gegenwert von je 4 internationalen Antwortscheinen.

Mitglieder des VDE erhalten beim Bezug aus Deutschland 10 % Preisnachlaß; Mengenabgabe bleibt vorbehalten.

Verband Deutscher Elektrotechniker
Der Generalsekretär:
gez. P. Schirp.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Berlin W 57, Kurfürstenstraße 15/16.

Die VDE-Prüfstelle hat einen Nachtrag nach dem Stande vom 1. VII. 1930 zu der „Zusammenstellung der erteilten Genehmigungen zur Benutzung des VDE-Zeichens sowie der zugewiesenen Firmenkennfäden für isolierte Leitungen nach dem Stande vom 1. I. 1930" herausgegeben.

Dieser Nachtrag wird gegen Einsendung des Portos kostenlos abgegeben.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.
Zimmermann.

SITZUNGSKALENDER.

Auskunfts- u. Zentralstelle für Leiter und Dezernenten des Feuerschutz- und Sicherheitsdienstes industrieller Unternehmen, Berlin. 15. u. 16. IX. 1930: Mitgliederversammlung in Augsburg. In Referaten und Vorträgen werden Feuerschutzfragen, Sicherheitsmaßnahmen u. dgl. behandelt. Auskunft erteilt die Geschäftsstelle: Berlin-Siemensstadt, Nonnendamm-Allee 84.

Tagung des Internationalen Bibliographischen Institutes. — Vom 22. bis 24. VIII. d. J. findet in Zürich die diesjährige Jahresversammlung des Internationalen Bibliographischen Institutes (Brüssel) statt. Diese Tagung wird besonders deshalb interessant sein, weil Fragen der Dezimalklassifikation, für deren Ausbau das Institut die internationale Zentralstelle ist, zur Besprechung kommen. Außerdem werden Fragen der Bibliographie, des technischen Literaturnachweises und des Karteiwesens verhandelt werden. Nähere Unterlagen können von der Geschäftsstelle des Deutschen Normenausschusses, Berlin NW 7, angefordert werden.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

Jubiläen. — Am 1. VIII. 1930 blickt ein bekannter Führer unserer heutigen Elektrizitätswirtschaft, Herr Direktor Dr.-Ing. E. h. Martin Rehmer, Vorstandsmitglied der Berliner Städtische Elektrizitätswerke AG., auf eine 25jährige Tätigkeit in der Berliner Stromwirtschaft zurück. Was ihn besonders bekannt gemacht hat, ist die Neuordnung der Berliner Stromversorgung in der Nachkriegszeit. Unter seiner zielbewußten technischen Führung hat sich die BEWAG inzwischen zum drittgrößten deutschen Stromversorgungsunternehmen mit rd. 1½ Mrd kWh Jahreserzeugung entwickelt. Das vor 10 Jahren noch ungelöste Problem des gänzlichen oder überwiegenden Fernstrombezuges oder der uneingeschränkten Eigenerzeugung hat Dr. Rehmer in glücklicher Weise gelöst. Beide Stromerzeugungsarten haben gerade in einem so großen Verbrauchsort wie Berlin ihre Berechtigung. Von den technischen Schöpfungen des Jubilars sind die Kraftwerke Charlottenburg, Klingenberg und West und die Ruthsspeicheranlage Charlottenburg mit einer Gesamtleistung

Digitized by Google

von rd. 600 000 kW in den Fachkreisen des In- und Auslands rühmlich bekannt. Auch auf dem Gebiete der Stromverteilung im Innern der Großstadt und der Schöpfung von wertvollen Nebenbetrieben der Stromerzeugung, wie Städteheiz- und Eiswerken, ist er richtungweisend vorgegangen. Er schuf sich nicht nur einen Kreis ausgezeichneter Mitarbeiter, sondern legte immer Wert darauf, alle Betriebs- und Bauerfahrungen auch dritten freimütigst zur Verfügung zu stellen. Besonders verdient hat sich Herr Rehmer um die Förderung der technischen Wissenschaften durch Unterstützung und Gründung verschie-

Martin Rehmer.

dener Studiengesellschaften und tatkräftige Mitarbeit in der Leitung unserer bekanntesten technischen Vereinigungen gemacht. Die T. H. Braunschweig zeichnete ihn im Vorjahr durch Verleihung des Dr.-Ing. E. h. aus. Sein fachmännischer Rat wird nicht nur in der Stadt Berlin, sondern in der ganzen Elektrizitätswirtschaft gern benutzt Herr Rehmer ist Vorsitzender des „Fachausschusses für den Bau und Betrieb von Elektrizitätswerken" des Elektrotechnischen Vereins zu Berlin und hat sich um diesen große Verdienste erworben.

Herr Max Reuter, Direktor und Geschäftsführer der zum Konzern der Thüringer Gasgesellschaft in Leipzig gehörenden Licht- und Kraftwerke Eschweiler-Stolberg G. m. b. H., Stolberg, Rhl., war am 10. VII. bei diesem Unternehmen 25 Jahre tätig. Er hat insbesondere dessen Versorgungsgebiet erfolgreich entwickelt.

K. Hoheisel. Der Generaldirektor für die österreichische Post- und Telegraphenverwaltung, Konrad Hoheisel, scheidet auf eigenen Antrag nach einer 44jährigen Dienstzeit aus dem aktiven Dienste. Er brachte die österreichische Post- und Telegraphenanstalt über die schweren Fährnisse der ersten Nachkriegszeit, den Zusammenbruch des alten Staates, die politischen Wirren und den furchtbaren Währungsverfall hinweg, schuf ein ganz Österreich umspannendes Postkraftwagennetz, baute das Telegraphen- und Fernsprechnetz zeitgemäß aus, und schaltete Österreich durch ein neues umfangreiches Fernkabelnetz in den Welt-Telegraphen- und Fernsprechverkehr ein.

BRIEFE AN DIE SCHRIFTLEITUNG.

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Schriftleitung und ohne deren Verbindlichkeit.)

Deutsche Stromwirtschaft.

In der ETZ 1930, S. 668, sagt Herr Prof. Dr. R. Haas, daß man mit der Braunkohle bei 8000 h Benutzungsdauer des Werkes heute die Kilowattstunde zu 1 Pf an Ort und Stelle, einschließlich einer angemessenen Verzinsung des Anlagekapitals, erzeugen könne. Es wäre von größtem Interesse, wenn der Verfasser diesen Betrag etwas zergliedert hätte. Nach meiner Meinung ist es gänzlich unmöglich, in einem Dampfkraftwerk in Deutschland die elektrische Arbeit zu einem solchen Preise zu erzeugen. Für ein neues Braunkohlenkraftwerk betragen die Anlagekosten 290 ... 300 RM/kW. Zuzüglich einer angemessenen Reserve kostet das nutzbare Kilowatt im Kraftwerk rd. 400 RM. Auf diesen Betrag sind zu rechnen wenigstens 8 % Jahreszinsen und 5 % Abschreibungen = 13 %. Das ergibt einen jährlichen Kapitaldienst von 52 RM/kW. Bei 8000stündiger Ausnutzung im Jahre stellt sich der Anteil des Kapitaldienstes an jeder Kilowattstunde auf 0,65 Pf. Nimmt man an, daß in einem großen Braunkohlenkraftwerk noch ein großer Teil der Anlagen nach dem Goldbilanzwert zu Buche steht, dann kann unter Umständen mit einem Betrage von 300 RM für das nutzbare Kilowatt gerechnet werden. Hiervon sind aber nur die 8 % Jahreszinsen zu rechnen = 24 RM jährlich. Die Abschreibungen müssen unbedingt auf den Wiederbeschaffungswert vorgenommen werden, d. h. es sind 5 % von 400 RM zu rechnen = 20 RM jährlich. Unter dieser Voraussetzung stellt sich der jährliche Kapitaldienst je nutzbares Kilowatt im Kraftwerk auf 44 RM. Bei 8000stündiger Ausnutzung im Jahre ergibt das einen Anteil von . . . . . 0,55 Pf
je Kilowattstunde. Die mitteldeutsche Förderbraunkohle des Kernreviers kostet listenmäßig 3,37 RM/t. Es sei angenommen, daß in diesem Verkaufspreis ein gewisser Gewinn steckt, auf den man beim Stromverkauf verzichten kann. Für die Stromerzeugung sollen daher nur ungefähre Selbstkosten in Höhe von etwa 2,75 RM/t eingesetzt werden. Bei 8000stündigem Betrieb dürfte mit einem Kohlenverbrauch von 2¼ kg/kWh zu rechnen sein; das ergibt . . . . . 0,62 „
Die übrigen Kraftwerkskosten bei 8000stündigem Betrieb stellen sich auf etwa . 0,28 „
Für Verwaltungskosten und Steuern sollen gerechnet werden . . . . . 0,12 „
Der denkbar günstigste Erzeugungspreis stellt sich demnach auf . . . . . 1,57 Pf/kWh.
In ihm ist noch nichts vorgesehen für unvorhergesehene Fälle, welche die Betriebskosten wesentlich erhöhen können. Es müßte unbedingt dafür noch eine Sonderrücklage gemacht werden.

Wenn heute die elektrische Arbeit in Mitteldeutschland zu niedrigeren Preisen verkauft werden sollte als der vorstehend errechnete, dann geschieht das entweder auf Kosten der Rentabilität — dann darf man aber nicht von einer angemessenen Verzinsung sprechen —, oder es müssen andere Gesichtspunkte für die Preisbildung mit maßgebend sein, die außerhalb einer kaufmännischen Berechnung liegen. Die letztere kann aber bei einem Vergleich zwischen den Stromerzeugungskosten eines Wasserkraftwerkes und eines Braunkohlenkraftwerkes nur zugrunde gelegt werden.

Breslau, 9. V. 1930. M. Kühnert.

Erwiderungen.

Der Unterschied zwischen Herrn M. Kühnerts und meiner Rechnung ist nur unbedeutend und beruht vielleicht darauf, daß ich mit einem sehr großen Braunkohlenwerk von mehreren 100 000 kW Leistung gerechnet habe. Solche Werke sind heute mit 240 RM/kW und weniger zu erbauen (vgl. Klingenbergwerk und Westkraftwerk bei Berlin). Als Reserve wird man bei der Größe des Werkes mit 15 % auskommen, da eine Überlastbarkeit der Maschinen möglich ist und bei der größeren Anzahl der Maschinensätze ein Maschinensatz als Reserve genügt; dies um so mehr, als heute die meisten Werke mit anderen gekuppelt sind, so daß von benachbarten Werken Aushilfe bezogen werden kann. Es ist sogar fraglich, ob man heute bei neuen Werken noch mit Reserven rechnen soll.

Hieraus ergeben sich die Baukosten zu:

$$240\ \text{RM} + 0{,}15 \cdot 240 = 276\ \text{RM/kW}.$$

Für Verzinsung, Rückstellungen, Steuern und Betriebskosten rechnete ich, wie heute üblich, den Satz von 16 %, nahm also für die Nebenunkosten nach Verzinsung und Abschreibung noch 3 % an. Daraus ergeben sich die Jahreskosten zu:

$$276 \cdot 0{,}16 \cdot 100 = 4400\ \text{Pf/kWJahr}.$$

Der Wärmeverbrauch eines neuen Kraftwerkes kann bei 8000stündiger Benutzung auf Grund der Erfahrungen beim Klingenbergwerk mit 3400 WE/kWh eingesetzt werden. Der Verkaufspreis der Braunkohle war z. Z., als ich in Berlin den Vortrag hielt (Februar 1930) noch 3 RM/t; man könnte aber nach verlässigen Angaben für ein Werk, das eigene Braunkohlengruben hat, wohl mit 2,50 RM/t rechnen. Ich will jedoch der Sicherheit halber einen Preis von 2,60 RM/t einsetzen. Der Heizwert der mitteldeutschen

Digitized by Google

Braunkohle ist etwa 2000 WE, so daß der Preis für 1 kcal sich auf 0,00013 Pf stellt.

Aus diesen Ziffern ergibt sich nun der Preis für die Kilowattstunde:

Kapitalkosten	$\frac{4400}{8000}$	=	0,55 Pf/kWh
Wärmekosten	3400 · 0,00013	=	0,44 „ „ „
			0,99 Pf/kWh oder
		rd.	1,00 Pf/kWh.

Diese Ziffern beruhen auf den praktischen Ergebnissen der neuesten Kraftwerke und haben wohl Anspruch auf Glaubwürdigkeit. Ältere Werke werden nicht so günstig arbeiten. Die Bedienungskosten dieser großen Kraftwerke sind außerordentlich gering; sie verschwinden fast gegenüber den anderen Ausgaben. Es ist auch anzunehmen, daß durch das Sinken des Zinsfußes und Steuersatzes allmählich noch eine geringe Preisermäßigung eintreten wird.

Rheinfelden, 21. V. 1930. Dr. R. Haas.

Beim Klingenbergwerk hat das eingebaute Kilowatt 235 RM gekostet, jedoch ohne Schaltanlagen. Mit diesen stellt sich der Preis auf 275 RM. Das Klingenbergwerk ist ein Steinkohlenwerk. Bei einem Braunkohlenwerk kostet wegen der umfangreicheren Transportanlagen usw. das eingebaute Kilowatt etwa 20 RM mehr als bei einem Steinkohlenwerk. Mit angemessenen Reserven kostet ein Nutzkilowatt, wie ich in meinem ersten Schreiben schon angab, rd. 400 RM. Wenn Herr Prof. Dr. HAAS nur Reserven in Höhe von 15 % oder vielleicht überhaupt keine in die Berechnung einsetzen will, so halte ich das nicht für richtig. Für einen ordnungsmäßigen Betrieb eines großen Kraftwerkes sind wenigstens 25 ... 30 % an Reserven notwendig, selbst unter der Voraussetzung, daß eine leistungsfähige Kupplung mit anderen Werken vorhanden ist. Das Westkraftwerk ist noch nicht fertig, und es steht daher auch noch nicht fest, wie hoch dort die Anlagekosten je Kilowatt werden.

In meiner Berechnung bin ich davon ausgegangen, daß in einem großen Kraftwerk im Braunkohlengebiet ein Teil der Anlagen zum Goldbilanzwert zu Buche steht. Infolgedessen habe ich nur 300 RM/Nutzkilowatt in die Rechnung eingesetzt. In einem solchen Kraftwerk werden aber wenigstens 4500 WE/kWh gebraucht. Ich gebe ohne weiteres zu, daß in einem ganz neuen Kraftwerk der Wärmeverbrauch auf 3800 ... 4000 WE sinken wird. Man kommt aber bei einem solchen Werk dann nicht mit einem Anlagekapital von 300 RM/Nutzkilowatt aus.

Entschieden zu niedrig sind die Unkosten für Verwaltung, Steuern, Versicherungen und für den Betrieb, außer Kohle, von Herrn HAAS angegeben; 3 % vom Anlagekapital sind dafür viel zu wenig. Für Betriebskosten, außer Kohle, müssen in einem Dampfkraftwerk bei einem Anlagekapital von 300 RM/Nutzkilowatt wenigstens 7 % vom Anlagekapital gerechnet werden. Die Steuern betragen bei einem privatwirtschaftlich betriebenen Werke in Deutschland 12 ... 15 % vom Umsatz. Nimmt man an, daß sich der Verkaufspreis ohne Steuern auf insgesamt etwa 1,4 Pf/kWh stellt, dann sind 12 % davon = 0,17 Pf. Der von mir eingesetzte Betrag von 0,12 Pf für Verwaltungskosten und Steuern, in dem auch noch die Versicherungskosten enthalten sind, ist entschieden noch zu niedrig. Unter 1,6 Pf/kWh kann auch im Braunkohlengebiet die elektrische Arbeit ab Kraftwerk nicht abgegeben werden, wenn eine 8prozentige Verzinsung und angemessene Abschreibungen erzielt werden sollen.

Breslau, 3. VI. 1930. M. Kühnert.

Die von mir genannten Zahlen beruhen auf den Angaben der für Bau und Betrieb verantwortlichen Fachmänner; ich kann sie daher nicht als falsch annehmen. Im übrigen ist bei etwas weitherziger Auslegung und der Unsicherheit solcher Zahlenannahmen der Unterschied in unseren Auffassungen nicht besonders groß.

Berlin, 20. VI. 1930. Dr. R. Haas.

LITERATUR.

Besprechungen.

Radiotechnik. Bd. 5: Die Elektronen-Röhre. Von Dipl.-Ing. O. Stürner (Samml. Göschen Bd. 974). Mit 88 Fig., 35 Abb. auf 16 Taf. u. 124 S. in kl. 8°. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin u. Leipzig 1927. Preis geb. 1,50 RM.

In gedrängter aber anschaulicher Form gibt der Verfasser eine Übersicht über die mit der Elektronenröhre zusammenhängenden Fragen. Ausgehend von der Elektrizitätsleitung in festen Körpern, Flüssigkeiten und Gasen geht er über zu den verschiedenen Vakuum-Strahlungen, Kathodenstrahlen, Röntgenstrahlen usw. und schildert deren Eigenarten. Ihre Ablenkungsmöglichkeiten durch elektrische und magnetische Felder werden behandelt, Größen- und Geschwindigkeitsverhältnisse von Elektronen, Gasmolekülen usw. untersucht. Eine eingehendere Beschreibung ist den verschiedenen Vakuumpumpen und den Verfahren zur Absorption von Gasresten gewidmet. — Im zweiten Teil werden die technischen Möglichkeiten der Elektronenröhre behandelt, ihre Verwendung als Verstärkerröhre, zur Schwingungserzeugung usw. Kennlinien und charakteristische Größen, wie Steilheit, Durchgriff, innerer Widerstand usw. werden näher erläutert und ihre Bedeutung für die Beurteilung einer Röhre dargelegt. Es folgen Betrachtungen über richtige Anpassung bei Resonanz-, Transformator- und Widerstandsverstärkung. — Der dritte Teil enthält einige Kapitel über Röhrenheizung, Fadenmaterial, Lebensdauer usw. Ferner werden die Stromquellen für Röhrengeräte behandelt, soweit dabei Röhren als Gleichrichter Verwendung finden. Einige weitere Kapitel befassen sich mit den inneren Vorgängen bei Röhrensendern, Strom-, Spannungs- und Leistungsverhältnissen, Auftreten von Oberwellen und wilden Schwingungen. Den Schluß bilden Fabrikationsbeispiele und Spezialausführungen von Röhren.

Die Gliederung des Stoffes und die Anordnung der einzelnen Kapitel, besonders des zweiten und dritten Teils, ist leider ziemlich wahllos und erschwert die Orientierung über bestimmte Fragen. Manches ist durch die Entwicklung der letzten drei Jahre auch überholt. Das kleine Werk enthält aber doch so viel des Wissenswerten, in leicht faßlicher Form, daß seine Anschaffung dem angehenden Studierenden und dem Techniker nur empfohlen werden kann. Langewiesche.

Der Neutrodyne-Empfänger. Von E. Jarasch (Radio-Reihe Bd. 25). Mit 40 Textabb. u. 88 S. in 8°. Verlag von Richard Carl Schmidt & Co., Berlin 1928. Preis geb. 3,50 RM.

Bei der Beliebtheit, welche sich der Neutrodyne-Empfänger wegen seiner leichten Bedienung erworben hat, wird es sicher sehr begrüßt werden, daß in dem vorliegenden Buch nicht nur die Theorie der Empfangschaltungen mit neutralisierter Hochfrequenzverstärkung behandelt wird, sondern daß auch die praktische Ausgestaltung des Neutrodynegerätes ausführlich klargelegt wird. Gerade wegen seiner vielen praktischen Hinweise über die Vereinfachung der Bedienung, der Beseitigung von Fehlern und der Durchführung des Neutralisierens ist das Buch zu empfehlen. Lübcke.

Dielectric Phenomena in High-Voltage Engineering. Von F. W. Peek. 3. Aufl. Mit 267 Abb. i. Text, XV u. 410 S. in 8°. Verlag McGraw-Hill Book Company, Inc., New York u. London 1929. Preis geb. 5 s.

F. W. Peek jr. faßt in der vorliegenden Neuauflage seine, zum größten Teil in der amerikanischen Fachliteratur verstreuten, Arbeiten der letzten zehn Jahre zusammen. Durch diese einheitliche Zusammenfassung und Verknüpfung mit den in der zweiten Auflage bereits veröffentlichten Ergebnissen erhält die Neuauflage ihren besonderen Wert. Das Werk enthält in erster Linie Originalarbeiten des Verfassers. In den neuen Kapiteln sind ein Teil der bedeutenden Arbeiten anderer amerikanischer Fachmänner mitverarbeitet. Aus sachlichen Gründen ist es zu bedauern, daß deutsche Forschungsarbeiten, mit einer einzigen Ausnahme, nicht erwähnt sind. Diese Feststellung kann indes nicht den Wert des Buches mindern, welches sowohl aus sachlichen, als auch ganz besonders aus methodischen Gesichtspunkten heraus einen ersten Platz in der Literatur der Hochspannungstechnik verdient. Jeder vorwärtsstrebende Ingenieur, besonders aber jeder Hochspannungsexperimentator, wie auch jeder Betriebsmann findet in dem Werke eine Fülle ausgezeichnet verarbeiteten Versuchsmaterials, Angaben über Meßmethoden und einen großen Reichtum an Anregungen. Kritische Leser finden in der physikalischen Verankerung vieler empirischer Gesetze ein reiches Betätigungsfeld.

Die ersten Kapitel behandeln die rechnerischen Grundlagen des raumladungsfreien Feldes. Ein bedauerlich kurzes Kapitel über Elektronentheorie führt über zur Behandlung der Coronafragen. Photographische Untersuchungen, Oszillogramme und weitgehende, im folgenden stets mit Erfolg benutzte Verwendung halbempirischer Ansätze ergänzen sich zu einer einheitlichen Studie des Problems. Das Kapitel über den Gasdurchbruch enthält die bekannten

Digitized by Google

grundlegenden und methodisch einzigartigen Messungen an Kugelfunkenstrecken. Versuche mit Stoßspannungen bis 5 Mill V, unter Zuhilfenahme des Kathodenstrahloszillographen als Meßgerät, schließen sich an. Leider wird über Schaltung und Bauweise des Geräts nichts berichtet. Die Einführung der Zeitfunkenstrecke (time gap) stellt eine neue Meßmethode dar (S. 152).

Das folgende Kapitel über Koronaverlustmessungen ist ein Musterbeispiel eines planmäßigen Aufbaues einer empirischen Formel. Zwei kürzere Abschnitte behandeln das Verhalten von flüssigen und festen Isolatoren. Hier fehlen auffallend die wichtigen Arbeiten der letzten Jahre, wie z. B. genaue Verlustwinkelmessungen. Vollkommen neu ist der Abschnitt über Blitzfragen. Neben sehr wertvollen und neuen Gesichtspunkten und Meßergebnissen dürften einige Feststellungen noch einer weiteren Prüfung, bzw. Ergänzung durch Versuchsmaterial bedürfen. So erscheint z. B. die Abschätzung der Blitzspannung auf S. 262 sehr gezwungen. Der wertvolle Inhalt des Abschnittes hätte durch eine Mitverarbeitung der hervorragenden bekannten Arbeiten, z. B. deutscher Forscher, an Wert und Allgemeingültigkeit gewonnen.

Nach einem Kapitel über praktische Koronaberechnungen bringt der Verfasser eine zusammenfassende Anwendung der gewonnenen Erkenntnisse auf Dimensionierungsfragen der Hochspannungstechnik. Besonders beachtlich sind die Arbeiten über Schirmringe an Isolatoren und die Gesichtspunkte für die Mastbemessung, mit besonderer Beachtung der Holzmaste. Eine umfangreiche Wiedergabe numerischen Versuchsmaterials verschiedener Art beschließt das Werk.

Der Aufbau der einzelnen Kapitel ist zwingend gut. Die Reihenfolge der einzelnen Kapitel zerstreut leider diesen geschlossenen Eindruck. Klarheit der Ausdrucksweise, in Verbindung mit einem reichhaltigen Bild- und Oszillogrammaterial machen die Lektüre leicht und sehr anregungsreich. Inhalt und Behandlungsweise des Stoffes machen demnach das Buch in seiner neuen Form zu einer wertvollen Bereicherung der Hochspannungsliteratur.

W. Holzer.

Die Heiz- und Lüftungsanlagen in den verschiedenen Gebäudearten einschl. Warmwasserversorgungs-, Befeuchtungs- und Entnebelungsanlagen. Von M. Hottinger u. W. v. Gonzenbach. Mit IX u. 191 S. in gr. 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1929. Preis geh. 8,50 RM, geb. 10 RM.

Diese Neuerscheinung soll ein Nachschlagewerk bei Programmaufstellung für Wettbewerbe, bei der Ausarbeitung gesetzlicher Bestimmungen, bei Streitigkeiten, Prozessen und in anderen Fällen sein, ferner ein Ratgeber für Architekten, Bauherren, Fabrikbesitzer und andere Unternehmer sowie für den entwerfenden Heizungsingenieur. V. Gonzenbach behandelt kurz die hygienischen Anforderungen an Lüftung und Heizung, soweit sie für den Ingenieur und Architekten von Interesse sind. Hottinger bearbeitet die technischen Anforderungen an die Heiz-, Lüftungs- und Warmwasserversorgungsanlage in den verschiedenen Gebäudearten. Dabei wurde für jede Gebäudeart annähernd die gleiche Einteilung gewählt, wodurch eine Übersichtlichkeit erzielt wurde, die das Buch als Nachschlagewerk besonders geeignet macht. Bei der des öfteren erwähnten elektrischen Heizung, die bei uns wegen zu hoher Strompreise einstweilen geringere Bedeutung hat, wird wie bei der Behandlung von Kohlenstaub oder Braunkohlen als Brennstoff auf die lokal begründeten Unterschiede einzelner Länder und Gegenden hingewiesen, so daß das Werk nicht nur auf schweizerische, sondern allgemeine, zentral europäische Verhältnisse zugeschnitten ist.

Sehr zum Nutzen des Buches und seinem Zweck entsprechend ist grundsätzlich nirgends auf Berechnungsverfahren eingegangen, denn diese werden in anderen Werken ausgiebig behandelt. Zusammenfassend kann gesagt werden, daß das Werk in bester Weise seinen eingangs erwähnten und von seinen Verfassern erstrebten Zweck erfüllt.

H. Behrens.

Die Lochkarte. Grundlagen u. Anwendungsgebiete, erläut. an einer Reihe v. Einzelbeisp. aus d. Eisen- u. Stahlindustrie. Herausg. v. Ausschuß f. Rechnungswesen d. Vereins dt. Eisenhüttenleute. Mit 95 Abb. u. 91 S. in 2°. Verlag Stahleisen m. b. H., Düsseldorf 1929. Preis kart. 10 RM.

An dieser Arbeit ist zweierlei besonders hervorzuheben, einmal die Tatsache, daß diese Schrift eine bisher fehlende gute und gründliche Übersicht über das Lochkartenverfahren vermittelt, und sodann die Art des Entstehens. Es handelt sich um eine Gemeinschaftsarbeit des Ausschusses für Rechnungswesen des Vereins deutscher Eisenhüttenleute, d. h. um die Zusammenarbeit von Praktikern der Eisenindustrie. — Das Buch enthält eine Sammlung von 14 Einzelaufsätzen der Mitglieder dieses Ausschusses. Die stoffliche Gliederung ist folgende: 2 Einführungsaufsätze, 1 Literaturbehandlung, 9 Aufsätze über Anwendungsgebiete in der Eisenhüttenindustrie, in der Hauptsache Materialrechnung, Lohnrechnung, Betriebsbuchhaltung, Geschäftsbuchhaltung usw.; 2 Aufsätze über die Benutzung des Lochkartenverfahrens zur Großzahlforschung zeigen die vielseitige Verwendungsmöglichkeit der Maschinen und ihre Ausnutzung in Ruhezeiten der Normalbenutzung.

Besonders zu betonen ist, daß die einzelnen Aufsätze nicht nur Beschreibungen vorhandener und erprobter Einrichtungen sind, sondern darüber hinaus auch in ihrer Art der Darstellung und Behandlung des Gebietes neue Ergebnisse der Gemeinschaftsarbeit bringen: gleiche Begriffe, gleiche schaubildliche Darstellungsweisen usw. Der Mangel, der in der Natur eines Sammelwerkes liegt, kommt auch hier, allerdings durch die vorhergehende Gemeinschaftsarbeit sehr gemildert, zum Ausdruck: die einzelnen Aufsätze überschneiden und wiederholen sich stellenweise. Für eine Neuauflage wäre eine noch bessere Abstimmung der Einzelteile aufeinander zu wünschen. Aber der Erfolg dieser Arbeit ist so groß, daß man den Verein deutscher Eisenhüttenleute und den Vater des Gedankens dieser Veröffentlichung nur beglückwünschen kann. Mögen bald weitere Arbeiten dieser Art folgen. Die „Lochkarte" hat wegen ihrer gründlichen und teils auch neuartigen Art der Darstellung Bedeutung für alle, die sich mit Fragen neuzeitlicher Abrechnung befassen.

A. E. Weber.

Vorlesungen über Differentialgeometrie und geometrische Grundlagen von Einsteins Relativitätstheorie. Von Prof. W. Blaschke. Bd. 3: Differentialgeometrie der Kreise und Kugeln. Bearb. v. G. Thomsen. (Die Grundlehren d. math. Wissensch. Herausg. v. R. Courant. Bd. 29.) Mit 68 Textfig., X u. 474 S. in gr. 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1929. Preis geh. 26 RM, geb. 27,60 RM.

Der vorliegende dritte Band des Blaschkeschen Werkes über Differentialgeometrie ist von Gerhard Thomsen, jetzt Professor in Rostock, bearbeitet. Er behandelt verschiedene Gegenstände der höheren Geometrie, die sich auf Kreise und Kugeln beziehen. Für den Fachmann genügt es, die Namen Möbius, Laguerre und Lie anzuführen, um die Richtung zu kennzeichnen, in der der Inhalt des Buches zu suchen ist; am Schluß des Werkes sind übrigens drei kurze Lebensbilder dieser Mathematiker angeführt. Es ist klar, daß das Werk in erster Linie dem reinen Mathematiker zugute kommen kann. Für den Physiker werden hier und da auftretende Berührungen mit der Lorentz-Transformation der speziellen Relativitätstheorie und der sogenannten Minkowskischen Welt von Interesse sein. Auch sind die verschiedenen Zusammenhänge der Kugelgeometrie mit der nicht-euklidischen und der projektiven Geometrie besonders hervorgehoben. Selbstverständlich bietet das Werk dem Mathematiker und jedem, der für diese speziellen Fragen der Differentialgeometrie Interesse hat, die mannigfachste Anregung.

R. Rothe.

Aufgabensammlung über Differentialgleichungen. Von Oberstudienrat E. Fick. Mit VII u. 177 S in gr. 8°. Verl. R. Oldenbourg, München u. Berlin 1930. Preis geh. 6,50 RM.

In erster Linie für Studierende der Technischen Hochschule bestimmt, enthält das Buch ein reichhaltiges Übungsmaterial aus dem Gebiet der gewöhnlichen Differentialgleichungen. Die Begriffe und Methoden werden soweit auseinandergesetzt, als es die Behandlung der Aufgaben erfordert. Jede Erörterung ist durch ein durchgerechnetes Beispiel erläutert. Die sehr zahlreichen systematisch angeordneten Aufgaben sind im ersten Teil zusammengestellt. Der zweite Teil bringt die mit großer Ausführlichkeit durchgeführten Lösungen. Dem Übungszweck entsprechend sind die Quadraturen nach Möglichkeit ausgeführt; ferner wird Wert gelegt auf Gewinnung verschiedener Integrale und Anwendung gleicher Substitutionsverfahren. Seiner Bestimmung, den Studierenden der Technischen Hochschule von Nutzen zu sein, entspricht das Buch vollkommen.

Fender.

Digitized by Google

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Die deutsche Elektroindustrie im 2. Vierteljahr 1930[1]. — Im Beschäftigungsgrad der Elektroindustrie hat sich nach dem Bericht der Industrie- und Handelskammer zu Berlin die allgemeine wirtschaftliche Lage in Deutschland während des 2. Vierteljahrs deutlich ausgeprägt. Fast in der gesamten Betätigung sah man sich vor allem auf dem Inlandsmarkt einem unverminderten Mangel an Kaufkraft gegenüber; vielfach ist sogar eine weitere Verschlechterung eingetreten. Wenn sich an manchen Stellen, meist saisonbedingt, eine gewisse Belebung gezeigt hat, war sie doch nur gering und läßt keine sicheren Schlüsse auf etwaige Beständigkeit zu. Für größere Geschäfte bildeten, wie bisher, die Kreditschwierigkeiten das Haupthindernis. Die gesamte Kundschaft, sowohl die öffentliche als auch die private, war hiervon erfaßt. Die Reichsbahn hielt aufs äußerste mit ihren Bestellungen zurück. Bei den Gemeinden war es nicht besser. Kommunale Aufträge größeren Umfangs dürften erst wieder zu erzielen sein, wenn den Gemeinden wieder die Möglichkeit zur Aufnahme von Auslandanleihen gegeben sein wird. Auf dem Gebiet der Stromerzeugung und -verteilung ließ sich demgemäß ein empfindlicher Stillstand beobachten, vor allem in bezug auf alle größeren Anlagen. Hierdurch waren die Fabriken von Elektromotoren und die aller mit diesen zusammen zu liefernden Apparate, desgleichen die Kabel- und Leitungsfabriken in Mitleidenschaft gezogen. Da in nahezu allen Teilen der Industrie nach wie vor die Beschäftigung daniederlag, kamen auch aus den Kreisen dieser Kundschaft größere Anlagen fast nirgends zur Bestellung. Ebenso wurden mittlere und kleinere Einheiten nur in sehr eingeschränktem Maß verlangt, obwohl für die dauernd betriebene technische Vervollkommnung des elektrischen Materials, z. B. der Antriebsmotoren in den verschiedensten Industriezweigen, lebhaftes Interesse bestand. Auf dem Telegraphen- und Fernsprechgebiet sind die Privatanschlüsse stark zurückgegangen. Die Reichspost hat, wie das mit dem Beginn des neuen Etatsjahres zusammenhängt, den Umfang ihrer Bestellungen auf Fernsprechämter, Verstärkereinrichtungen und Apparate etwas erweitert. Die Aufträge auf Gruben- und andere Signaleinrichtungen litten unter der ungünstigen Lage der in Frage kommenden Industrien. In Feuermeldern und Uhren bestand wegen der Geldknappheit bei den Gemeinden nur mäßige Beschäftigung. Die Fabriken für Rundfunkgerät hatten aus saisonmäßigen Gründen nur schwache Arbeit. Auch im übrigen war der Markt für drahtlose Telegraphie und Telephonie ziemlich still. Der Absatz von Meßinstrumenten aller Art ging weiter zurück. Für elektromedizinische Apparate und Einrichtungen ist der Bedarf nicht lebhafter geworden. Dem Absinken des Inlandgeschäftes gegenüber war glücklicherweise trotz der schwierigen Lage auf dem gesamten Weltmarkt ein Nachlassen im Ausland nicht in gleichem Umfang zu beobachten. Hier erfolgte im Gegenteil an manchen Stellen sogar eine leichte Zunahme. Fast sämtliche Abschlüsse mußten allerdings zu äußerst gedrückten Preisen vorgenommen werden, und die Zahlungsbedingungen ließen noch weiter als bisher zu wünschen übrig.

Aus der französischen Elektroindustrie. — In der letzten G.V. des „Syndicat général de la Construction électrique" ist hinsichtlich des Außenhandels mit elektrotechnischen Erzeugnissen festgestellt worden, daß die Einfuhr von 1927 auf 1928 dem Gewicht nach um 109 % und dem Wert nach um 82 % gestiegen ist. Die Zunahme von 1928 auf 1929 belief sich nur noch auf 58 bzw. 48 % und der Import im letztgenannten Jahr auf rd. 249 000 dz im Wert von 641 Mill Fr. Aus Deutschland kamen 1929 162 000 dz im Wert von 316 Mill Fr gegenüber 93 000 dz und 182 Mill Fr im vorhergehenden Jahr; die Steigerung betrug demnach rd. 73 bzw. 74 %. Als Lieferanten folgten in weitem Abstand die V. S. Amerika (30 000 dz), die Schweiz, England usw. Parallel mit dieser Erhöhung des Imports ging eine relativ beträchtliche Verlangsamung im Wachsen der Ausfuhr, die von 1927 auf 1928 der Menge nach um 14 % und dem Wert nach um 11 % gestiegen ist und 1929 rd. 344 000 dz und 500 Mill Fr erreichte. Die Zunahme belief sich 1929 aber nur noch auf 11,6 % im Wert und 5,5 % nach dem Gewicht. Bemerkt wurde in der Versammlung einmal zu den deutschen Sachlieferungen u. a., daß ein beträchtlicher Teil dieser für große öffentliche Arbeiten verwendet worden sei, die ohne die Sachlieferungen nicht hätten ausgeführt werden können, und sodann hinsichtlich der Gestehungskosten und Produktionsbedingungen der französischen Elektroindustrie, daß die verschiedenen Elemente ersterer z. Z. eine kontinuierliche Aufwärtsbewegung durchmachten, die Anlaß zu ernsten Befürchtungen gäbe. Nicht nur die Rohstoffe stiegen ständig, sondern auch die Löhne und diese vor allem infolge des großen Mangels an Arbeitskräften, der weit weniger auf das Blühen der Industrien zurückzuführen sei als auf die im Weltkrieg erlittenen Verluste und auf die während seiner Dauer stark verminderte Geburtenzahl. Eine unmittelbare Beziehung zwischen dem heute herrschenden Arbeitermangel und dem Rhythmus der industriellen Tätigkeit bestehe demnach nicht, dagegen wäre ein Eintreten von Arbeitslosigkeit in Frankreich zweifellos das Anzeichen für ein besonders schweres Erlahmen des wirtschaftlichen Schaffens. Als wesentliches Mittel gegen das Wachsen der Gestehungskosten wurden Verbesserung der Fabrikationsmethoden, aber auch als Aufgabe des Staats maßvolle soziale Gesetzgebung und fiskalische Erleichterungen empfohlen. In ähnlichem Sinn hatte sich schon Ende 1929 der Kongreß des „Nationalen Verbandes der französischen wirtschaftlichen Expansion" ausgesprochen und als Voraussetzungen für eine Steigerung des französischen Exports, bessere Organisierung und Erweiterung des Kredits, Vervollkommnung der Arbeitsmethoden sowie der Normung, fortschreitende Ersetzung der menschlichen durch die mechanischen Arbeitskräfte und geringere fiskalische Belastung gefordert. *Dr. Uc.*

Elektrotechnischer Außenhandel der V. S. Amerika[1]. — Der April 1930 hat für die Ausfuhr elektrischer Maschinen, Apparate und Zubehörteile einen Wert von 11 453 561 $ ergeben, d. s. 741 437 $ oder 6 % weniger als im gleichen Monat des Vorjahres (12 194 998 $). Diesem gegenüber ist der Export von Transformatoren, Starkstromschalttafeln, Staubsaugern, Radioempfängern, Fernsprecheinrichtungen mit Ausnahme der Apparate und Schalttafeln, deren Ausfuhrwert sich verringert hat, nennenswert gestiegen, während er u. a. bei kleineren Gleichstromerzeugern, Taschenlampenbatterien und -gehäusen, Elektrizitätszählern, stationären Motoren bis 20 PS, Waschmaschinen für den Haushalt und nicht näher bezeichneten Apparaten eine merkliche Abnahme aufweist.

Neue Preise des Leitungsdrahtkartells. — Ab 1. VII. sind neue Preise und Verkaufsbedingungen in Kraft gesetzt worden. Die „Vaulefa" Vereinigte Leitungsdraht-Fabriken G. m. b. H. verkaufen nach der Berl. Börsenzg. zentral für die ihr angeschlossenen Drahtfabriken, die vier elektrotechnischen Großfirmen (AEG, Bergmann, Rhein. Draht- und Kabelwerke, SSW) wie bisher durch ihre Bureaus und Vertretungen.

Verpflichtungen bei Ankurbelungsaufträgen. — Das Reichskabinett hat beschlossen, den Firmen, die durch das Arbeitsbeschaffungsprogramm der Reichsregierung zusätzliche Aufträge erhalten, folgende Verpflichtungen aufzuerlegen:

1. Die Firmen müssen sich verpflichten, die fraglichen Aufträge ohne Überstunden auszuführen. Es soll Sorge dafür getragen werden, daß ausreichende Lieferfristen gestellt werden.
2. Die Firmen müssen sich ferner verpflichten, sich die Arbeitskräfte, die sie zur Erledigung der zusätzlichen Aufträge einstellen, von den Arbeitsämtern nachweisen zu lassen.
3. Die Firmen müssen sich schließlich verpflichten, für die zusätzlichen Aufträge nur inländisches Material zu verwenden, falls dieser Verwendung nicht aus technischen Gründen oder aus Gründen der Preisgestaltung unüberwindliche Hindernisse entgegenstehen.

Reichsbahn und Reichspost haben sich bereiterklärt, ihren Lieferfirmen die vorstehenden Verpflichtungen aufzuerlegen.

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1140; 1930, S. 660.

[1] El. World Bd. 95, 1930, S. 1357. Vgl. ETZ 1929, S. 1140.

Berichtigung.

In dem Aufsatz „Über die Oberwellen in den Magnetisierungströmen von Drehstromtransformatoren", ETZ 1930, S. 1061, ist in Abb. 14 auf S. 1065 der Abszissenmaßstab mit 10 zu vervielfachen. In beiden Teildarstellungen der Abb. 14 müssen also die Zahlen an den Abszissen wie folgt lauten: 10 000, 15 000, 20 000 Gauß.

Bezugsquellenverzeichnis.

Abschluß des Heftes: 26. Juli 1930.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Elektrohubkarren.

Mitteilung der AEG.

Um den Elektrokarren im praktischen Betriebe möglichst kurzzeitig seiner eigentlichen Arbeit, dem Befördern von Gütern, zu entziehen, ist es erforderlich, die Be- und Entladezeiten so gering wie möglich zu halten. Die Erreichung dieses Zieles wird vielfach nur durch die Verwendung von Elektrohubkarren möglich sein. Bei diesen Fahrzeugen wird nicht die Plattform des Elektrokarrens beladen, sondern besondere Ladebänke, die alsdann von dem Elektrokarren aufgenommen und befördert werden.

In Abb. 1 ist ein derartiger Elektrohubkarren der AEG für eine Tragfähigkeit von 750 kg dargestellt.

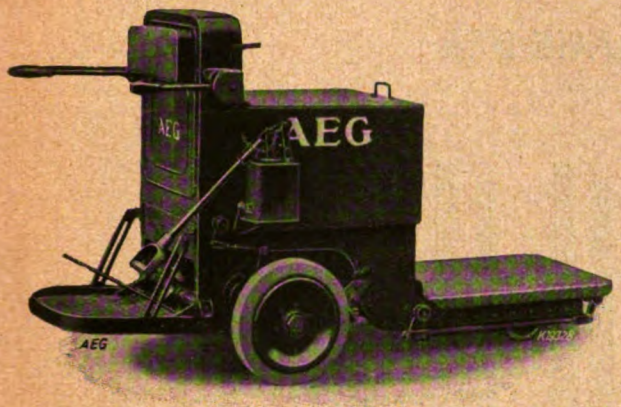


Abb. 1. AEG-Elektrohubkarren EH 752 mit hydraulisch-mechanischer Hubvorrichtung für eine Tragkraft von 750 kg.

Abb. 2. AEG-Elektrohubkarren EH 752 in einer Armaturenfabrik.

Das Fahrzeug gleicht bezüglich seines Fahrantriebes der bekannten Ausführung der gewöhnlichen Elektrokarren mit fester Plattform. Zur Erzielung einer geringen Plattformhöhe ist der Rahmen abgesetzt, und unterhalb der Plattform sind Räder mit kleinem Durchmesser vorhanden. Die Lenkachse ist mit dem tiefliegenden Teil des Rahmens fest verbunden; die Räder dieser Achse sind auf schwenkbaren Achsschenkeln gelagert. Die Treibachse ist mit dem Rahmen durch lange Blattfedern verbunden und gibt dadurch der oberhalb in einem besonderen Blechschutzkasten untergebrachten Batterie eine weiche Abfederung. Die Bremsung des Fahrzeuges kann durch eine Kurzschlußbremse oder durch die auf die Treibräder wirkende mechanische Innenbackenbremse erfolgen. Gelenkt werden die zwei Laufräder mit kleinem Durchmesser durch einen am Fahrschalterschrank angebrachten und in senkrechter Ebene schwingenden Lenkhebel. Für das Heben der Plattform ist ein hydraulisches Hubwerk vorhanden. Der Fahrschalter für die Stromzuführung zu dem Motor sowie die sonst erforderliche Apparatur sind in dem abschließbaren Schaltschrank untergebracht. Mit dem vollbeladenen Fahrzeug wird in der Ebene eine Geschwindigkeit bis zu 8 km/h erzielt. Die Batterie mit der größten einbaufähigen Kapazität ergibt einen Fahrbereich in der Ebene von etwa 30 km.

Abb. 3. AEG-Elektrohubkarren für 2000 kg Tragkraft mit Ladegerüst für Kerne.

Die Betriebsaufnahme (Abb. 2), die das Fahrzeug in einer Armaturenfabrik zeigt, läßt erkennen, daß die Ausbildung der Ladebänke zweckmäßig in Kastenform geschieht, um eine möglichst große Zahl von Teilen sicher befördern zu können.

Abb. 3 zeigt einen Elektrohubkarren für eine Tragfähigkeit von 2000 kg, der in seiner Ausführung dem oben beschriebenen Fahrzeuge gleicht, jedoch entsprechend kräftiger gehalten ist, und in dem das Hubwerk für die heb- und senkbare Plattform elektrisch angetrieben wird. Hierbei sei noch auf die besondere Bauart der Ladebank hingewiesen, die zur Aufnahme von Kernen zur Trocknung in dem Trockenofen dient. Das regalartig ausgebildete Gerüst ist ganz aus Eisen hergestellt und in seinen Abmessungen so gehalten, daß es von dem Elektrohubkarren mit gesenkter Plattform unterfahren, angehoben und befördert werden kann.

Digitized by Google

ANSIEDLUNGSORTE FÜR FABRIKANLAGEN MIT STROMBEDARF

IN DER NÄHE DER

LAGE:

MITTELDEUTSCHES BRAUNKOHLENGEBIET

VORTEILHAFTESTE STROMPREISE

BILLIGES BAUGELÄNDE

GÜNSTIGE VERKEHRSVERBINDUNG

AUSKUNFT DURCH:

ELEKTROWERKE A.G. BERLIN W62

KURFÜRSTENSTRASSE 112

Digitized by Google

AUG 21 1930

E T Z

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

INHALT

Einrichtung zum Prüfen und Messen von Hochspannungsanlagen. Von K. Täuber. 1125

Beitrag zur Temperaturmessung von Kommutatoren im Betrieb. Von A. Schliephake. 1128

Die Gestehungskosten des Stromes in großen Steinkohlenkraftwerken auf Grund von Erfahrungswerten. (Schluß.) Von Fr. Schraeder. 1131

Die Elektrisierung der britisch-indischen Bahnen. Von v. Stritzl. 1135

Ein Vorschlag zur Ausgestaltung der Transformatorenöl-Prüfung. Von v. d. Heyden u. Typke. 1137

Über die Stirnform und die Absenkung der Stirnsteilheit durch Kondensatoren bei durch Funken in Luft ausgelösten Wanderwellen. Von W. Schilling u. J. Lenz. 1138

Zur Großfernversorgung. Von M. Rehmer u. E. Rühle. 1141

Ergebnisse der im April 1929 bei den Berliner Rundfunkteilnehmern gehaltenen Umfrage über die Empfangsverhältnisse. Von F. Kiebitz. 1142

Amerikanische Stellungnahme zur Blitzschutzfrage. Von A. Matthias. 1143

Rundschau

Erzförderung und Mannschaftsfahrt im Schleppschacht. 1145 — Jahresbericht der amerik. Kabelkommission. 1146 — Freileit.-Isolat. 1146 — Fortschr. in der Flugverkehrsbeleucht. in den V. S. Amerika. 1146 — Eine neue Universal-Hochvakuum-Ofenanlage. 1146 — El. Wärmespeicher m. Ölfüll. 1147 — Fernbedien. einer Gruppe von Synchronmot. 1147 — Trägheitslose Zerspanungsmess. an Werkzeugen. 1148 — Steuerungen f. Greiferwinden. 1148 — Zur Beurteil. v. Eisenkernen i. d. Schwachstromtechnik. 1149 — Die Funkanl. des Dampfers „Europa". 1149 — Das dritte Ostpreußenkabel (1929). 1149 — Der mittels Quarzkristall gesteuerte Röhrensender. 1150 — Erzwung. Kippschwing. u. ihre techn. Anwend. 1150 — Das Minimum der Durchbruchfeldstärke. 1151 — Allg. Verfahren z. Entwerfen von graph. Rechentafeln, insbes. v. Fluchtlinientaf. 1151 — Ferienkurse a. d. Bergakademie Clausthal. 1152 — Neue Normbl. des DNA. 1152 — Lieferbeding. f. Holzriemenscheib. 1152 — Energiewirtschaft. 1152

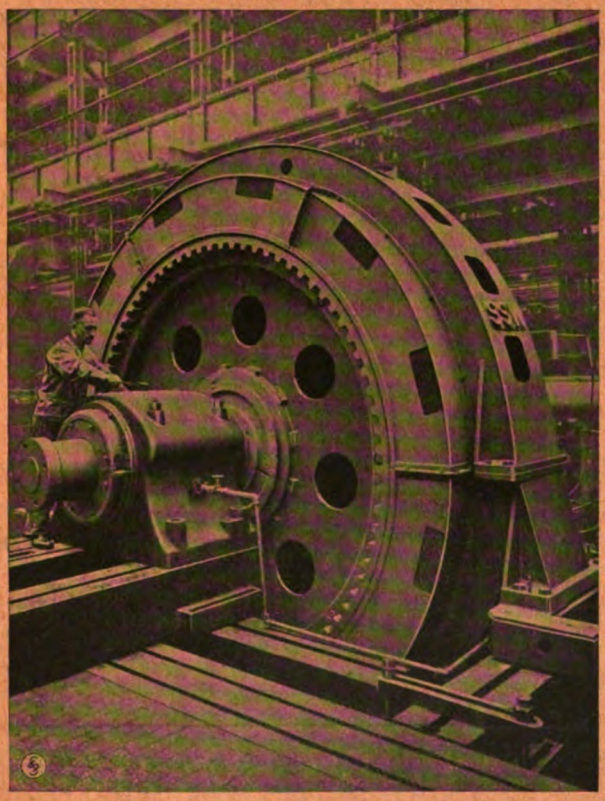
Persönliches. M. Vogelsang. 1153

Briefe a. d. Schriftleit. Typke / Baader. 1154

Literatur. H. Liebisch, H. Heinzelmann, C. Körfer, R. Feindler, Dt. Reichsbahn-Ges. 1154

Geschäftl. Mitteilungen. 1155

Kompressor-Antriebe
für die Stickstoff-Industrie



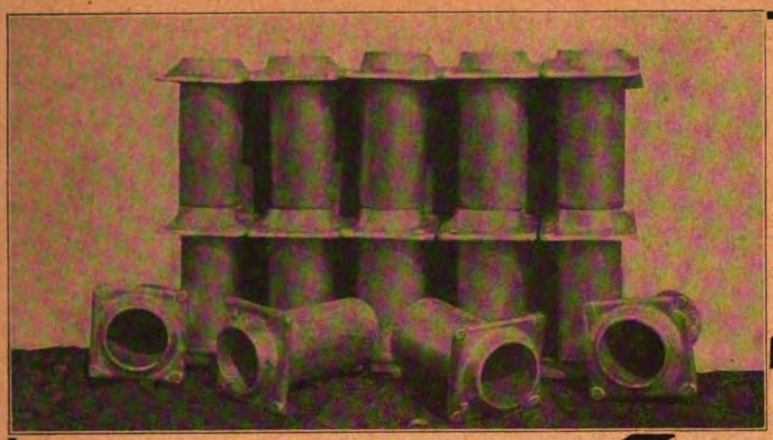
geliefert mit Einzelleistungen bis 2000 kW

Wirbelstromläufer von 2000 kW, 120 U/min, für direktes Einschalten

SIEMENS-SCHUCKERT

32. HEFT · 51. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9
(1125-1156) 7. August 1930

Digitized by Google



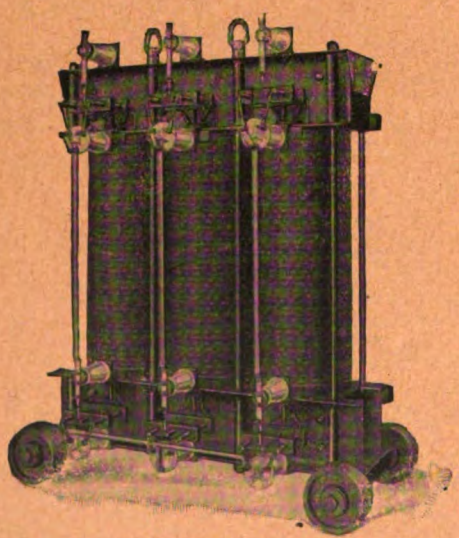
ca. 70% leichter und ca. 30% billiger

als Rotguß und Messing ist die Aluminiumgußlegierung »Silumin«. Sie vereint mit ausgezeichneten Gießeigenschaften einen guten elektrischen Leitwert (20—22 $\frac{m}{Ohm\ mm^2}$). Verlangen Sie unsere Prospekte.

METALLGESELLSCHAFT A.G., FRANKFURT a. M.
BOCKENHEIMER ANLAGE 45.

SILUMIN

TRANSFORMATOREN



Drehstrom-Trocken-Spezial-Transformator
500 kVA, 6300/400/231 Volt, Oberspannungsseite

Drehstrom-Oel-Transformatoren
Transformatoren mit Stufenschalter
für Gleichrichteranlagen – Ofen-
Transformatoren – Schweiss-
Transformatoren – Trok-
ken - Transformatoren
Streu-Transforma-
toren – Klein-
Transforma-
toren

VOLTA-WERKE Elektricitäts-Aktien-Gesellschaft
BERLIN - WAIDMANNSLUST

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

51. Jahrgang **Berlin, 7. August 1930** **Heft 32**

Einrichtung zum Prüfen und Messen von Hochspannungsanlagen.

Von **Konrad Täuber**, München.

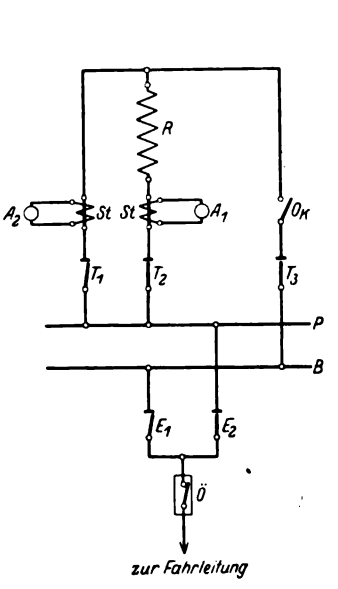
Übersicht. Es wird eine auf den elektrisierten Strecken im bayerischen Netz der Deutschen Reichsbahn eingeführte Prüfeinrichtung beschrieben. Die Einrichtung, deren Anwendung auch für die allgemeinen Licht- und Kraftversorgungsnetze zweckmäßig erscheint, ermöglicht außer der betriebsmäßigen Prüfung von Anlagenteilen mit einer der Betriebspannung synchronen Hochspannung auf Kurzschluß, Erdschluß, Unterbrechung, induktive oder kapazitive Belastung, Ableitung durch schlechte Isolation, auch die Messung von Widerständen bei vorliegenden Erd- oder Kurzschlüssen mittels Hochspannung und damit Fehlerortsbestimmung von Leitungen. Die Einrichtung benutzt einen Umspanner, dem ein ohmscher Widerstand auf der Niedervoltseite vorgeschaltet wird. Auf die Möglichkeit der Ausführung im kleinen als ortsbewegliche Einrichtung wird hingewiesen.

Das Wiedereinschalten von durch Überstrom ausgelösten Ölschaltern von Hochspannungsleitungen ohne vorherige Prüfung wird immer als notwendiges Übel empfunden. Bei Netzen mit großer Maschinenleistung und geringen Leitungsreaktanzen sowie in solchen Fällen, wo die Kurzschlüsse sehr häufig sind, wie im elektrischen Bahnbetrieb, war man daher immer schon bemüht, nach der Auslösung eines Schalters durch Überstrom die Leitung vor dem Wiedereinschalten zu prüfen. Die Einrichtung hierzu besteht im allgemeinen darin, daß zwischen der zu prüfenden Leitung und der Betriebsammelschiene ein hochohmiger Widerstand eingeschaltet wird, der bei Vorliegen eines Kurzschlusses den Strom auf das dem vorgeschalteten Widerstand entsprechende Maß begrenzt. Die Prüfeinrichtung wird im allgemeinen in Verbindung mit einem Sammelschienen-Kuppelschalter nach Abb. 1 ausgeführt. Die Notwendigkeit, den hochohmigen Widerstand als Hochspannungsapparat zu behandeln, bedingt seine Unterbringung in einer Hochspannungszelle und damit eine nicht unwesentliche Raumbeanspruchung, namentlich wenn die zu prüfende Leitung länger als zur Feststellung der Prüfstromstärke notwendig unter Spannung gehalten werden soll und der Prüfstrom so groß sein soll, daß er mit Sicherheit von der Ladestromstärke des zu prüfenden Leitungsnetzes oder bei Fahrleitungsnetzen von dem Leerlaufstrom von Lokomotiven unterschieden werden kann. Aber auch dann noch können falsche Meßergebnisse auftreten, wenn kein satter Kurzschluß vorliegt, u. zw. da, wo ein größerer Übergangswiderstand zwischen Leitung und Erde vorliegt.

Außer der vorstehend beschriebenen Prüfeinrichtung ist eine von den Ateliers de Constructions Electriques de Charleroi stammende Einrichtung über „allmähliches Unterspannungsetzen von Kabeln und Transformatoren“ bekannt geworden[1], die auf andere Weise den gleichen Zweck verfolgt, nämlich ein wiederholtes Einschalten auf einen bestehenden Kurz- oder Erdschluß zu verhüten.

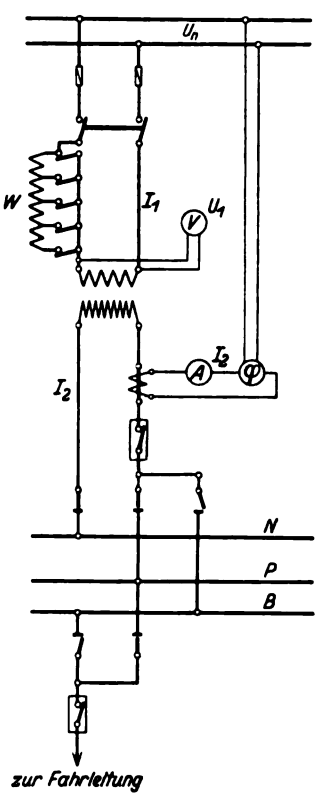
In den Bahnstromunterwerken des elektrisierten bayerischen Netzes der DRG wurde eine neue Streckenprüfeinrichtung[2] nach Abb. 2 eingebaut, die sich gut bewährt hat. Die zum Prüfen benötigte Hochspannung wird mit einem besonderen Prüfumspanner erzeugt, der im allgemeinen als Reserveumspanner für den Werkbedarf in den Unterwerken bereits vorhanden war, so daß nur geringe Abänderungen notwendig waren und der Umspanner seiner eigentlichen Aufgabe, im Bedarfsfalle für den Arbeitsbedarf des Werkes herangezogen werden zu können, erhalten bleibt.

Der regelbare ohmsche Widerstand W im Primärkreis (Niedervoltkreis) hat die Aufgabe, im Falle eines Kurzschlusses auf der zu prüfenden Hochvoltleitung die Strom-



A Strommesser
B Betriebschiene
E Trennschalter
Ö Ölschalter
O_k Kuppelschalter
P Prüfschiene
R Prüfwiderstand
St Stromwandler
T Trennschalter

Abb. 1. Prüfeinrichtung mit Widerstand im Hochvoltkreis.



U_n Niederspannung
N Nullschiene
B Betriebschiene
P Prüfschiene
W Widerstand

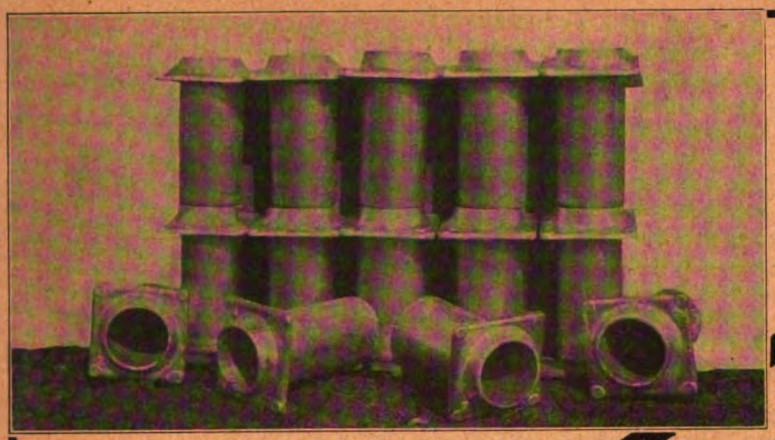
Abb. 2. Prüfeinrichtung mit Prüfumspanner und Widerstand im Niedervoltkreis.

stärke zu begrenzen und nötigenfalls durch Abschalten von Widerstand festzustellen, ob der Prüfstrom über induktive oder ohmsche Widerstände fließt, was namentlich für ein Fahrleitungsnetz von Wichtigkeit ist. Die Regelbarkeit des Widerstandes ist nicht unbedingt notwendig, nur bei Fahrleitungsnetzen ist sie zweckmäßig.

Das Arbeiten der Prüfeinrichtung bei den verschiedenen Zuständen der zu prüfenden Leitung ist in Vektordiagrammen dargestellt. Abb. 3 entspricht dem Fall, daß die zu prüfende Leitung Erdschluß oder Kurzschluß hat. Da dann die Widerstände im Sekundärkreis und im Prüfumspanner sehr klein sind, wird fast die gesamte Primärspannung im Vorschaltwiderstand W vernichtet. Die Klem-

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1093.
[2] DRP. 478 204.

Digitized by Google



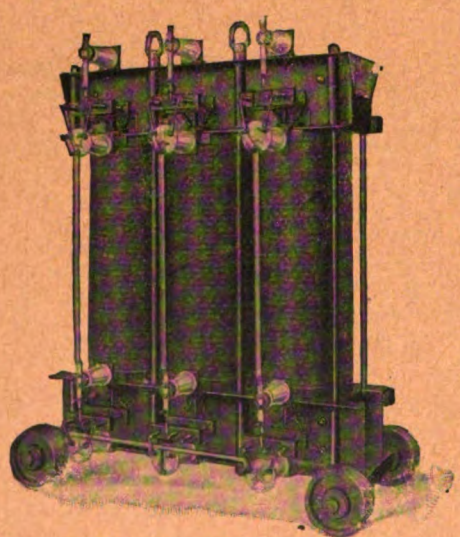
ca. 70% leichter und ca. 30% billiger

als Rotguß und Messing ist die Aluminiumgußlegierung »Silumin«. Sie vereint mit ausgezeichneten Gießeigenschaften einen guten elektrischen Leitwert (20—22 $\frac{m}{Ohm\ mm^2}$). Verlangen Sie unsere Prospekte.

METALLGESELLSCHAFT A.G., FRANKFURT a. M.
BOCKENHEIMER ANLAGE 45.

SILUMIN

TRANSFORMATOREN



Drehstrom-Trocken-Spezial-Transformator
500 kVA, 6300/400/231 Volt, Oberspannungsseite

Drehstrom-Oel-Transformatoren
Transformatoren mit Stufenschalter für Gleichrichteranlagen – Ofen-Transformatoren – Schweiss-Transformatoren – Trok-ken - Transformatoren Streu-Transforma-toren – Klein-Transforma-toren

VOLTA-WERKE Elektricitäts-Aktien-Gesellschaft BERLIN - WAIDMANNSLUST

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

51. Jahrgang **Berlin, 7. August 1930** **Heft 32**

Einrichtung zum Prüfen und Messen von Hochspannungsanlagen.

Von **Konrad Täuber**, München.

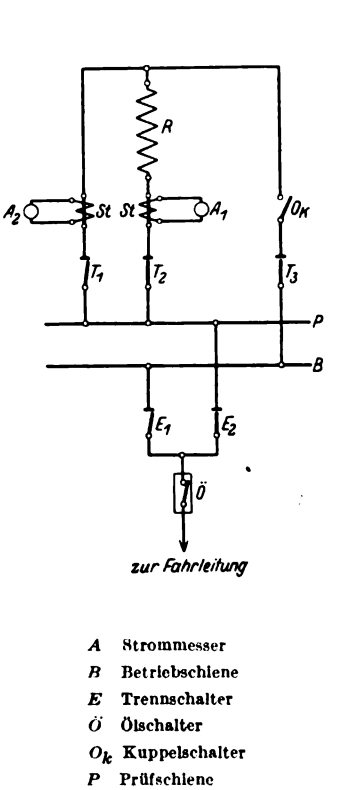
Übersicht. Es wird eine auf den elektrisierten Strecken im bayerischen Netz der Deutschen Reichsbahn eingeführte Prüfeinrichtung beschrieben. Die Einrichtung, deren Anwendung auch für die allgemeinen Licht- und Kraftversorgungsnetze zweckmäßig erscheint, ermöglicht außer der betriebsmäßigen Prüfung von Anlagenteilen mit einer der Betriebspannung synchronen Hochspannung auf Kurzschluß, Erdschluß, Unterbrechung, induktive oder kapazitive Belastung, Ableitung durch schlechte Isolation, auch die Messung von Widerständen bei vorliegenden Erd- oder Kurzschlüssen mittels Hochspannung und damit Fehlerortsbestimmung von Leitungen. Die Einrichtung benutzt einen Umspanner, dem ein ohmscher Widerstand auf der Niedervoltseite vorgeschaltet wird. Auf die Möglichkeit der Ausführung im kleinen als ortsbewegliche Einrichtung wird hingewiesen.

Das Wiedereinschalten von durch Überstrom ausgelösten Ölschaltern von Hochspannungsleitungen ohne vorherige Prüfung wird immer als notwendiges Übel empfunden. Bei Netzen mit großer Maschinenleistung und geringen Leitungsreaktanzen sowie in solchen Fällen, wo die Kurzschlüsse sehr häufig sind, wie im elektrischen Bahnbetrieb, war man daher immer schon bemüht, nach der Auslösung eines Schalters durch Überstrom die Leitung vor dem Wiedereinschalten zu prüfen. Die Einrichtung hierzu besteht im allgemeinen darin, daß zwischen der zu prüfenden Leitung und der Betriebsammelschiene ein hochohmiger Widerstand eingeschaltet wird, der bei Vorliegen eines Kurzschlusses den Strom auf das dem vorgeschalteten Widerstand entsprechende Maß begrenzt. Die Prüfeinrichtung wird im allgemeinen in Verbindung mit einem Sammelschienen-Kuppelschalter nach Abb. 1 ausgeführt. Die Notwendigkeit, den hochohmigen Widerstand als Hochspannungsapparat zu behandeln, bedingt seine Unterbringung in einer Hochspannungszelle und damit eine nicht unwesentliche Raumbeanspruchung, namentlich wenn die zu prüfende Leitung länger als zur Feststellung der Prüfstromstärke notwendig unter Spannung gehalten werden soll und der Prüfstrom so groß sein soll, daß er mit Sicherheit von der Ladestromstärke des zu prüfenden Leitungsnetzes oder bei Fahrleitungsnetzen von dem Leerlaufstrom von Lokomotiven unterschieden werden kann. Aber auch dann noch können falsche Meßergebnisse auftreten, wenn kein satter Kurzschluß vorliegt, u. zw. da, wo ein größerer Übergangswiderstand zwischen Leitung und Erde vorliegt.

Außer der vorstehend beschriebenen Prüfeinrichtung ist eine von den Ateliers de Constructions Electriques de Charleroi stammende Einrichtung über „allmähliches Unterspannungsetzen von Kabeln und Transformatoren“ bekannt geworden[1], die auf andere Weise den gleichen Zweck verfolgt, nämlich ein wiederholtes Einschalten auf einen bestehenden Kurz- oder Erdschluß zu verhüten.

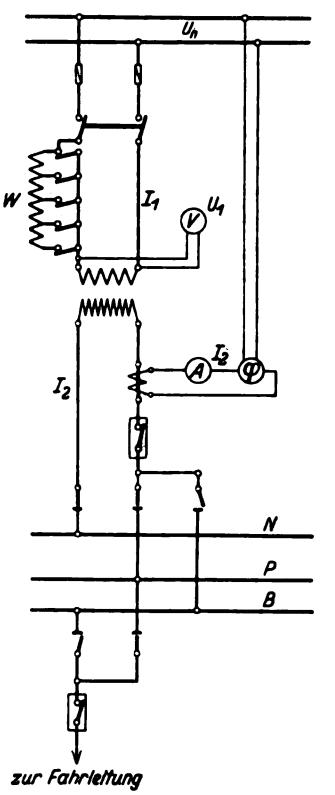
In den Bahnstromunterwerken des elektrisierten bayerischen Netzes der DRG wurde eine neue Streckenprüfeinrichtung[2] nach Abb. 2 eingebaut, die sich gut bewährt hat. Die zum Prüfen benötigte Hochspannung wird mit einem besonderen Prüfumspanner erzeugt, der im allgemeinen als Reserveumspanner für den Werkbedarf in den Unterwerken bereits vorhanden war, so daß nur geringe Abänderungen notwendig waren und der Umspanner seiner eigentlichen Aufgabe, im Bedarfsfalle für den Arbeitsbedarf des Werkes herangezogen werden zu können, erhalten bleibt.

Der regelbare ohmsche Widerstand W im Primärkreis (Niedervoltkreis) hat die Aufgabe, im Falle eines Kurzschlusses auf der zu prüfenden Hochvoltleitung die Stromstärke zu begrenzen und nötigenfalls durch Abschalten von Widerstand festzustellen, ob der Prüfstrom über induktive oder ohmsche Widerstände fließt, was namentlich für ein Fahrleitungsnetz von Wichtigkeit ist. Die Regelbarkeit des Widerstandes ist nicht unbedingt notwendig, nur bei Fahrleitungsnetzen ist sie zweckmäßig.



A Strommesser
B Betriebschiene
E Trennschalter
Ö Ölschalter
O_k Kuppelschalter
P Prüfschiene
R Prüfwiderstand
St Stromwandler
T Trennschalter

Abb. 1. Prüfeinrichtung mit Widerstand im Hochvoltkreis.



U_n Niederspannung
N Nullschiene
B Betriebschiene
P Prüfschiene
W Widerstand

Abb. 2. Prüfeinrichtung mit Prüfumspanner und Widerstand im Niedervoltkreis.

Das Arbeiten der Prüfeinrichtung bei den verschiedenen Zuständen der zu prüfenden Leitung ist in Vektordiagrammen dargestellt. Abb. 3 entspricht dem Fall, daß die zu prüfende Leitung Erdschluß oder Kurzschluß hat. Da dann die Widerstände im Sekundärkreis und im Prüfumspanner sehr klein sind, wird fast die gesamte Primärspannung im Vorschaltwiderstand W vernichtet. Die Klem-

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1093.
[2] DRP. 478 204.

Digitized by Google

menspannung U_1 wird fast Null, die Ströme I_1 und I_2 erhalten ihre größten Werte. Da der Leistungsfaktormesser nicht an die Spannung U_2, sondern an die konstante Netzspannung U_n angelegt ist, ist die Phasenverschiebung sehr klein, cos φ fast gleich 1. Jedes von den 3 Instrumenten Strom-, Spannungs- und Leistungsfaktormesser zeigt für

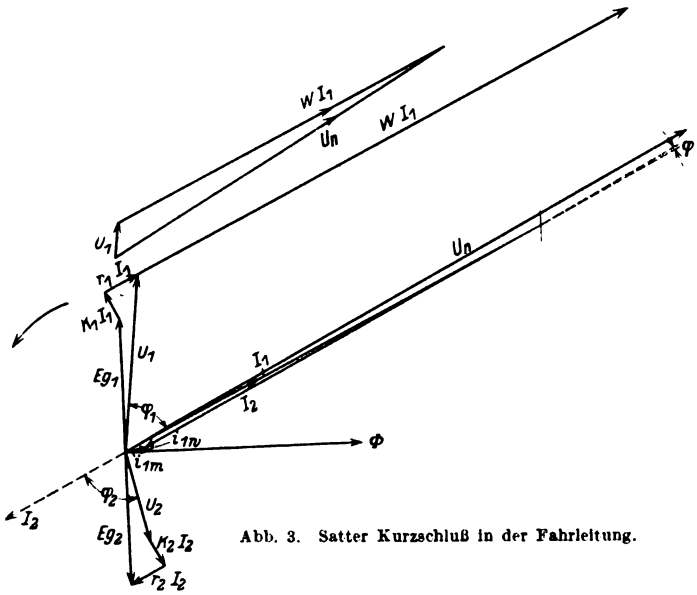


Abb. 3. Satter Kurzschluß in der Fahrleitung.

sich allein schon den Kurzschlußfall an. Abb. 4 stellt einen Fall dar, wo ein größerer Übergangswiderstand zwischen der zu prüfenden Leitung und Erde vorhanden ist, so daß an den Klemmen des Prüfumspanners noch eine größere Spannung herrscht. Da dieser Fall aus den Instrumentenangaben in bezug auf die Art des im Prüfkreis vorhandenen Widerstandes sich nicht eindeutig darstellt, muß noch festgestellt werden können, ob der im Prüfkreis vorhandene Widerstand induktiver oder ohmscher Natur ist, was dadurch möglich ist, daß ein Teil des vorgeschalteten Widerstandes abgeschaltet wird. Hierdurch tritt eine Erhöhung der Klemmenspannung des Prüfumspanners ein, wodurch beim Vorliegen einer induktiven Belastung der Leitung der Phasenwinkel φ sich vergrößert, während beim Vorliegen von ohmschem Widerstand (Übergangswiderstand, Stehlichtbogen usw.) keine Veränderung des cos φ eintritt. Ist die Leitung kurz- oder erdschlußfrei und auch nicht belastet, so ergibt die Prüfung ein Bild

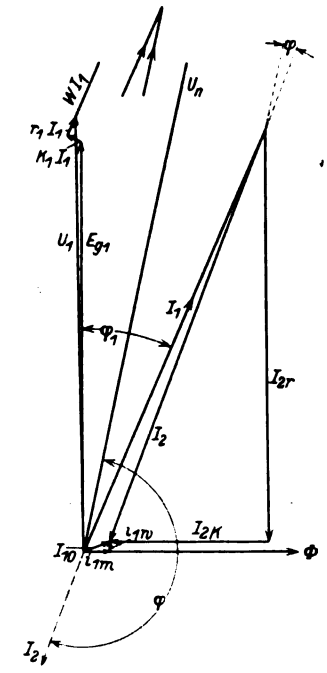


Abb. 4. Kurzschluß in der Fahrleitung mit hohem Übergangswiderstand.

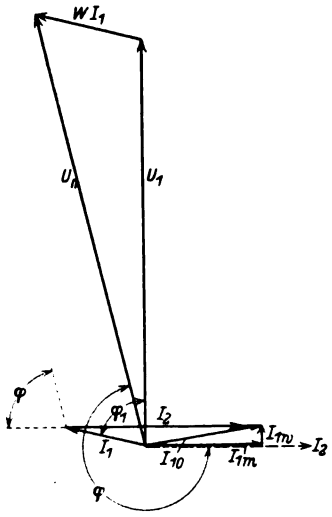


Abb. 5. Kurzschlußfreie, unbelastete Fahrleitung ohne Ableitungsstrom.

nach Vektordiagramm Abb. 5 oder 6. Von besonderem Interesse ist hier, daß die Größe des Ableitungsstromes, der bei feuchter Witterung, verrußten oder verschmutzten Isolatoren auftritt, nach dem Phasenwinkel φ beurteilt werden kann. Aus der Größe des Ladestroms I_2 kann die Länge der angeschlossenen Leitung oder die Lage einer Unterbrechungsstelle oder die irrtümliche Zusammenschaltung mit anderen Netzabschnitten beurteilt werden.

Von Wichtigkeit ist, daß die Prüfeinrichtung vom Schaltpersonal bedient werden kann, daß keinerlei Berührung mit hochspannungführenden Leitungsteilen und Apparaten notwendig wird und daß keinerlei Gefahren oder Störungen durch Übertreten von Netzspannung in den Prüfkreis (Kuppelschalter, fahrende Lokomotiven) auftreten können, da Prüfspannung und Netzspannung synchron sind. Sehr wertvoll für den Betrieb ist auch der Umstand, daß die gestörte Leitung dauernd unter Prüfspannung bleiben kann, bis der Fehlerort eingegrenzt und abgeschaltet ist, und alle Vorgänge an der zu prüfenden Leitung an den Instrumenten der Prüfeinrichtung im Unterwerk verfolgt werden können (Betätigen von Trennschaltern, Arbeiten von Netzkuppelschaltern, Erden der Leitung usw.). Auch beim Suchen von Fehlern, die nicht leicht auffindbar sind (Isolatorenschäden, Schäden in Kabelstrecken), erweist sich die Prüfeinrichtung von Vorteil, da die Fehlerstelle beim Absuchen leicht gefunden wird,

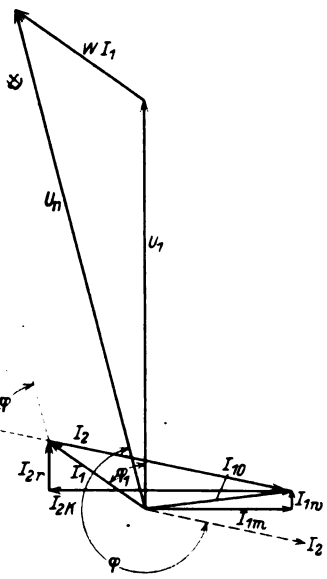
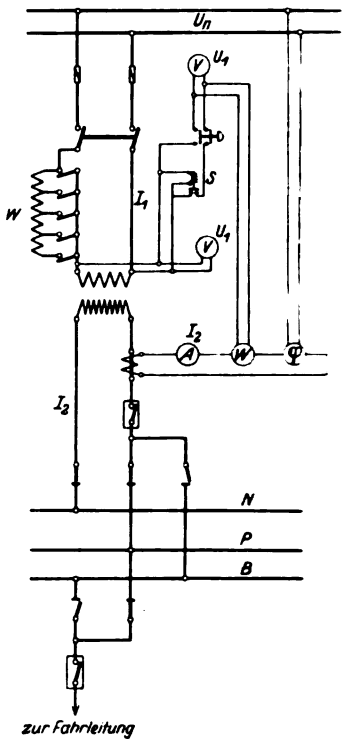


Abb. 6. Kurzschlußfreie, unbelastete Fahrleitung mit größerem Ableitungsstrom.



B Betriebschiene *P* Prüfschiene
D Druckknopf *S* Spannungsrückgangs-Relais
U_n Niederspannung
N Nullschiene *W* Widerstand

Abb. 7. Prüf- und Meßeinrichtung.

wenn dauernd die Prüfspannung auf der Leitung liegt und der begrenzte Kurzschlußstrom über Stehlichtbogen dauernd bestehen bleiben kann. Um Leitungen oder Apparate mit höherer Spannung als der Betriebspannung prüfen zu können, wird die Prüfspannung durch Zusatztransformator erhöht, was hauptsächlich da von Wert ist, wo wie in Fahrleitungsnetzen die Netzgruppen nur durch Isolatoren voneinander getrennt sind und die Prüfung einer Gruppe mit nicht synchroner Spannung zum Überschlag über den trennenden Isolator und zum Kurzschluß führt.

Die Größenverhältnisse der Prüfeinrichtung richten sich nach der Größe des Kurzschluß-Prüfstroms und der zu prüfenden Streckenabschnitte. Der Kurzschluß-Prüfstrom kann sehr klein gehalten werden. Der Kapazitätsladestrom der größten mit voller Betriebspannung zu prüfenden Leitung ist daher bestimmend für die Größe des Prüfumspanners. Für Prüfungen, bei denen keine Anlageteile mit größeren Kapazitäten in Frage kommen, kann die Einrichtung sehr klein gehalten und ortsbeweglich ausgeführt werden[3].

[3] Vgl. a. El. Bahnen Bd. 3, S. 251 (1927).

Digitized by Google

Eine weitere Aufgabe der beschriebenen Prüfeinrichtung besteht darin, daß sie auch zum Messen der Widerstände von Hochspannungsanlagen verwendet werden kann. Abb. 7 zeigt die Schaltung der Prüfeinrichtung zum Messen von Widerständen im angeschlossenen Sekundärkreis[4]. Zeigt die angeschlossene Leitung beim Prüfen Erd- oder Kurzschluß, ist also die Klemmenspannung U_1 am Prüfumspanner sehr gering (s. Vektordiagramm Abb. 3), so sind die Eisenverluste im Prüfumspanner sehr klein, der Sekundärstrom I_2 ist in Größe und Phase genau gleich $I_1 \cdot w_1/w_2$ (w_1/w_2 Übersetzungsverhältnis).

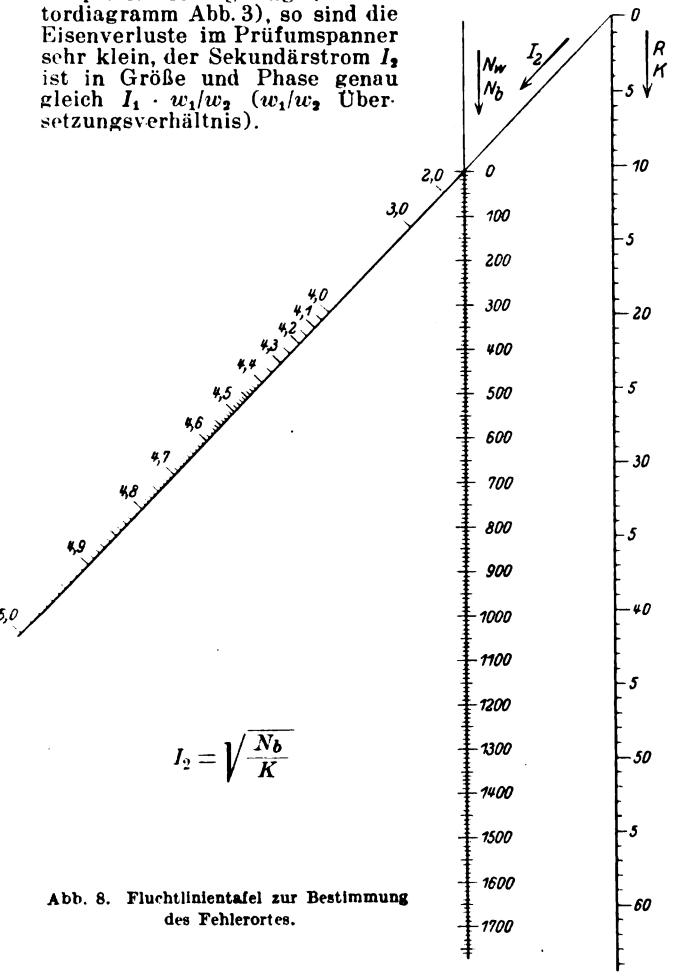


Abb. 8. Fluchtlinientafel zur Bestimmung des Fehlerortes.

Da die Ermittlung der Widerstände aus Spannung und Strom wegen der kleinen Spannungswerte und der Fehler der auf der Sekundärseite notwendigen Spannungswandler nicht zweckmäßig ist, erfolgt die Bestimmung der Widerstände nach der Formel:

Wirkleistung N_r = ohmscher Widerstand mal Stromquadrat
Blindleistung N_b = induktiver „ „ „ .

Die vom Prüfumspanner aufgenommene Wirk- und Blindleistung kann mittels Leistungsmessers genau bestimmt werden, ebenso der Strom $I_1 = I_2 \cdot w_1/w_2$. Daraus berechnet sich der zu suchende Widerstand der angeschlossenen Leitung zu

$$r_x = \frac{N_r}{I_2^2} - (r_1 + r_2) \text{ für den ohmschen Widerstand,}$$

$$k_x = \frac{N_b}{I_2^2} - (k_1 + k_2) \text{ „ „ induktiven „ .}$$

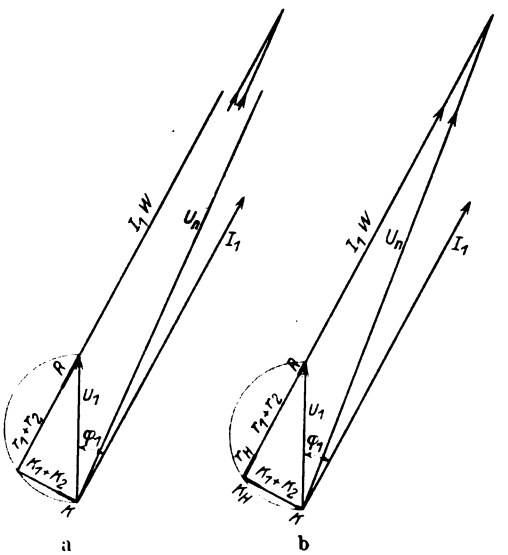
Die Widerstände r_1, r_2 und k_1, k_2 sind die ohmschen bzw. induktiven Widerstände des Umspanners, auf die Hochspannungseite bezogen. Sie werden erstmals durch Kurzschließen des Sekundärkreises nach dem beschriebenen Meßverfahren bestimmt. Die Verluste im Umspanner durch Magnetisierung und Hysteresis sind bei geringer Klemmenspannung U_1 gegenüber N_r und N_b sehr klein und können daher vernachlässigt werden. Bei größerem U_1 können sie auch berücksichtigt werden. Die aufgenommenen Leistungen (N_r und N_b) werden am besten mit einem vereinigten Wirk- und Blindleistungsmesser mit niedrigem Spannungsmeßbereich gemessen.

[4] DRP. 495 200.

Bei der Messung von Leitungen handelt es sich meistens um die Feststellung des Fehlerortes. Da die Leitungsreaktanz im allgemeinen verhältnisgleich zur Länge der Leitung angenommen werden kann, kann aus der Messung von N_b und I_1 oder I_2 die Entfernung des Fehlerortes von der Meßstelle berechnet werden. Die in Abb. 8 dargestellte Fluchtlinientafel gestattet dies in einfacher Weise. Zur Bestimmung der Streckenimpedanz, wie dies in Fahrleitungsnetzen mit Schienenrückleitung häufig notwendig wird, ist in der gleichen Weise aus N_r und I mit der Fluchtlinientafel auch der ohmsche Widerstand zu bestimmen, aus dem alsdann der Anteil der geerdeten Rückleitung berechnet werden kann.

Zur Vermeidung der Beeinflussung des Meßergebnisses durch benachbarte Leitungen wird die Richtung des Meßstromes gewechselt. Da die beeinflussende Spannung mit der Meßspannung im allgemeinen synchron sein wird, so ergibt das arithmetische Mittel aus den Leistungsmesserangaben, die bei verschiedener Stromrichtung aufgenommen wurden, den richtigen Wert.

Die Messung mit der beschriebenen Prüfeinrichtung hat den besonderen Vorzug, daß sie betriebsmäßig ausgeführt werden kann und daß der stets unter dem Druck der Hochspannung stehende Meßstromkreis durch kleine Luftzwischenräume zwischen der Leitung und geerdeten Teilen nicht unterbrochen werden kann, sondern daß diese durchschlagen und meist durch Schmelzprodukte leitend überbrückt werden. Annäherungswerte über den vorliegenden Blindwiderstand und die Lage des Fehlerorts können schon beim Prüfen einer Leitung vom Schaltpersonal aus den Angaben des eingebauten Blindwattmeters ohne Beobachtung des Stromes gewonnen werden, da der Strom durch eine im Sekundärkreis eingetretene Widerstandsveränderung sich nur sehr wenig ändert. Im Vergleich zu dem im Primärkreis liegenden großen Widerstand W ist der Widerstand im Sekundärkreis verschwindend klein, da die Widerstände im Primär- und Sekundärkreis im



a Sekundärklemmen d. Prüfumspanners kurzgeschlossen
b Meßkreis an den Sekundärklemmen angeschlossen und Widerstände abgeglichen

U_n	Netzspannung	$r_1 + r_2$	ohmsche Widerstände des Transform.
I_1	Primärstrom	$k_1 + k_2$	induktive Widerstände des Transform.
W	ohmscher Widerstand	r_{II}	ohmscher Widerstand des Meßkreises
U_1	Primär-Klemmenspannung	k_{II}	induktiver Widerstand des Meßkreises
R	ohmscher Vergleichswiderstand		
K	induktiver Vergleichswiderstand		

Abb. 9. Diagramme der Meßeinrichtung mit eingebauten Vergleichswiderständen.

quadratischen Verhältnis der Umspannerübersetzung zueinander stehen. Dieser Umstand ist auch die Ursache, daß bei einem größeren Übersetzungsverhältnis des Prüfumspanners die Angaben des Leistungsmessers bei kurzgeschlossenen Sekundärklemmen gegenüber dem Fall, wo der Meßkreis angeschlossen ist, keine großen Unterschiede aufweisen, wenn die Meßstromstärke und der zu suchende Widerstand sehr klein sind. Bei richtiger Wahl des

Digitized by Google

Strom- und Spannungsmeßbereiches des Leistungsmessers können jedoch genügend große Unterschiede in den Leistungsmesserangaben erreicht werden.

Die Möglichkeit, auf einfache Art mit der beschriebenen Prüfeinrichtung die Lage eines Erd- oder Kurzschlusses rasch festzustellen, ist hauptsächlich für lange, nicht aufteilbare Überlandleitungen, besonders wenn sie durch wenig bebautes oder schwer zugängliches Gelände führen, von großem Vorteil. Aber auch für Fahrleitungsnetze, namentlich bei großen Unterwerksabständen und nicht dauernd besetzten Stationen, bedeutet die Einrichtung einen wertvollen Behelf zur raschen Auffindung und Eingrenzung von Fahrleitungstörungen.

Die Meßeinrichtung kann auch wie die Einrichtung zum Prüfen als ortsbewegliche Anlage in kleineren Verhältnissen ausgeführt werden. Hierbei können ein ohmscher und ein induktiver Vergleichswiderstand R und K eingebaut werden, die es ermöglichen, den zu suchenden Widerstand durch Einstellen des Vergleichswiderstandes festzustellen. Voraussetzung für dieses Verfahren ist, daß während der Abgleichung konstante Netzspannung herrscht. Das entsprechende Diagramm für die Bestimmung der Widerstände durch Abgleichung ist in Abb. 9 dargestellt. Wo jedoch die Voraussetzung konstanter Spannung nicht gegeben ist, empfiehlt es sich, durch Ablesen der Blind- oder Wirkleistung und des Stromes aus der Fluchtlinientafel die Widerstände zu bestimmen. Der Anschluß der ortsbeweglichen Einrichtung kann in jeder Transformator- oder Ölschalterzelle mittels Steckers an die vorhandene Wechselstrom-Beleuchtungseinrichtung erfolgen. Von Wichtigkeit für die Ausführung ortsbeweglicher Einrichtungen ist die zweckmäßige Wahl des Prüfumspanners (nicht zu hohes Übersetzungsverhältnis) und des Wattmeters mit richtigem Strom- und Spannungsmeßbereich, so daß ohne Verwendung von Wandlern große Wattmeterausschläge erreicht werden.

Beitrag zur Temperaturmessung von Kommutatoren im Betrieb.

(Mitteilung aus dem Laboratorium der Kohlebürsten- und Bürstenhalter-Fabrik Schunk & Ebe, Gießen.)

Von Dr.-Ing. **A. Schliephake**, Gießen.

Übersicht. Es werden zwei Verfahren beschrieben, die auf einfache Weise die Messung der Temperatur bewegter Maschinenteile, insbesondere von Kommutatoren, Trockenwalzen u. dgl. ermöglichen. Bei dem einen wird die Angabe eines mitumlaufenden Thermometers durch eine synchron angetriebene Schlitzscheibe hindurch abgelesen. Da diese auch fest mit der Welle des zu messenden Maschinenteils verbunden sein kann, ist bei großer Einfachheit hierdurch eine für Prüffeld und Laboratorium geeignete Temperaturmessung möglich. — Das andere Verfahren verwendet ein feststehendes Thermometer, auf das die Wärme vom umlaufenden Körper übertragen wird. Es eignet sich wegen seiner Einfachheit besonders zur Temperaturüberwachung im Betrieb.

Allgemeines.

Während die Temperatur eines ruhenden Körpers leicht mit einem beliebigen Thermometer gemessen werden kann, ist dies bei einem bewegten nicht mehr der Fall. Man muß dann zu der erheblich umständlicheren Messung mit Thermoelementen oder Widerstandsthermometern übergehen[1]. Beide Verfahren haben den Nachteil, daß bei ihnen die Zuleitungen über Schleifkontakte, die leicht Störungen verursachen, geführt werden müssen. Bei nicht sehr sorgfältiger Ausführung und Wartung der Schleifbürsten können unbemerkt beträchtliche Fehler in dem Meßergebnis auftreten. Infolge der empfindlichen und teueren Meßgeräte, die diese Verfahren benötigen, unterbleibt oft eine betriebsmäßige Temperaturüberwachung umlaufender Maschinenteile auch in Fällen, in denen sie recht erwünscht wäre.

Von diesem Gedanken ausgehend wurden Überlegungen und Versuche darüber angestellt, wie mit einem gewöhnlichen Ausdehnungsthermometer auch die Temperatur umlaufender oder sonstwie bewegter Maschinenteile gemessen werden kann. Grundsätzlich läßt sich dies auf zwei ganz verschiedenen Wegen erreichen. Einmal, indem man die Anordnung so trifft, daß die Angabe eines mitumlaufenden Thermometers auch während des Betriebes abgelesen werden kann. Das andere Mal dadurch, daß einem feststehenden Thermometer durch Wärmeübertragung die zu messende Temperatur mitgeteilt wird.

Verfahren mit umlaufendem Thermometer.

Ein einfaches Flüssigkeitsthermometer sei an dem zu messenden Maschinenteil fest angebracht, so daß es dessen Bewegung mitmachen muß. Durch die Bewegung treten an der Quecksilbersäule angreifende Kräfte auf, durch welche Fehler entstehen können. Sie lassen sich vermeiden, wenn man das Thermometer senkrecht zur Bewegungsrichtung stellt. In den meisten Fällen ist die Bewegung so schnell, daß ein Ablesen des Thermometers mit unbewaffnetem Auge unmöglich ist. Um ein scheinbares Stillstehen der Einteilung zu erreichen, muß man sie durch eine Vorrichtung, die den Blick nur während des Vorübergangs des Thermometers freigibt, betrachten. Durch eine synchron umlaufende Scheibe, in der ein Schlitz angebracht ist, läßt sich dies leicht erreichen. Da die Schlitzscheibe oder Schlitztrommel synchron umlaufen muß, kann man sie sogar fest mit der Welle des Maschinenteils verbinden. Hierdurch entsteht eine außerordentlich einfache Meßanordnung, die auch dauernd eingebaut bleiben kann.

Die Teilstriche der Skala erscheinen jedoch nur dann unverwischt, wenn während der Freigabe des Gesichtsfeldes ihre Bewegung in der Blickrichtung erfolgt. An Hand der Abb. 1 werde dies erläutert. Bringt man ein

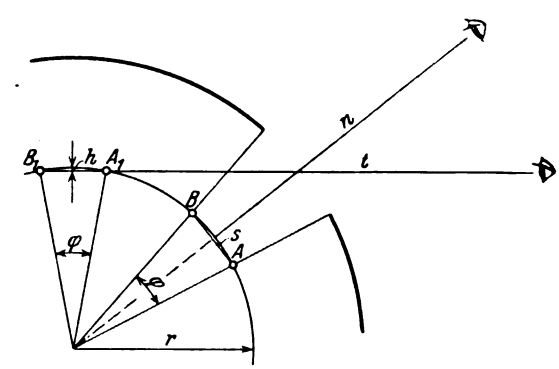


Abb. 1. Einfluß der Blickrichtung auf die sichtbare Bewegung eines durch eine Schlitzscheibe betrachteten Thermometers.

axialgelagertes Thermometer so unter dem Schlitz an, daß seine Bewegung von A nach B senkrecht zur Blickrichtung n erfolgt, so ist seine scheinbare Verschiebung $s = 2r \sin \frac{\varphi}{2}$. Bei einer Anordnung des Thermometers, die nur eine tangentiale Beobachtung durch den Schlitz in Richtung t ermöglicht, ist die scheinbare Verschiebung für eine Drehung um denselben Winkel φ von A_1 nach B_1 sehr viel kleiner, nämlich nur $h = r\left(1 - \cos \frac{\varphi}{2}\right)$. Da $\frac{\varphi}{2}$ klein ist, kann man setzen $\sin \frac{\varphi}{2} \approx \frac{\varphi}{2} = \frac{s}{2r}$ und $\cos \frac{\varphi}{2} = 1 - \frac{s^2}{4r^2 \cdot 2}$, womit $h = \frac{s^2}{8r}$ und $\frac{h}{s} = \frac{s}{8r}$ wird.

Ist z. B. $s = 10$ mm und $r = 200$ mm, so wird die scheinbare Bewegung bei tangentialer Blickrichtung nur 0,062 mm, so daß man die Teilstriche und den Quecksilberfaden deutlich erkennen kann. Bei senkrechter Draufsicht beträgt bei denselben Abmessungen des Schlitzes

[1] Arnold u. Pfliffner, ETZ 1907, S. 263. — Hinlein, Z. Instrumentenk. Bl. 32, S. 91 (1912).

Digitized by Google

und der Trommel die Verschiebung 10 mm, wodurch die Teilstriche verschwommen erscheinen.

Die Anordnung des Thermometers in axialer Richtung bringt sowohl einen optischen als auch einen dynamischen Vorteil. Der optische besteht darin, daß die Bewegung und damit auch die scheinbare Verschiebung während des Vorüberganges des Schlitzes in die Richtung der Teilstriche fällt. Hierdurch erscheinen diese nicht dicker, sondern nur etwas länger, der Quecksilberfaden

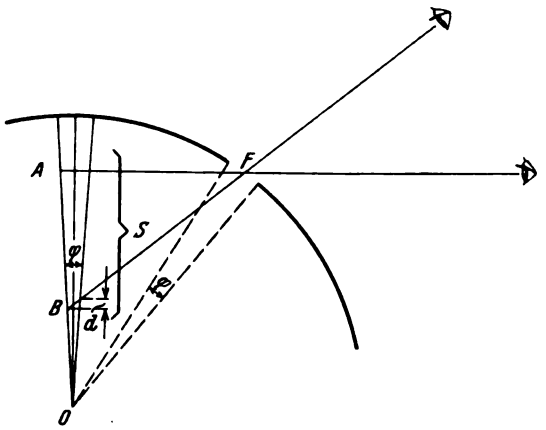


Abb. 2. Ablesbarkeit eines radial angeordneten Thermometers, das durch eine mit ihm umlaufende Schlitztrommel beobachtet wird.

etwas breiter als in Wirklichkeit. Der dynamische Vorteil ist der, daß bei dieser Stellung die auf den Quecksilberfaden wirkende Zentrifugalkraft keinen Einfluß auf die Thermometerangabe besitzt. Bei dieser Anordnung nimmt das Thermometer sehr viel Raum in Anspruch, so daß man in vielen Fällen ein radial stehendes oder ein Winkelthermometer verwenden muß. Das Thermometer nimmt dann nur einen schmalen Streifen in Anspruch.

Bei dieser Anordnung ist der Blick während des Vorübergangs des Schlitzes in der Trommel nicht mehr auf die ganze Skala, sondern nur auf einen Teil derselben senkrecht gerichtet. Aus diesem Grunde sieht man nur einen gewissen Bereich der Skala klar, während im übrigen die Teilstriche durch die während des Vorüberganges der Fensteröffnung stattfindende Bewegung verwischt erscheinen. Dies erläutert Abb. 2 noch näher. Der Blick durch das Fenster F auf die Skala S ist während der Drehung der Schlitzscheibe um den Winkel φ frei. Die Teilstriche in der Umgebung von A erscheinen deutlich, da ihre Bewegung annähernd in die Blickrichtung fällt. Bei B dagegen wandern alle im Bereich d liegenden Striche während dieser Zeit vor dem Auge vorbei, wodurch die Skala an dieser Stelle verschwommen erscheint. Um trotzdem den ganzen Meßbereich des Thermometers gut ablesen zu können, muß der Schlitz an dem Trommelumfang verschiebbar gemacht werden, so daß er passend eingestellt werden kann.

Die Versuche zur Nachprüfung des Verfahrens wurden an einem Kommutator einer Bürstenprüfeinrichtung durchgeführt. Die Anordnung ist aus Abb. 3 zu erkennen. Links auf dem Kommutator sieht man die mit Asbest abgedeckte Heizwicklung. Auf dem freigelassenen Teil des Kommutators sitzt der erst später beschriebene Thermometerhalter. Vorn sieht man die auf einer weißgestrichenen Scheibe befestigte Schlitztrommel. Der weiße Anstrich verbesserte die Beleuchtung der Thermometerteilung wesentlich. Durch das Schwärzen der Trommel tritt die Skala besonders deutlich hervor. Da die Teilung des Thermometers etwas klein ausgefallen war, wurden die Ablesungen durch ein Fernrohr gemacht. Bei den Versuchen stellte es sich heraus, daß zur guten Beobachtung des ganzen Skalenbereichs nur zwei Einstellungen des verschiebbaren Schlitzes, der in der Abbildung gut zu erkennen ist, notwendig wurden. Die Zahl der notwendigen Einstellungen hängt auch von der Schlitzbreite ab. Da eine Bohrung in das Kommutatorkupfer vermieden werden sollte, wurde ein gutpassendes Kupferstück auf dem Kommutator anbandagiert, in das dann das Thermometergefäß gesteckt wurde. Bei der radialen Anordnung des Thermometers übten tatsächlich die auftretenden Zentrifugalkräfte einen Einfluß auf die Angabe aus. Das Thermometer zeigte bei der verwendeten Drehzahl von 860 U/min 1,2 Grad zu wenig an, was bei den Messungen berücksichtigt werden mußte. Ist eine axiale Anordnung des Thermometers möglich, so läßt sich diese Korrektur vermeiden.

Auf diese Weise läßt sich einfach die Messung der Temperatur auch eines umlaufenden Kommutators im Betrieb durchführen. Die Meßmethode besitzt dabei den Vorteil, keine über Schleifkontakte geführte Zuleitungen zu benötigen. Sie dürfte sich daher in vielen Fällen für das Laboratorium und das Prüffeld eignen. Wird die Temperatur von Kommutatoren u. dgl. wie üblich durch Auflegen eines Thermometers bestimmt, so kann dies leicht zu unberechenbaren Fehlern führen, insbesondere dann, wenn die während des Auslaufs der Maschine und der Messung stattfindende Abkühlung unberücksichtigt bleibt. Bei dem oben beschriebenen Verfahren bleibt man frei von diesem Fehler. Im Prüffeld bei der einmaligen Messung an einer Maschine wird man natürlich die Schlitzscheibe nicht fest mit der Welle der Maschine verbinden, sondern durch einen besonderen, in der Drehzahl gut regelbaren Motor antreiben.

Messung mit feststehendem Thermometer.

Nicht immer ist es möglich, ein mitumlaufendes Thermometer an dem zu messenden Maschinenteil anzubringen. Es wurden daher Versuche unternommen, um auch das zweite Prinzip, das der Wärmeübertragung auf ein stillstehendes Thermometer, praktisch verwendbar zu gestalten. Von vornherein war es klar, daß die Meßgenauigkeit nach diesem Verfahren keine so große sein kann wie bei fest mit dem Körper verbundenem Thermometer; sie ist jedoch immerhin so groß, daß sich das Verfahren zur Temperaturüberwachung gut eignet.

Am vollkommensten ist der Wärmeübergang, wenn das Quecksilbergefäß des Thermometers vollkommen von dem zu messenden Körper umschlossen wird. Dieser Fall läßt sich verwirklichen, wenn man das Thermometer in eine axiale Bohrung eines fliegend gelagerten Körpers ragen läßt. Wenn es auch nicht die Wandung berührt, gibt es doch die Temperatur bei hinreichender Eintauchtiefe richtig an. Ist sie gering, so ergibt sich infolge der

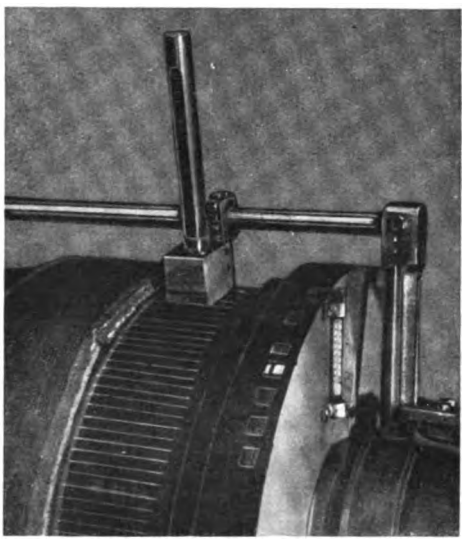


Abb. 3. Versuchsanordnung zum Messen der Kommutatortemperatur mit umlaufendem Thermometer und mit einem Kommutatortemperaturmesser.

Wärmeableitung durch den Thermometerschaft ein Minusfehler, was übrigens, wenn auch in geringerem Maße, selbst bei Berührung der Wandung der Fall ist. Läßt man den Körper umlaufen, so ist kein Grund einzusehen, warum sich etwas an der Wärmeübertragung ändern sollte. Man kann also auf diese Weise leicht die Temperatur in der Achse eines umlaufenden Körpers messen. Da die Wärmeleitfähigkeit bei massiver Ausführung meist sehr groß ist, gilt diese Temperatur annähernd auch für den ganzen Körper.

Messungen an einem Versuchskörper ergaben bei 75 ° Übertemperatur im Mittel einen Minusfehler von 0,4 °. Gewöhnlich hat man es jedoch weder mit einem massiven noch mit einem fliegend angeordneten Körper zu tun.

Digitized by Google

Dann kann man das Verfahren etwas abändern und das Thermometer in eine eingedrehte Nut ragen lassen. Schwierigkeit macht hierbei die erforderliche Abdichtung, die bei großen Durchmessern zur Unmöglichkeit wird. In einen Kommutator läßt sich z. B. eine Nut überhaupt nicht eindrehen, ohne seine Festigkeit zu schwächen.

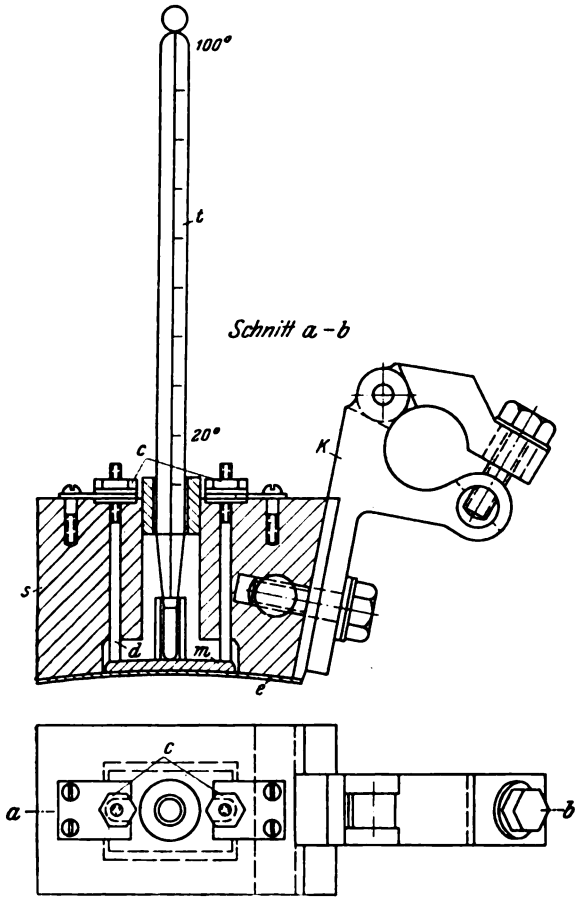


Abb. 4. Schnittzeichnung eines Kommutatortemperaturmessers.

Eine andere Anordnung, die auf dem gleichen Prinzip beruht, erlaubt eine für viele praktische Fälle hinreichend genaue Messung der Oberflächentemperatur auszuführen. Befestigen wir in geringem Abstand von der zu messenden Oberfläche einen Körper, so nimmt er durch Strahlung und Leitung Wärme auf. Verhindert man durch einen wärmeisolierenden Mantel eine Wärmeabgabe nach außen, so wird er die Temperatur der Oberfläche annehmen. Dieser Idealfall wird nie völlig erreicht, sondern die Temperatur des Meßkörpers wird durch den Wärmeverlust immer etwas unter der Temperatur der Oberfläche bleiben. Die Temperatur des Meßkörpers kann nun mit einem beliebigen Thermometer leicht gemessen werden. Um den Fehler, der durch die Wärmeabgabe entsteht, möglichst niedrig zu halten, muß die Wärmeübertragung zwischen dem umlaufenden Teil und dem feststehenden Meßkörper möglichst groß gemacht werden. Dies erreicht man, indem man den übertragenden Flächen eine hinreichende Größe gibt, und sie durch Rillung oder Rauhung auf ein Mehrfaches ihrer äußeren Abmessungen bringt. Aus demselben Grund wird man den Abstand der übertragenden Flächen so klein wie nur irgend zulässig machen. Ob bei der Höhe der zu messenden Temperatur eine Schwärzung schon von wesentlichem Einfluß ist, bleibe dahingestellt. Die von der Oberfläche mitgerissene Luft würde eine starke Kühlung des Meßkörpers bewirken. Sie muß daher von ihm ferngehalten werden, was sich durch Abdichten des Wärmeschutzmantels gegen den Kommutator mittels Sammet o. dgl. erreichen läßt.

Die oben erwähnten Gesichtspunkte wurden bei der Versuchsausführung, die Abb. 4 im Schnitt zeigt, berücksichtigt. Die Anordnung ist so getroffen, daß ein gewöhnliches Stabthermometer t verwendet werden konnte. Sein Quecksilbergefäß sitzt in dem kupfernen Meßkörper m, dessen Entfernung von dem Kommutator sich mit Hilfe der beiden Muttern c einstellen läßt. Um möglichst kleine Wärmeableitung durch die Stäbchen d zu erhalten, sind sie aus Chromnickel hergestellt. Die dem Kommutator zugewandte Seite des Meßkörpers ist gerillt. Ihn umgibt der aus Holz bestehende Schutzmantel s, der zur Abdichtung gegen den Kommutator mit Sammet e besetzt ist. Das Halterklemmstück K erlaubt einen genau passenden Aufbau.

Bei dem Aufbau auf eine elektrische Maschine muß man noch besonders darauf achten, daß der Kommutatortemperaturmesser die gleiche Ausladung wie die verwendeten Halter besitzt, damit der Meßkörper über die Lamellen, von denen der Strom abgenommen wird, zu liegen kommt.

Bei der Prüfung des Halters wurde die Bestimmung der wahren Temperatur auf zwei Arten vorgenommen: einmal durch Extrapolation aus der Abkühlungskurve, das andere Mal nach dem oben angegebenen Verfahren mit umlaufendem Thermometer (Abb. 3).

Eine Bestimmung der Kommutatortemperatur aus der Abkühlungskurve ist in Abb. 5 angegeben. Sie wurde durch Auflegen eines Thermometers nach dem Auslauf der Maschine aufgenommen. Es vergehen hier 3,5 min. bis die Maschine zum Stillstand gekommen ist und das Thermometer nach dem Kurvenast a die Temperatur des Kommutators angenommen hat. Erst dann gibt es die Abkühlungskurve an. In dieser Zeit ist die Temperatur merklich gesunken. Da in diesem Bereich die Abkühlungskurve geradlinig verläuft, braucht man sie nur durch eine Gerade rückwärts zu verlängern, um durch den Schnittpunkt mit der Ordinate die wirkliche Temperatur t_w im Augenblick des Abschaltens zu erhalten. Der Punkt t_h gibt die vom Halterthermometer angegebene Temperatur an. Hierbei ist vernachlässigt, daß während des Auslaufs die Abkühlungskurve etwas anders als im Stillstand verläuft. Bei der nur kurzen Auslaufzeit bleibt der hierdurch bedingte Unterschied im Verlauf der Kurven vernachlässigbar. Nach diesen Messungen wies der Kommutatortemperaturmesser bei 50 ° Übertemperatur einen Minusfehler von rd. 1,0 ° bei 700 U/min auf.

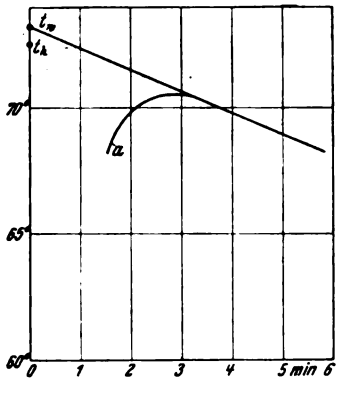


Abb. 5. Bestimmung der Kommutatortemperatur aus der Abkühlungskurve.

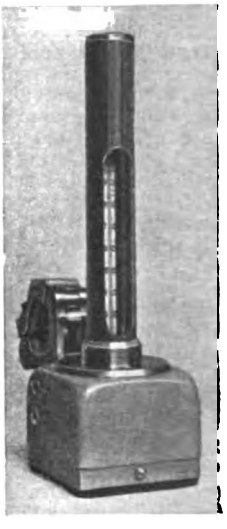


Abb. 6. Kommutatortemperaturmesser.

Bei einer etwas anderen Ausführung (Abb. 6) mit größerem Abstand zwischen Meßkörper und Oberfläche ergab der Vergleich mit dem umlaufenden Thermometer (s. Abb. 3) ein annähernd geradliniges Ansteigen des Minusfehlers mit der Übertemperatur, der bei 50 ° 2,9 ° betrug.

Der Kommutatortemperaturmesser wird besonders zur Überwachung gute Dienste leisten, um übermäßige Temperaturerhöhung durch Überlastung der Maschine, durch ungeeignete Bürsten oder zu großen Anpressungsdruck der Bürsten zu vermeiden.

Digitized by Google

Die Gestehungskosten des Stromes in großen Steinkohlenkraftwerken auf Grund von Erfahrungswerten.

Von Dipl.-Ing. **Fr. Schraeder**, Stadt-Oberbaurat, Mannheim.

(Schluß von S. 1097.)

IV. Vergleichsergebnisse bei deutschen Kraftwerken.

Auf Grund privater Informationen bei deutschen großstädtischen Kraftwerken mit einer Jahreserzeugung von etwa 50 Mill kWh an aufwärts bis zu den größten habe ich ermittelt, daß Werke der wesentlichsten Leistungsabstufungen vorhanden sind, die so günstig arbeiten, daß sie den holländischen Betriebsergebnissen entsprechen; die Kohlenkosten müssen natürlich jeweils je nach den Frachtwegen umgerechnet werden. Diese Feststellung ist von besonderem Interesse für die Werke mit den geringsten Jahresleistungen, weil vielfach die Meinung dahin geht, daß diese Werke den Großkraftwerken an Wirtschaftlichkeit erheblich nachstehen, oder daß insbesondere die Braunkohlenkraftwerke einen erheblichen Vorsprung besitzen. Aus diesen Feststellungen einen Schluß auf den Durchschnitt der deutschen Kraftwerke dieser Leistung zu ziehen, ist natürlich nicht angängig.

Um für ein größeres deutsches Kraftwerk authentische Vergleichsziffern anzuführen, benutze ich die entsprechenden Zahlen des letztjährigen Geschäftsberichtes des Städt. Elektrizitätswerks Stuttgart für 1928/29.

Die Zahlen lauten:

Eigenerzeugung

Mit Dampf erzeugt	124,53	Mill kWh
„ Wasser „	19,32	„ „
Sa.	143,85	Mill kWh
Fremdstrombezug	53,85	„ „
Sa.	197,70	Mill kWh
Selbstverbrauch	9,07	„ „
Abgabe ab Sammelschiene Sa.	188,63	Mill kWh
Jahresmaximum	60 400	kW
Benutzungsdauer	3 125	h

Kosten des Stromes

		Gesamt	je 1 erz. kWh
Selbsterzeugung:	Löhne	585 900 RM	0,467 Pf
	Sonstiges	3 401 800 „	2,363 „
	Summe I	3 986 700 RM	2,77 Pf

Es kostet also in der Eigenerzeugung 1 erz. kWh 2,77 Pf.

Die Kohlenkosten betragen nach Angaben des Südd. Kohlenkontors für Stuttgart frei Waggon Hauptbahnhof je 1 t (Nov. 1928)

Fettflammnuß IV	31,65 RM
Magerfeinkohle	23,00 „

Nach unserer Kurve dürfen bei Verwendung bester Steinkohle verbraucht werden bei 125 Mill kWh Jahreserzeugung 0,66 kg = 2,09 Pf/kWh. Verbraucht wurden nach der Angabe des Geschäftsberichtes 0,776 kg = 5415 WE/kWh. Das entspräche einem Heizwerte von rd. 7000 WE/kg und einem äquivalenten Kohlenpreise von 27,00 RM/t.

Vorstehende Kohlenwertziffern stehen also in guter Übereinstimmung. Der tatsächliche Kohlenpreis sowohl wie die Wärmeausbeute unterliegen dem freien Wettbewerb und sind jeweils von der Sortenwahl abhängig, der Preis dürfte also in Wirklichkeit noch niedriger sein; anderseits kommen die Umschlag- und Anfuhrkosten noch hinzu. Nehmen wir vorstehende Zahl von 2,09 Pf als zutreffend an, so belaufen sich die Kosten für Unterhaltung usw. auf 0,273 Pf/kWh.

Die Rechnung ist erst vollständig, wenn der Fremdstrombezug einbezogen wird:

Kosten des Fremdstrombezuges	1 612 400 RM
dazu Summe I	3 986 700 „
gesamte Stromkosten	5 629 100 RM

und je 1 kWh ab Sammelschiene 2,985 Pf.

Da der bezogene Fremdstrom den Kapitaldienst für die zugehörige Kraftwerksleistung einschließt, liegen offenbar sowohl die Kosten für die Eigenerzeugung als auch für den Fremdstrombezug sehr nahe beieinander.

Von besonderem allgemeinem Interesse ist die Feststellung, daß die angegebenen Ziffern in sehr guter Übereinstimmung mit den holländischen Zahlen stehen.

In anderer Hinsicht dürfte noch folgendes beachtlich sein: Der Kohlenpreis ab Zeche betrug im November 1928 für Ruhr-Fettnuß IV 20,30 RM/t, für gewaschene Magerfeinkohle 11,65 RM/t. Der in den Kohlenkosten steckende Frachtkostenanteil beträgt also 11,35 RM/t. Diese Fracht ist teilweise Schiffsfracht; die Bahnfracht beträgt bei 460 km Frachtweg (ab Bochum-Riemke) 13.80 RM. Somit ist der auf 1 kWh entfallende Frachtanteil für 0,66 kg 0,75 Pf bzw. 0,91 Pf bei 460 km Transportweg.

V. Allgemeine wärmewirtschaftliche Betrachtungen.

Die gemachten Feststellungen geben Anlaß, in einer allgemeinen, zusammenfassenden Betrachtung kurz auf einige der wichtigsten Verbesserungen in wärmewirtschaftlicher Beziehung einzugehen, durch die es in den letzten Jahren gelungen ist, in den Kraftwerken den Wärmeaufwand je 1 kWh so erheblich zu verringern und Folgerungen daraus zu ziehen. Hier will ich einschränkend bemerken, daß meine Ausführungen über Kesselanlagen im wesentlichen die Kessel für die Verfeuerung von Steinkohle im Auge haben.

1. Der Gesamtwirkungsgrad bei der Dampferzeugung wurde erfolgreich verbessert vor allem durch die Umgestaltung der Kesseltechnik in Bau und Betrieb, die sich kennzeichnet durch die ständig anhaltende Erhöhung der spezifischen Dampfleistungen je Einheit bei gleichzeitiger Erhöhung der Wirkungsgrade der Feuerungen und Kessel und die gleichzeitige Verflachung der Wirkungsgradkurven über große Belastungsbereiche.

Unter den grundlegenden Faktoren, die in den letzten Jahren die erhebliche Verbesserung der Wärmeökonomie der Kesselanlagen bewirkt haben, ist einer der wichtigsten wohl der folgende. Von höchster Bedeutung für eine dauernd gute Wärmeausnutzung eines Kessels ist die möglichst unverzögerte Anpassung der Feuerführung an die bei Elektrizitätswerken vorhandenen starken Belastungschwankungen. Hierbei muß einer ganzen Anzahl verwickelter Zusammenhänge durch mechanische Steuerungen mit zwangläufiger, aber elastischer Kupplung Rechnung getragen werden, die sich nicht leicht in ein einfaches Schema bringen lassen. Die Möglichkeit eines richtigen Zusammenarbeitens aller Faktoren wurde erst geschaffen, als durch die Einführung exakt zeigender Meßeinrichtungen richtige zahlenmäßige Bilder für die einzelnen Betriebsvorgänge gewonnen werden konnten. Dadurch erst wurden die Voraussetzungen für eine richtige Regulierung gegeben, die immer feinfühliger und feinstufiger gestaltet wurde, bis man schließlich dazu überging, die Reguliervorgänge möglichst ganz aus der Hand des Heizers zu nehmen und sie automatisch zu gestalten. Das letzte Ziel dieser Entwicklung ist das Bestreben, eine empfindliche, automatisch arbeitende Verbrennungs- und Verdampfungsmaschine zu schaffen, die zwischen Vollast und einem möglichst kleinen Bruchteile der Vollast stets mit günstigstem Wirkungsgrade arbeitet. Diesem Ziele ist man heute nahe gekommen.

Durch eine empfindliche, präzise wirkende Regulierung der Arbeitsweise der Dampfkessel werden ferner auch die Schwankungen der Druck- und Temperaturverhältnisse des Dampfes und damit die betriebsmäßigen Verluste der Maschinen infolge zu niedrigen Dampfdruckes oder unrichtiger Dampftemperaturen verringert. Die erhöhte Gleichmäßigkeit der Anpassung an die für die Maschinen vorgeschriebenen, also die günstigsten Werte bewirkt demnach auch bei den Maschinen einen günstigeren Dauerwirkungsgrad.

Die geschilderte Entwicklung ist noch nicht abgeschlossen; bei den Staubkohlenfeuerungen ist sie weiter vorangeschritten als bei den übrigen üblichen mechanischen Feuerungen.

Die bis heute erzielten Wirkungsgradverbesserungen sind schon erstaunlich; sie konnten sehr groß sein, weil allein schon zwischen den früher üblichen und den heute möglichen besten Kesselwirkungsgraden Spielräume in

Digitized by Google

der Größenordnung von vielleicht 10 bis 15 % vorhanden und auszunutzen sind.

Das Grundlegende ist nach diesem Gedankengang die durch die Verbesserung der Messung herbeigeführte eingehende Kenntnis der Betriebsvorgänge in den Dampfkesseln einschl. der Feuerungen.

2. Von sehr großem Vorteil für den Kesselhausbetrieb ist nach den jetzt vorliegenden Erfahrungen offenbar der Übergang zu möglichst großen Kesseleinheiten, auch bei mittleren Werken. Wenn man die Entwicklung des Ausbaues vor allem der amerikanischen Werke während etwa der letzten beiden Jahrzehnte verfolgt, so gewinnt man fast den Eindruck, als ob man in Deutschland zu lange an kleinen Kesseltypen festgehalten habe. Neuerdings scheint es, als ob die Verwendung großer Kesseleinheiten von noch größerem wärmewirtschaftlichem Vorteile ist, als man bisher in Deutschland angenommen hat. Erst vereinzelt trifft man heute in Deutschland öffentliche Kraftwerke mittlerer Größe, bei denen grundsätzlich eine Turbogeneratoreinheit z. B. von 12 000 oder 15 000 kW von höchstens zwei Kesseln mit Dampf versorgt wird. Die Erfahrungen erweisen hierbei, daß solche Anlagen, wenn auf möglichst kurze und hochisolierte Dampfleitungen Wert gelegt worden ist, zumal bei gleichzeitigem Übergang auf Hochdruck bis etwa 30 atü, überraschend große Verbesserungen des Dauerwirkungsgrades bringen.

Zur Verbesserung der Jahreswirkungsgrade tragen bei den großen Kesseln u. a. wesentlich die verringerten Abkühlungsverluste bei, zumal wenn die durch die periodischen Außerbetriebsetzungen bedingten Wärmeverluste möglichst verringert werden.

3. Die Konstruktionen sowohl der Wanderroste wie auch der Schubroste (Stoker) haben unter dem Konkurrenzdruck der Kohlenstaubfeuerungen entscheidende Verbesserungen erfahren. Die Wanderroste stellen in Deutschland diejenige Feuerungsart dar, für die die längsten und umfassendsten Erfahrungen sowohl bei den Fabrikationsfirmen wie auch bei den Dampfkesselbesitzern, also den Verbrauchern, vorliegen. Infolgedessen darf man heute mit einer weitgehenden Vervollkommnung rechnen; es sei u. a. der wesentliche Fortschritt erwähnt, den die Zonenwanderroste darstellen. Wanderroste kommen für Kessel bis zu 100 t/h Dampfleistung in Frage. Es wird aber auch über ausgezeichnete Erfahrungen bei den sich neuerdings in Deutschland wieder einführenden Stokerfeuerungen berichtet, nachdem sie bereits vor dem Kriege angewendet, später aber so gut wie verschwunden waren. Vor allem ist die Betriebsicherheit, die noch vor etwa fünf Jahren sehr zu wünschen übrig ließ, nach vorliegenden neuen Erfahrungen erheblich höher geworden; dadurch kommen natürlich beträchtliche Absetzungsverluste in Fortfall.

Im allgemeinen sind die Kohlenstaubfeuerungen nebst Mahlanlagen teurer als die beiden anderen Feuerungsarten.

Aus den vorstehenden Ausführungen über die Dampfkesselanlagen geht hervor, daß im Hinblick auf diese auch schon mittlere Kraftwerke in der Lage sind, genau so gut wie die größten Kraftwerke die erheblichen Ersparnismöglichkeiten an Wärmeverlusten vom Rohbrennstoff bis zu den Stromerzeugern auszunutzen. Dabei sind die Steinkohlenkraftwerke nicht, wie selbst die größten Kraftwerke für Braunkohle, in der Größe der Kesseleinheit nach oben durch eine bestimmte Dampfleistung je Einheit und in der Höhe des Wirkungsgrades durch einen niedrigeren Prozentsatz nach oben begrenzt.

4. Hier sollen einige Ausführungen bezüglich des Einflusses der Jahresbenutzungsdauer auf die Wärmeökonomie angeschlossen werden. Die allgemeine Ansicht hält immer noch vorwiegend an der Annahme fest, daß der spezif. Wärmeverbrauch eines Kraftwerks eine einfache Funktion der jährlichen Benutzungsdauer des Jahresmaximums mit starker Abhängigkeit von letzterer sei. Diese Auffassung ist nicht allgemein richtig, denn die Jahresbenutzungsdauer des Jahresmaximums ist in der Wirklichkeit nicht so sehr von ausschlaggebender Bedeutung als die in erster Linie maßgebende tägliche Benutzungsdauer des täglichen Maximums. Beide Einflüsse verlieren um so mehr an Bedeutung, a) je mehr es gelingt, die Wirkungsgradkurven der Dampfkessel samt Feuerungen flacher zu gestalten und die Elastizität der Feuerführung zu erhöhen, und b) je mehr sich Speicheranlagen einführen.

Auf die Feststellung, daß der spezif. Kohlenverbrauch je 1 kWh vor allem maßgeblich beeinflußt wird durch die Ausnutzung des Maximums an jedem einzelnen Tage, hat meines Wissens in der öffentlichen Diskussion bislang nur Dr. Marguerre[4] hingewiesen, ohne daß diese Feststellung trotz der überzeugenden Begründung allgemeine Anerkennung fand. Die in der vorliegenden Untersuchung festgestellten Wärmeverbrauchszahlen, z. B. für Rotterdam, erweisen schon durch ihre absoluten Werte die Unrichtigkeit der allgemein bestehenden Meinung. Über den Grad der bislang i. a. angenommenen Abhängigkeit des spezif. Wärmeverbrauchs von der Jahresbenutzungsdauer gibt u. a. ein Aufsatz von Geh. Baurat Block[5] Aufschluß. Dort z. B. ist eine derartige Abhängigkeit für ein modernes Steinkohlenkraftwerk zahlenmäßig angegeben.

Bei einem Ausgangswerte von

3000 Benutzungstunden mit 5100 WE/kWh Wärmeaufwand

werden z. B. angegeben für:

7000 Benutzungstunden = 4000 WE/kWh Wärmeaufwand.

Unter Benutzungsdauer muß hier unzweifelhaft die Jahresbenutzungsdauer der winterlichen Höchstbelastung im allgemein üblichen Sinne verstanden werden, wie aus den erläuternden Bemerkungen hervorgeht.

Da für das Elektrizitätswerk Schiehaven der Ausgangswert laut Geschäftsbericht je 1 ab Sammelschiene abgegebene kWh 4 500 WE/kWh beträgt, würde sich errechnen:

3000 Benutzungstunden = 4560 WE kWh Wärmeaufwand
7000 „ = 3580 „ „

Berücksichtigt man, daß der letztgenannte Wert die Jahreswirkungsgrade für die Dampfkessel und die Dampfleitungsverluste einschließt, so erkennt man, daß die angegebenen Zahlen hier mit der Wirklichkeit nicht übereinstimmen können, weil der letztgenannte Wert bei 12 atü nicht erreicht werden kann. Die Richtigkeit der Abhängigkeit des Wärmeverbrauches von einer Veränderlichen sowie des Charakters der Abhängigkeitskurve für ganz bestimmte Voraussetzungen braucht dabei durchaus nicht in Frage gestellt zu sein. Anzuzweifeln ist nur, daß, allgemein betrachtet, die Benutzungsdauer der Jahreshöchstbelastung im üblichen Sinne die eine der beiden Variablen sein soll.

Ähnliche Vorbehalte bezügl. der Verallgemeinerung müssen für die gleichartige Abhängigkeitskurve, die von Tröger[6] für das Klingenbergwerk ermittelt wurde, sowie für die von Gleichmann[7] angegebene erhoben werden. Die Richtigkeit der Kurven steht dabei für die Fälle, für die sie errechnet wurden, nicht in Frage. Meines Wissens hat aber nur die erste derartiger Kurven, die von Klingenberg[8] stammt, den Vorzug, daß sie eine Auswertung von Versuchsergebnissen darstellt (bis Belastungsfaktor = 0,5). Kritisch geprüft und mitberücksichtigt werden muß jedoch bei der Anwendung derartiger Kurven auf andere Fälle unbedingt, ob und inwieweit der bei Klingenberg als Ausnutzungsfaktor bezeichnete Begriff unmittelbar oder mit Hilfe eines Umrechnungsfaktors in Abhängigkeit von der Benutzungsdauer des Jahresmaximums gebracht werden kann.

Im folgenden sollen einige Zahlen gebracht werden, die vielleicht in der Lage sind, zur Klärung der tatsächlichen Zusammenhänge einen nützlichen Beitrag für die Ermittlung eines richtigen Ausnutzungsfaktors zu liefern. In den laufenden Betriebsrapporten des Elektrizitätswerks Mannheim werden täglich außer den Belastungskurven wichtige Werte statistisch kontrolliert, darunter auch die tägliche Benutzungsdauer des täglichen Maximums. Auf Grund verschiedener, zunächst nur überschläglich von mir vorgenommener Auswertungen seien folgende Zahlen angegeben:

Jahr 1928

Gesamter Strombedarf des Netzes	66,25 Mill kWh
Jahresmaximum	19 000 kW
Jahresbenutzungsdauer	3 487 h
Belastungsfaktor (scheinbarer) . .	0,4

Über den Verlauf des täglichen Strombedarfes während des ganzen Jahres gibt die Kurve in Abb. 7 Aufschluß.

Tägliche Benutzungsdauer des täglichen Belastungsmaximums in h, ermittelt aus den täglichen Rapporten.

1928	Jan.	April	Juni	Juli	Okt.	Dez.	Jahresmittel
Sonn- und Feiertage .	13,6	12,1	13,8	13,2	13,1	13,3	13,18
Samstage	12,9	13,7	13,9	13,5	14,8	14,2	13,84
Montage	14,4	14,6	13,8	14,5	15,4	14,5	14,54
Restliche Wochentage	14,5	15,0	14,6	14,8	16,0	15,0	15,02

[4] ETZ 1929, S. 90.

[5] ETZ 1927, S. 525.
[6] Z. VDI Bd. 71, 1927, S. 1908.
[7] ETZ 1927, S. 1535.
[8] Bau großer Elektrizitätswerke, 1. Aufl., 1913, S. 101.

Digitized by Google

Das jeweilige tägliche Maximum wurde also ausgenutzt

an	60 Sonntagen	mit	790 h
„	53 Samstagen	„	735 „
„	52 Montagen	„	755 „
„	201 Wochentagen	„	3020 „
Summe	366 Tage	mit	5300 Benutzungsstunden, also wirklicher Belastungsfaktor = 0,6!

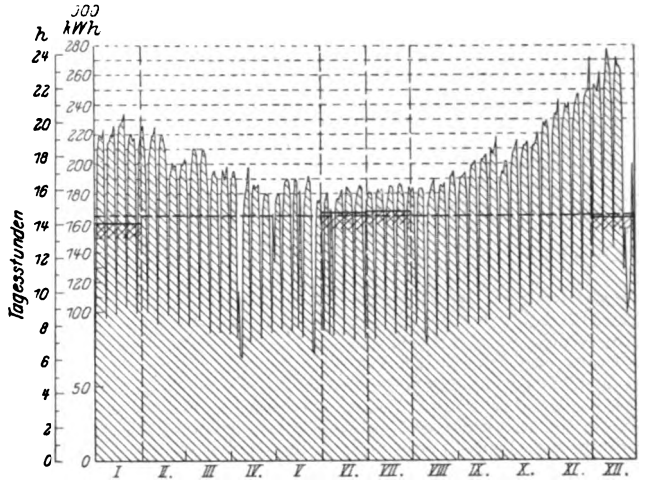


Abb. 7. Verlauf des täglichen Strombedarfs in kWh für das Städtische Elektrizitätswerk Mannheim im Jahr 1928; mittlere Benutzungsdauer in h der täglichen Höchstbelastungen (— — —) in den Monaten Januar, Juni, Juli, Dezember und während des ganzen Jahres.

Der für die Wärmewirtschaft des stromliefernden Kraftwerks maßgebende Faktor ist nun wohl in erster Linie der tägliche Belastungsfaktor der täglich in Betrieb genommenen Einrichtungen; diese werden in der Regel zunächst durch den täglichen Maximalleistungsbedarf bestimmt, nicht aber durch die zufällige Höchstbelastung des Jahres. Wenn man schematisch die Jahresbenutzungsdauer zugrunde legt, so besteht zum mindesten Gefahr, daß man in die Wärmewirtschaftsrechnung unrichtigerweise auch Betriebsteile einbezieht, die zeitweilig, z. B. im Sommer, auf längere Zeit gar nicht im Betriebe sind.

Es ist also mit großer Wahrscheinlichkeit anzunehmen, daß im vorliegenden Falle der maßgebende Ausnutzungsfaktor in größerer Nähe eines wirklichen Jahresbelastungsfaktors von 0,6, als eines scheinbaren von 0.4 liegt; über den Verlauf der Abhängigkeit ist damit allerdings noch nichts ermittelt.

Diese Erörterung bringt ein anschauliches Beispiel dafür, von welcher Wichtigkeit es ist, daß auf theoretischem Wege ermittelte Ziffern aus der Wärmewirtschaft ihre Bestätigung durch Erfahrungswerte aus der Praxis erhalten.

5. Bezüglich der Turbogeneratoren der Kraftwerke muß hier ein bemerkenswerter Fortschritt erwähnt werden, über den nunmehr in Deutschland längere Erfahrungen vorliegen, worüber aber in der deutschen technischen Literatur noch wenig berichtet wurde. Das ist das Eindringen des Konstruktionsprinzips der Gegenlaufturbine in den deutschen Turbinenbau. Ich will mich hier mit einem Hinweis begnügen, möchte aber mit Nachdruck hervorheben, daß es sich nach den mir bekannt gewordenen Erfahrungen und Dampfverbrauchsziffern aus Kraftwerken, die mir zur Verfügung gestellt wurden, um einen offenbar wesentlichen Fortschritt auf dem Gebiete der Wärmewirtschaft der Dampfkraftwerke handelt, der insbesondere den mittleren Kraftwerken zugute kommt.

Die Gegenlaufmaschinen haben den Vorteil besonders hoher Wirkungsgrade, ferner einer außerordentlich gedrungenen Bauweise und eines geringen spezifischen Konstruktionsgewichtes und damit eines geringen Fundamentbedarfes. Beispielsweise sei angegeben, daß der Raumbedarf etwa eines 15 000 kW-Turbogenerators nach ausgeführten Beispielen in der Grundfläche knapp die Hälfte des Raumes erfordert wie eine gleich leistungsfähige Mehrzylindermaschine und bei geringeren Höhen. Da bei den Aggregaten selbst die anzuwärmenden Metallmassen verhältnismäßig gering sind, sind auch bei häufigem An- und Absetzen die Wärmeverluste gering. Das ist für den Durchschnitt der Elektrizitätswerke sehr wichtig.

Es dürfte von Interesse sein, Wärmeverbrauchszahlen von im Dauerbetrieb befindlichen Turbogeneratoren kritisch zu betrachten und geeignete Vergleichswerte gegenüberzustellen.

Zunächst verweise ich auf die bemerkenswerten Feststellungen des Aufsatzes „Versuche an einer Gegenlauf-Gegendruck-Turbodynamo, Bauart Ljungström—M.A.N. von Henckj-Maßmann[9]. Die Versuche an der Maschine von 7200 kW Normalleistung ergaben bei Gegendruckbetrieb 30,0/6.5 atü in der Nähe der Vollast eine Wärmeverbrauchsziffer von etwa 995 kcal/kW und bei 28 % der Vollast von nur 1220 kcal/kW. Der höchste erreichte Wirkungsgrad des Dampfteils betrug in der Nähe der Vollast 88,3 %.

Ferner sei hingewiesen auf einige Angaben über die Hochdruckanlage „Gotlands-Kraftverk“ in Slite, Schweden[10] für ein Hochdruck-Aggregat 4000/5600 kW, 40 atü, 400 °. Versuche ergaben bei Kondensationsbetrieb einen spezifischen Wärmeverbrauch von 4080 kcal/kWh einschl. des Eigenverbrauchs für das Kraftwerk.

Weiterhin sind nach den mir gemachten Angaben eines Kraftwerks bei einem ausgeführten Ljungström-Turbogenerator von 10 000/14 000 kW für 15 atü, 350 °, bei Kühlwasser von 15 °, die Verbrauchsziffern folgende:

Spezifischer Wärmeverbrauch einschl. Kondensation bei cos φ 0,8, auf die Generatorklemmen bezogen:

bei	12 500 kW	=	3600 kcal/kWh
„	7 500 „	=	3545 „
„	5 000 „	=	3680 „

In Anbetracht der Kleinheit der Maschinensätze sind die angegebenen Verbrauchsziffern erstaunlich niedrig.

Zum Vergleiche mit den Wirkungsgraden der größten Mehrzylindermaschinen sei auf die Feststellungen des Aufsatzes „Abnahmeversuche an einer 80 000 kW-Turbodynamo des Großkraftwerks Klingenberg“ von Dr.-Ing. Wellmann[11] hingewiesen. Hier ergaben sich bei 33,6 atü Einlaßdruck als beste thermodynamische Wirkungsgrade des Dampfteils bei Überlast und Vollast:

Belastung . . .	79 000 bzw.	69 000 kW
Wirkungsgrad .	80,0 „	79,4 %

Der Vergleich der Wärmeverbrauchskurven von Maschinen nach dem Gegenlaufprinzip mit Kurven anderer Konstruktionen zeigt für erstere auch bei Teilbelastungen unter etwa 50 % der Vollast sehr günstige Ziffern; das ist eine besonders wertvolle Eigenschaft für mittlere Kraftwerke. Z B. hat nach Heuelmann[12] der Hochdruckturbosatz 25 600 kW für 30 atü, 375 °, des Großkraftwerks Stettin einen garantierten Wärmeverbrauch von

bei Vollast	=	etwa	25 600 kW	von	3210 kcal/kWh
„ Halblast	=	„	12 800 „	„	3140 „
„ Viertellast	=	„	6 400 „	„	4120 „ .

Um für die Anlagekosten von Gegenlaufaggregaten eine Anhaltsziffer aus der Erfahrung anzudeuten, sei folgendes angegeben: Bei einem im Jahre 1928 ausgeführten Ljungström-Aggregat für 10 000/14 000 kW Leistung (15 atü, 350 °) erreichten die Kosten je 1 kW der betriebsfertig aufgestellten Maschine einschl. der Fundamente und aller Leitungsanschlüsse bei weitem nicht den Betrag, den Heuelmann in der Kostenangabe für das Hochdruckaggregat des Großkraftwerks Stettin für 25 600 kW Leistung bei 30 atü, 375 ° angibt; dessen Kosten betrugen im Jahre 1926 einschl. der Fundamente, Hilfsmaschinen und Montage 62,40 RM/kW. Die Anlagekosten je 1 kW Maschinenleistung liegen damit in großer Nähe der Anlagekosten sogar der größten bisher in Deutschland aufgestellten Aggregate.

Von den übrigen Vorzügen der Gegenlaufturbinen seien die geringen anzuwärmenden Metallmassen erwähnt; dadurch wird u. a. jederzeit ein überaus rasches Anlassen ermöglicht.

VI. Wirtschaftlicher Vergleich großer und größter Kraftwerke.

Die Anschaffungswerte je 1 kW installierte Dauerleistung betragen auf Ende 1928 für die Kraftwerke Utrecht 255 RM, für Amsterdam 316 RM und für Schiehaven 312 RM. Die Gesamtkosten bei den beiden letztgenannten Werken enthalten größere Übernahmewerte vorhandener älterer Anlagen. Die ermittelten Zahlen stehen in guter Übereinstimmung mit Erfahrungswerten, die aus neuen deutschen Kraftwerken bekannt sind. Ich verweise

[9] Z. VDI Bd. 74, S. 44 (1930).
[10] Mitt. V. El. W. Bd. 28, 1929, S. 21.
[11] Z. VDI. Bd. 72, S. 1077 (1928).
[12] Arch. Wärmewirtsch. Bd. 9, 1928. S. 377

Digitized by Google

hierzu auf die in mehreren Beziehungen besonders bemerkenswerte Veröffentlichung von W. Petersen[13] über das 1929 in Betrieb genommene Kraftwerk Schulau (Unterelbe) mit 45 000 kW Leistungsfähigkeit. Hier hat das ausgebaute Kilowatt rd. 260 RM gekostet.

Es existieren nur wenige Erfahrungsziffern, die von autoritativer Seite über die Baukosten der Groß- und Größtkraftwerke in Deutschland veröffentlicht worden sind. Man braucht nur an die ausgiebige Diskussion, die wegen der Kosten großer Dampfkraftwerke zwischen Dr. Marguerre und Dr. Werner 1927 stattfand[14], zu erinnern. Die dort ermittelte Zahl im Vergleich mit den vorstehenden und mit der Zahl für Schulau bildet einen wichtigen, unanzweifelbaren Nachweis für die Bestätigung der Vermutung, daß es heute möglich ist, auch im Vergleich mit den modernsten und größten Großkraftwerken sehr rationelle mittlere und große Kraftwerke, schon von etwa 30 000 kW Leistung an aufwärts, mindestens zu demselben Einheitskostensatz je installiertes Kilowatt zu erbauen wie die größten und kompliziertesten Großkraftwerke. Der Grund liegt zum Teil gerade in den Unterschieden der Kompliziertheit.

In der erwähnten Auseinandersetzung gibt Dr. Werner auf Grund authentischer Angaben die Kosten des Großkraftwerks Klingenberg mit 280 RM/kW an; diese Kosten gelten für den Sommer 1925. Man muß seiner Schlußfolgerung durchaus beipflichten, daß demgemäß für Ende 1927 ein Kostenbetrag von nicht unter 300 RM/kW in Frage kommt. Bekanntlich sind die Großkraftwerke auf der Braunkohle i. a. in bezug auf die spezifischen Baukosten noch teurer als gleichwertige Steinkohlenkraftwerke. Solange also keine weiteren genauen Zahlen über die tatsächlichen Baukosten neuerer größter Großkraftwerke zu anderen Erkenntnissen führen, ist zunächst die Schlußfolgerung zulässig, daß die spezifischen Baukosten je 1 kW Leistungsfähigkeit bei einem mittleren Kraftwerk heute niedriger sein können, zum mindesten keinesfalls teurer zu sein brauchen als bei den größten Riesenkraftwerken. In dieser Beziehung kann also eine Berufung auf eine naturnotwendig gegebene Überlegenheit der Großkraftwerke nicht mehr begründet werden.

Die hier gezogene Schlußfolgerung steht zwar im Gegensatze zu den bisherigen landläufigen Anschauungen, aber sie besitzt durchaus keine inneren Widersprüche. Ein mittleres Kraftwerk, z. B. von 30 000 kW Leistung, kann die gleichen großen Kesseleinheiten von etwa 30 t/h Dampfleistung an aufwärts verwenden wie der Durchschnitt der größten Werke. Da bei Kohlenstaubfeuerungen neuerdings ein Übergang von Zentralmahlanlagen zu Einzelanlagen ebenso wie schon früher anscheinend auch in den V. S. Amerika festzustellen ist, ist also auch in dieser Beziehung keine Überlegenheit der Großkraftwerke mehr vorhanden, ebensowenig in bezug auf die Meß- und Reguliereinrichtungen. Wenn dann dazu bei den Maschinen die Vorteile der Gegenlaufturbinen ausgenutzt werden, hat man auch bei den Maschinen mit Anlagekosten zu rechnen, die je 1 kW Leistung durchaus in der Nähe der Einheitspreise der größten Aggregate liegen.

Da die mittleren Steinkohlenkraftwerke vor den großen und größten Kraftwerken den Vorteil der größeren Einfachheit besitzen, benötigen sie u. a. mancherlei zusätzliche Einrichtungen nicht, die die größten Kraftwerke erfordern; z. B. sind die Sicherheitseinrichtungen gegen die zerstörenden Wirkungen der Kurzschlußströme viel weniger kostspielig. Auch dürfte durchweg der Eigenverbrauch geringer sein, zumal bei geringeren Drücken; die betriebswirtschaftlichen Vorteile der größten Kraftwerke pflegen in vollem Umfange erst bei hoher Jahresausnutzung einzutreten.

Ferner bedeutet die bei den üblichen Jahresbenutzungsdauern von etwa 3000 ... 4000 h erwünschte erleichterte Aufteilbarkeit der Leistung auf kleinere Aggregate und die dadurch bei nur geringem Mehrverbrauch an Wärme erhöhte Reservemöglichkeit in bezug auf die Anzahl der Reserveeinheiten einen nicht zu unterschätzenden Vorteil zugunsten mittlerer Werke.

Eine naturnotwendige erhebliche Überlegenheit auch der größten Großkraftwerke gegenüber mittleren Wärmekraftwerken schon von etwa 20 000 kW Leistung an aufwärts ist in bezug auf die Anlage- sowohl wie die Betriebskosten bei der üblichen Ausnutzung nicht als erwiesen anzusehen.

Für die Betriebskostenrechnung bringen die hier vorgelegten Zahlentafeln sehr wertvolles Material, das zu ähnlichen Schlußfolgerungen führt.

[13] ETZ 1929, S. 683.
[14] ETZ 1927, S. 1473, 1878.

VII. Folgerungen und abschließende Betrachtungen.

Von einer weiter ins Einzelne gehenden Erörterung der Ergebnisse soll vorerst abgesehen werden, in der Annahme, daß die Gesamtheit der vorgelegten Feststellungen mancherlei wertvolle Zahlen, Hinweise oder Anhaltspunkte für Vergleiche mit den Ergebnissen deutscher Stromlieferungsunternehmungen und zur Nutzanwendung bietet. Hier sollen nur noch einige besondere Hinweise gegeben werden.

1. Das beliebte Argument, daß es für ein größeres Unternehmen gleichgültig sei, ob Kohle oder Strom bezogen wird, ist nur bedingt richtig. Im Auslande ist festzustellen, daß die Ausbeute der Dampfkraftwerke aus der Steinkohle noch im Steigen begriffen ist und die gesamten Erzeugungskosten noch abnehmen können und abnehmen. Das vorstehende Argument ist also nur dann richtig, wenn der Stromabnehmer sich durch entsprechende Vertragsgestaltung seinen Anteil an dieser Gewinnmöglichkeit sichert oder bewußt oder unbewußt auf sie vorbehaltlos verzichtet.

2. Wir laufen in Deutschland Gefahr, bei der starken Konzentration der Stromerzeugung in wenigen Braunkohlenkraftwerken, obwohl uns so vorzügliche Beschaffungs- und Verteilungsmöglichkeiten für alle Steinkohlensorten zur Verfügung stehen wie in keinem anderen Lande Europas, in der technischen Entwicklung mittlerer und großer Steinkohlenkraftwerke die Konkurrenzmöglichkeit zu vernachlässigen oder preiszugeben. Demgegenüber besteht ein sehr großes Interesse der Allgemeinheit daran, sowohl dem deutschen Steinkohlenbergbau bei der wachsenden Weltkonkurrenz seine Absatzgebiete möglichst zu erhalten als auch unserem dicht ausgebauten und nach modernen Grundsätzen betriebenen Eisenbahn- und Kanalnetz keine Massengüter zu entziehen, so lange nicht wirtschaftliche Gründe überlegener Art dazu zwingen. Ein solcher Grund läge vor, wenn z. B. die Großkraftübertragung auf große Entfernungen der gesamten Volkswirtschaft mehr Nutzen brächte als die Errichtung örtlicher Großkraftwerke. Ein solcher Beweis ist bislang noch nicht erbracht.

3. Jeder Strompreis schließt einen gewissen Abschreibungsbetrag in sich. Hierzu muß folgende Überlegung Platz finden. Der Sinn der Abschreibungen ist, die durch den Betrieb und die Alterung verursachte Entwertung der Produktionsanlagen rechnungsmäßig als Belastung des Produktionsgutes genau zu erfassen; die entstehende Belastung muß nach betriebswirtschaftlich richtigen Grundsätzen auf das Produktionsgut umgelegt werden. Unter normalen Verhältnissen sollen die Abschreibungen so bemessen sein, daß der Abnutzung und der Alterung, letztere von der Seite der wirtschaftlichen Lebensdauer aus betrachtet, in vollem Maße Rechnung getragen wird. Die wirtschaftliche Lebensdauer ist bekanntlich (z. B. infolge technischer Fortschritte) sehr viel kürzer als die Lebensdauer infolge Verschleißes. Wenn die Abschreibungen knapp gehalten sind, bedeutet das für die Wirklichkeit, daß die Zukunft mit Kosten belastet wird, die tatsächlich die Gegenwart zu tragen hat.

Die richtigen Abschreibungssätze kann nur die Erfahrung bestimmen; wir müssen dabei auch die Erfahrungen des Auslandes berücksichtigen. Der stromliefernde Vertragskontrahent sollte also grundsätzlich dem Strombezieher irgendwie die Sicherheit geben, daß auf die Stromerzeugungs- und -übertragungsanlagen in genügender Höhe abgeschrieben wird. Geringere Abschreibungen erleichtern natürlich ein Stromlieferungsangebot.

VIII. Zusammenfassung der Ergebnisse.

Auf Grund von Betriebsergebnissen nach den Geschäftsberichten wird für gute holländische Dampfkraftwerke festgestellt, daß bei modernen großen Steinkohlenkraftwerken schon von etwa 60 Mill kWh Jahreserzeugung an aufwärts die direkten Betriebskosten außer den Brennstoffkosten so niedrig sind bzw. gehalten werden können, daß sie auch bei wesentlich größeren Stromerzeugungsleistungen, z. B. bei 324 Mill kWh bzw. bei größeren Kraftwerken keine erhebliche Senkung mehr erfahren. Für den spezifischen Wärmeaufwand je Kilowattstunde bei hochwertiger Steinkohle läßt sich aus einer Anzahl von Erfahrungsziffern eine Mittelwertkurve feststellen, die als Gerade verläuft und für die nachstehende kennzeichnende Endwerte festgestellt sind.

Der Verbrauch an hochwertiger Steinkohle von etwa 7500 WE je ab Sammelschiene abgegebene Kilowattstunde bei etwa 3000 Benutzungstunden des Jahresmaximums beträgt:

Digitized by Google

bei 50 Mill kWh Jahreserzeugung = 0,75 kg
„ 180 „ „ „ = 0,60 „ .

Es wird ferner zahlenmäßig nachgewiesen, daß größere Kraftwerke von etwa 20 000 ... 30 000 kW an mit mindestens denselben niedrigen spezifischen Kosten je installiertes Kilowatt ausgebaut werden können, wie man sie heute für die größten Großkraftwerke, insbesondere auf der Braunkohle, annehmen muß.

Aus den Feststellungen ist die Schlußfolgerung zu ziehen, daß bei der für öffentliche Werke üblichen Jahresinanspruchnahme eine Überlegenheit der größten Großkraftwerke gegenüber modernen, großen, örtlichen Steinkohlenkraftwerken für die auf der Braunkohle errichteten nur wegen der etwaigen geringeren Ausgaben für den Brennstoff anzunehmen ist.

Da eine Übertragung dieser Werte auf deutsche Verhältnisse ohne weiteres angängig ist, wie an Hand von Indexziffern nachgewiesen wird, können die gewonnenen Zahlen unbedenklich zu Vergleichs- und Kontrollzwecken für die Gestehungskostenrechnung in Deutschland Verwendung finden.

Die ermittelten Zahlen geben auch wertvolle Unterlagen für die notwendigen Abschreibungssätze für Dampfkraftwerke und Hinweise für die Beurteilung der Zweckmäßigkeit örtlicher, großer Kraftwerke.

Die Elektrisierung der britisch-indischen Bahnen.

Von Dr.-Ing. P. Frhr. **von Stritzl**, Berlin.

Übersicht. **Nach einem Überblick über das Gesamtnetz der indischen Bahnen wird der Anteil der elektrisierten Strecken gekennzeichnet. Bei der Schilderung der Stromversorgung finden das bahneigene Kraftwerk Kalyan und die Umformerwerke besondere Berücksichtigung. Schließlich wird über die Fahrleitungen und die vorhandenen Betriebsmittel, besonders die Lokomotiven, berichtet.**

Strecken und Verkehr.

Das Bahnnetz des britisch-indischen Reiches übertrifft mit einer gesamten Streckenlänge von rd. 75 000 km dasjenige Deutschlands um mehr als 30 %. Als eines der wichtigsten Exportländer der Erde für Rohstoffe aller Art weist Indien auch beträchtliche Verkehrsziffern auf. Zwar

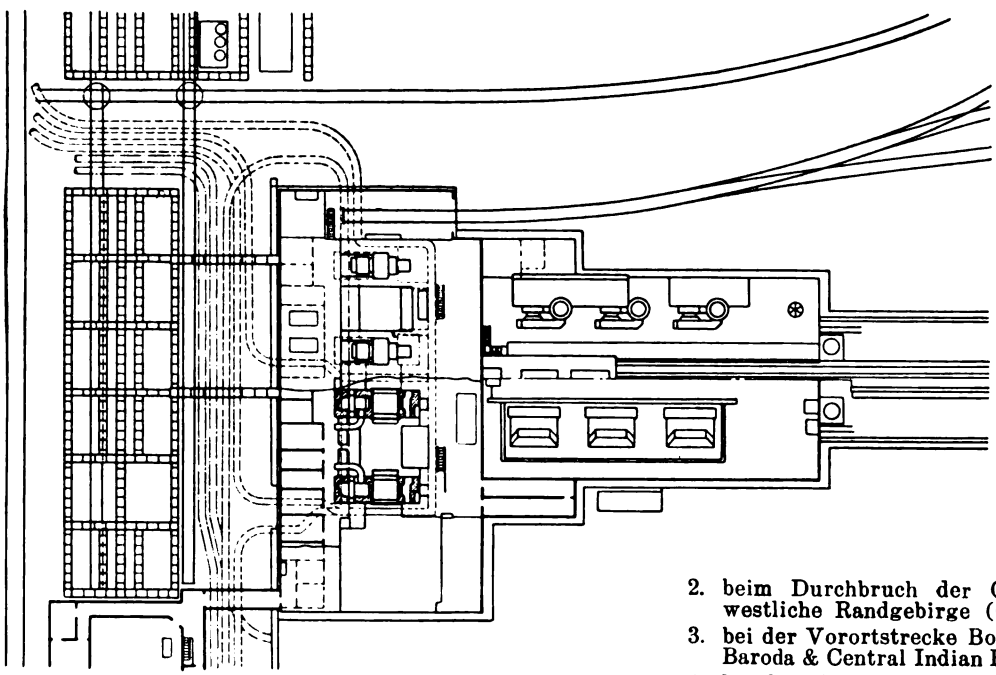


Abb. 1. Bahnkraftwerk Kalyan[1].

erreichen die Zahl der beförderten Personen und das Gewicht der verfrachteten Waren auf den indischen Bahnen nur ein Viertel der entsprechenden deutschen Zahlen, dagegen zeigt sich bei den Angaben über die beförderten Tonnenkilometer schon eine bemerkenswerte Annäherung, da die zurückgelegten Wege ungleich größer sind. Die Verkehrsdichte auf den wichtigen Strecken steht daher derjenigen in Deutschland nicht nach, und es sind auch in Indien, namentlich auf gebirgigen Streckenteilen und in der Nähe der großen Städte, die bekannten Schwierigkeiten des Dampfbetriebes nicht ausgeblieben.

Von der genannten Gesamtstreckenlänge entfallen zwei Drittel auf die normalisierte Breitspur, 1676,4 m, der Rest größtenteils auf Meterspur. Der überwiegende Teil des Netzes ist im Besitz des britisch-indischen Staates oder von staatlich garantierten Gesellschaften, der Betrieb wird jedoch größtenteils von englischen Privatgesellschaften geführt, die allerdings in administrativer und technischer Hinsicht von der obersten indischen Eisenbahnbehörde, dem Railway Board, kontrolliert werden. Dem Railway Board ist es gelungen, eine weitgehende Vereinheitlichung der Betriebsmittel zu erreichen. An solchen sind etwa vorhanden: 10 000 Lokomotiven, 25 000 Personen- und 200 000 Güterwagen.

Die ersten ernsthaften Elektrisierungspläne reichen bis etwa 1912 zurück. Außer den seither wirklich ausgeführten Strecken wurden auch für eine Reihe anderer, wie z. B. die Hauptstrecken der South Indian Railway und der Madras & Southern Mahratta Railway im Süden der Halbinsel, die Kangratalbahn im Punjab usw., Projekte ausgearbeitet, die durchweg die Ausnutzung von Wasserkräften zum Ziele hatten. Hinderlich stehen in Indien allen derartigen Projekten die großen Entfernungen im Wege, die zu einer kostspieligen Leitungsanlage zwingen. Es ist daher nicht mangelnder Initiative zuzuschreiben, wenn heute noch nur ein verhältnismäßig kleiner Teil des indischen Bahnnetzes elektrisch betrieben wird. Wo die Verhältnisse dafür günstig lagen, hat man die Investitionen nicht gescheut; dies war der Fall:

1. bei den Vorortstrecken der Great Indian Peninsula Railway (G. I. P.) um Bombay,
2. beim Durchbruch der G. I. P.-Strecken durch das westliche Randgebirge (Ghats),
3. bei der Vorortstrecke Bombay—Borivli der Bombay, Baroda & Central Indian Railway (B. B. & C. I.),
4. bei der Vorortstrecke Madras—Tambaram der South Indian Railway (S. I. R.).

Die Ausdehnung des elektrisch betriebenen Streckennetzes hat sich gemäß Zahlentafel 1 entwickelt.

Zahlentafel 1. Länge der elektrisierten Strecken in km.

Jahr	G. I. P.	B. B. & C. I.	S. I. R.	gesamt
1925	15	—	—	15
1926	45	—	—	45
1927	73	—	—	73
1928	73	40	—	113
1929	212	40	—	252
im Bau	81	—	29	110

Ingesamt werden also Ende 1930 362 Streckenkilometer, d. i. rd. 0,5 % der Gesamtlänge aller indischen Bahnen, elektrisch betrieben sein.

[1] Nach El. Review Bd. 105, S. 895 (1929).

Digitized by Google

Die Stromversorgung der elektrisierten Strecken.

Alle Strecken um Bombay bis einschließlich Kalyan[2] beziehen Fremdstrom aus dem 100 kV-Netz der Tata Hydroelectric Power Supply Co., welches aus 3 Wasserkraftwerken mit zusammen 135 500 kW gespeist wird und auch den Strombedarf der Stadt Bombay (durch die Bombay Electric Supply & Tramway Co.) und der zahlreichen im Norden der Stadt gelegenen Baumwollspinnereien deckt. Für die Fernstrecken von Kalyan ost- und nordostwärts wurde ein bahneigenes Dampfkraftwerk von 40 000 kW Dauerleistung unmittelbar östlich der Stadt Kalyan errichtet und 1929 in Betrieb genommen. Das in Abb. 1 im Grundriß dargestellte Werk trägt seinem Charakter als Bahnkraftwerk in allen seinen Teilen durch besonders hohe kurzzeitige Überlastbarkeit Rechnung.

dauernd 11 000, maximal 18 000 kVA eine Schalteinheit. Diese Transformatoren erhöhen die Spannung auf 95 bis 100 kV und sind ebenso wie alles Höchstspannungsgerät in Freiluft aufgestellt.

Die Fortleitung der im Kraftwerk Kalyan erzeugten Energie erfolgt durch zwei gesonderte Leitungen auf unabhängigem Gestänge zu beiden Seiten des Bahnkörpers. Bisher wurden etwa 432 km bahneigene 100 kV-Leitungen errichtet. Die Spannweite beträgt normal 215 m, an einer Stelle im Gebirge 535 m. Etwa 2000 Maste, im allgemeinen 23 m hoch, waren zu stellen. Im Hinblick auf den Charakter des Geländes und die sonstigen Umstände hat sich hierbei der vertikale Zusammenbau der Maste als vorteilhafter erwiesen. Als Leitungsmaterial für die 100 kV-Leitungen gelangt durchweg Stahl-Aluminium-Seil zur Verwendung.

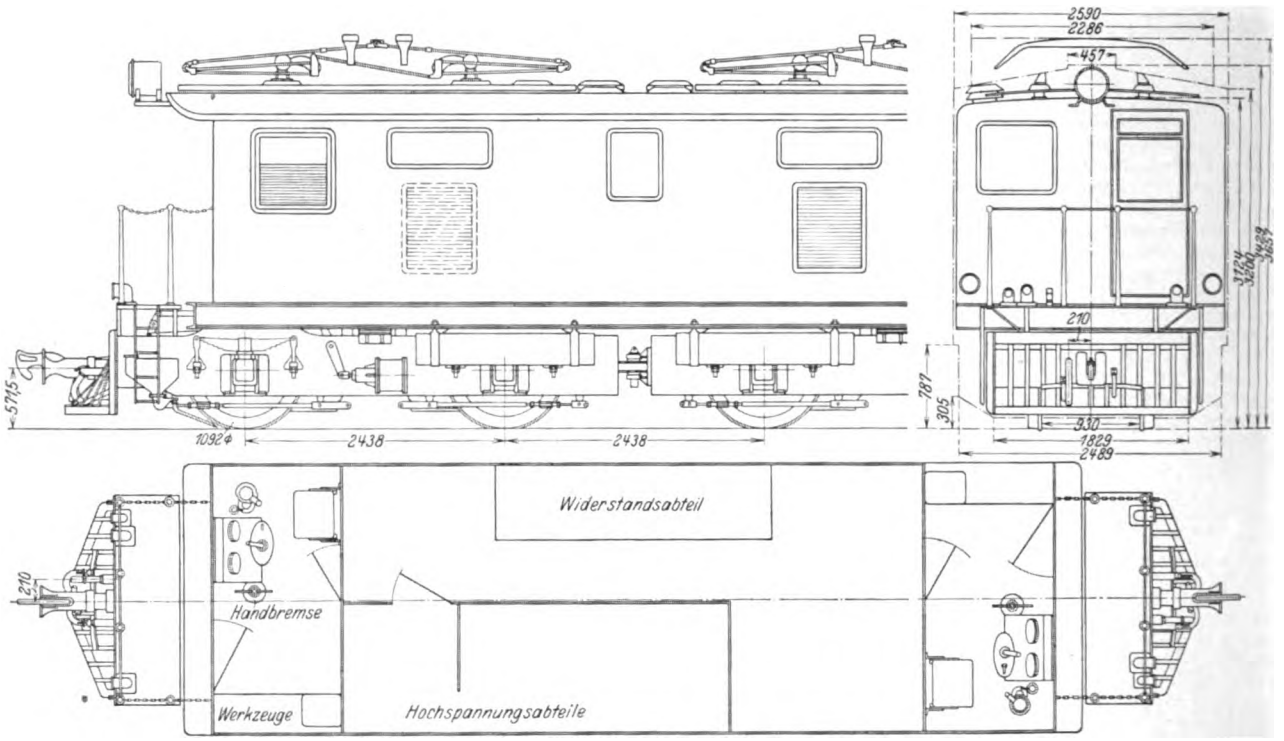


Abb. 2. Güterzuglokomotive der South Indian Railway.

Die Dampferzeugung jedes der 6 normal mit Kohle gefeuerten Kessel beträgt normal 27 300, maximal 34 000 kg/h und kann durch zusätzliche Ölfeuerung um weitere 13 600 kg/h gesteigert werden. Um das Einschalten dieser zusätzlichen Ölfeuerung möglichst rasch vornehmen zu können, werden gleichzeitig selbsttätig auch die Kompressoren zu den 4 Brennern jedes Kessels in Betrieb gesetzt, die Drehzahl der Saugzugventilatoren erhöht und die Brenner nebst Zuleitungen durch Frischdampf gereinigt. Der Kesseldruck beträgt 19 atü bei 385 °, Kohlen- und Aschenförderung erfolgten auf mechanischem Wege. Die 4 Kesselspeisepumpen werden durch Gegendruckturbinen angetrieben, deren Abdampf zur Speisewasser-Vorwärmung Verwendung findet.

Alle Motoren in dem am Flußufer errichteten Pumpenhaus sind ferngesteuert und werden durchweg, einschließlich der drei großen Kühlwasserpumpen von je 350 PS, unmittelbar ans Netz geschaltet.

Im Maschinenraum stehen 4 Hauptturbinen für 3000 U/min, 17.6 atü, 370 °, deren gekuppelte Drehstromgeneratoren bei einer Spannung von 6.6 kV, 50 Hz, dauernd 10 000, 2 min lang 16 500 kW leisten. Für den Hausbedarf sind außerdem 2 Vorgelege-Auspuffturbinen, 9000 U/min, mit Generatoren von je 350 kW, 1500 U/min, 415 V, vorhanden. Allen Leistungsangaben liegt mit Rücksicht auf die hohen Umgebungstemperaturen eine Temperaturzunahme von nur 35 ° zugrunde.

Die 6.6 kV-Schaltanlage besteht aus eisengekapselten Schaltwagen. Jeder Generator bildet mit einer Gruppe von drei Einphasentransformatoren von zusammen

[2] Vgl. a. ETZ 1925, S. 1120; 1928, S. 619.

Der Mehrzahl der Umformerwerke wird der Strom mit 100 kV zugeführt; nur bei den Unterwerken im Stadtgebiet von Bombay und an einer besonders schwierigen Stelle an der Strecke nach Poona erfolgt Zwischentransformation auf 22 kV. Die 100 kV-Anlagen sind in Freiluftgerüsten aufgestellt. Die Unterwerke selbst enthalten Einheiten von 2500 kW Dauerleistung, die 1 h lang auf 4350, stoßweise auf 9000 kW überlastbar sind und aus zwei in Reihe geschalteten Einankerumformern von je 750 V Gleichstromspannung bestehen. Sechs von den Unterwerken der G. I. P. sind für selbsttätigen Betrieb eingerichtet. Um die Leitfähigkeit der wie bei allen Gleichstrombahnen ohnedies sehr reichlich bemessenen Stromzuführungs-Anlage voll auszunutzen, werden im normalen Betrieb benachbarte Abschnitte durch Schnellschalter überbrückt gehalten, die in besonderen bedienungslosen Schalthäusern untergebracht sind.

Wie hier bereits vorausgeschickt sei, sind die Güterzuglokomotiven der G. I. P. für Nutzbremsung eingerichtet; bei den Schnellzugmaschinen konnte dies unterbleiben, da auf den Steilrampen der Ghats ohnedies jeder Schnellzug durch eine Güterzuglokomotive betriebsmäßig verstärkt wird. Um nun bei heftigen Rückströmen ein Ansteigen der Periodenzahl zu verhindern, ist im Unterwerk Karjat ein selbsttätig einschaltender Belastungswiderstand vorgesehen.

Die S. I. R.-Strecke bei Madras wird ihren Strom aus dem Dampfkraftwerk der Madras Electric Supply Co. in Form von Drehstrom, 5 kV, 50 Hz, beziehen. Für die 29 km lange zunächst elektrisierte Strecke, deren Verlängerung um weitere 31 km bis Chingleput geplant ist, gelangen zwei Unterwerke zur Aufstellung, deren eines

Digitized by Google

direkt an 5 kV angeschlossen wird, während die Energie für das zweite zunächst auf 33 kV hinauftransformiert werden muß, um dann in einer bahneigenen Freileitung dem Unterwerk zugeführt zu werden. In jeder Station gelangen zwei Gleichrichter für 1500 V und folgende Stromstärken zur Aufstellung: dauernd 500 A, 2 h 750, 5 min 850, 1 min 1500 und kurzzeitig 2200 A.

Während die Anlagen für die G. I. P. und B. B. & C. I. durchweg in England vergeben wurden, sind an den Lieferungen für die S. I. R. auch kontinentale Firmen maßgeblich beteiligt.

Die Fahrleitungsanlagen.

Auf den viergleisigen, breitspurigen Lokalstrecken der G. I. P. und der B. B. & C. I. findet einfache Kettenfahrleitung Verwendung. Der Fahrdraht hat einen Querschnitt von 161, das Tragseil von 246 mm². An den Stützpunkten ist das Tragseil in Entfernungen von 100 m an normalen zweigliedrigen Hängeisolatoren aufgehängt.

Als Tragkonstruktionen sind durchweg den ganzen Bahnkörper überbrückende Gitterträger vorgesehen. Auf den Fernstrecken der G. I. P. wurde mit Rücksicht auf die dort vorgeschriebenen Geschwindigkeiten bis zu 130 km/h und die hohen erforderlichen Querschnitte eine Dreiteilung der Leitung in Haupt- und Hilfstragseil und Fahrdraht vorgenommen; die betreffenden Querschnitte betragen 325, 130 und 195 mm². Beide Tragseile und der Fahrdraht sind in Abständen von 1600 m abgespannt.

Allein in den Fahrleitungen der G. I. P. sind 8000 t Eisen und 3200 t Kupfer untergebracht, und es darf daher nicht verwundern, daß auf diesen Teil der Anlage ein Viertel der gesamten Baukosten entfallen, die sich einschließlich der Betriebsmittel auf etwa 160 Mill RM stellen. Auch bei der S. I. R. erfolgt die Stromzuführung mittels Fahrleitung.

Die Betriebsmittel.

Da es sich durchweg um 2 ... 4gleisige Strecken mit großer Verkehrsdichte handelt, ist die Zahl der elektrischen Betriebsmittel verhältnismäßig hoch. Für den Vorortverkehr ist eine große Zahl von Triebwagenzügen im Betrieb, welche auf der G. I. P. und B. B. & C. I. einheitlich gebaut sind[3]. Für die S. I. R. befinden sich 17 Dreiwagenzüge von je 85 t Gesamtgewicht im Bau, deren elektrische Ausrüstung von 4 Motoren je 120 PS Stundenleistung für eine Geschwindigkeit von 64 km/h berechnet ist.

Die Hauptdaten der Lokomotiven (Abb. 2) sind in Zahlentafel 2 zusammengestellt:

Zahlentafel 2. Konstruktionsdaten der Lokomotiven.

Type	Anzahl	Achs-Schema	Dienstgew.	Reibungsgew.	Länge über Puffer	Zahl der Motoren	Nennleistung	Triebrad-Dmr.	Höchstzugkraft	Dauerzugkraft	Geschwindigkeit max.	Geschwindigkeit dauernd
			t	t	m		PS	mm	kg	kg	km/h	km/h
Great Indian Peninsula Railway												
Güterzug	41	C-C	122	122	20,1	2×2	2600	1220	38 500	17 000	–	32,5
Schnellzug	1	2 $C_0$2	110	–	–	–	–	–	–	7 500	130	66
„	1	2 $C_0$2	105	–	–	–	–	–	–	9 900	130	60
„	22	2 $C_0$1	102	61	16,9	3×2	2160	1600	–	7 900	130	61
South Indian Railway												
Güterzug	4	B_0B_0	40	40	–	4	–	–	10 400	3600	48	30

Die mit diesen Maschinen gefahrenen Zuggewichte betragen: auf den G. I. P.-Strecken bergwärts 1000, talwärts 1600 t; auf der S. I. R. werden Güterzüge von 500 t und Fernpersonenzüge von 250 t zu befördern sein.

Der Vollständigkeit halber sei schließlich noch angeführt, daß auf britisch-indischem Gebiet auch eine Reihe von elektrischen Klein- und Straßenbahnen mit einer gesamten Streckenlänge von 300 km und insgesamt rd. 1200 Triebwagen bestehen. Die wichtigsten dieser Betriebe sind die Straßenbahnen von Calcutta, Bombay, Madras, Rangoon, Delhi und Mandalay.

[3] Vgl. ETZ 1925, S. 1121.

Ein Vorschlag zur Ausgestaltung der Transformatorenöl-Prüfung.

Von Dr. v. d. Heyden und Dr. Typke, Berlin.

Übersicht. **Die bisherigen Abänderungsvorschläge zur Prüfung der Transformatorenöle sind nicht befriedigend. Es wird vorgeschlagen, neben der bisherigen Verteerungszahlprüfung dort, wo man Wert auf die Bestimmung der Empfindlichkeit des Öles gegen Katalysatoren legt, eine Verteerungszahlprüfung in Gegenwart von Kupfer auszuführen.**

In der von G. Stern[1] vorgeschlagenen Prüfung in Kleintransformatoren besitzen wir ein Mittel, Öle auszuwählen, die auch unter den schwierigsten Betriebsbedingungen die größte Gewähr für günstiges Verhalten geben. Leider ist diese Prüfmethode aber ihrer langen Zeitdauer wegen nicht anwendbar, wenn es sich um die Abnahme von Ölen handelt.

Die in Deutschland vorgeschriebene Schiedsmethode, die Verteerungszahl, wird von verschiedenen Seiten nicht für ausreichend erachtet. Es sind in neuerer Zeit eine ganze Anzahl neuer Prüfmethoden vorgeschlagen worden.[2] Es wäre aber natürlich ganz abwegig, an Stelle der Verteerungszahl, gegen die vor allem der Einwand erhoben wird, daß sich die nach ihr für gut befundenen Öle in der Praxis nicht immer gut bewährten, eine andere Methode zu setzen, bei der langjährige Erfahrungen über das Verhalten der damit geprüften Öle im Betriebe überhaupt nicht oder nur in unzureichendem Maße vorhanden sind.

Aber nicht nur deshalb, weil noch kein besserer Ersatz für die Verteerungszahl vorhanden ist, lohnt es sich, die Frage zu erörtern, ob sie sich nicht so ausgestalten läßt, daß sie auch schärferen Anforderungen genügt, sondern auch, weil sie trotz der ihr anhaftenden Mängel brauchbare Ergebnisse liefert. Es ist ganz unbestreitbar, daß bei der Herausbildung eines Öltyps, der sich bei relativ niedrigem Preis in neuzeitlichen Transformatoren ausgezeichnet verhält, die Verteerungszahl das wichtigste Hilfsmittel gewesen ist. Daß sich gelegentlich ein bei der Prüfung für gut befundenes Öl — sehr oft aus Gründen, die mit dem Öl an sich nichts zu tun haben — in der Praxis nicht bewährt, wird sich bei keiner Methode ganz vermeiden lassen.

Bei der Verteerungszahl wird gefordert, daß das Öl nach 70stündiger Erhitzung auf 120 ° unter Sauerstoffeinleiten nicht über einen bestimmten Prozentsatz laugelöslicher Bestandteile enthalten und keinen Schlamm gebildet haben darf. Es wurde bereits an anderer Stelle[3] darauf hingewiesen, daß die mit der Verteerungszahl verbundene — negative — Schlammprüfung im Verhältnis zu den übrigen Bedingungen der Verteerungszahl-Bestimmung zu milde ist. Es ist leicht möglich, die Schlammprüfung durch Verwendung von Kupfer als Katalysator zu verschärfen. Vor einigen Jahren wurde über Versuche zur Bestimmung der Verteerungszahl in Gegenwart von Kupfer berichtet[4]. Diese Prüfung hat sich seither in der AEG-Transformatorenfabrik gut bewährt. Es wird so gearbeitet, daß ein 10 cm langer, 1 cm breiter und 0,1 mm dicker Streifen walzblanken Elektrolytkupferblechs spiralförmig so aufgerollt wird, daß er sich in den Hals des Erlenmeyerkolbens einführen läßt, und dann so gelegt wird, daß sich das Sauerstoffeinleitungsrohr in der Mitte der Spirale befindet. In dem in üblicher Weise erhitzten Öl werden die Verteerungszahl und der in Normalbenzin unlösliche Schlamm bestimmt.

Es sei hier der Vorschlag gemacht, bis die von der Internationalen Elektrotechnischen Kommission unternommenen Untersuchungen eine Klärung gebracht haben, in welcher Richtung bei der Ausgestaltung der Prüfung der Öle weiterzuarbeiten ist, bei der Verteerungszahl in der als Schiedsmethode vorgeschriebenen Form zu bleiben, und daneben dort, wo man besonderen Wert auf die Bestim-

[1] ETZ 1927, S. 1615.
[2] Vgl. darüber Typke, Allg. Öl- u. Fettzeitung, Mineralöle, 1928, S. 29; El. u. Maschinenb. Bd. 47, S. 357 (1929). — v. d. Heyden, Elektrizitätswirtsch. Bd. 28, S. 14 (1929).
[3] Typke, El. u. Maschinenb. Bd. 47, S. 359, 361 (1929).
[4] v. d. Heyden u. Typke, Erdöl u. Teer 1927, S. 427.

Digitized by Google

mung der Empfindlichkeit des Öles gegen Katalysatoren legt, die Verteerungszahl-Messung in Gegenwart von Kupfer auszuführen. Über Versuche, die Arbeitsbedingungen bei der Bestimmung der Kupferverteerungszahl noch genauer festzulegen, wird noch berichtet werden. Der hier gemachte Vorschlag hat den Vorteil, daß in der üblichen Apparatur für die Verteerungszahlbestimmung gearbeitet werden kann, also keine Neuanschaffungen nötig sind, während für die Baadersche Methode ein sehr kostspieliger Apparat notwendig ist.

Über die Stirnform und die Absenkung der Stirnsteilheit durch Kondensatoren bei durch Funken in Luft ausgelösten Wanderwellen*.

(Mitteilung aus dem Institut für elektrische Meßkunde und Hochspannungstechnik der T. H. Braunschweig.)

Von W. Schilling und J. Lenz, Braunschweig.

Übersicht. Es wird eine Schaltung zur Aufnahme von Wanderwellen hoher Spannung mit dem Kathodenstrahl-Oszillographen beschrieben. Die Auslösung der Wellen geschieht durch Funken in Luft. Einige Oszillogramme werden wiedergegeben, die den Verlauf einer Wellenstirn von 30 bzw. 60 kV maximaler Spannung sowie den Einfluß verschiedener Kondensatoren auf die Stirnform zeigen. Diese Aufnahmen werden mit rechnerischen Ergebnissen verglichen. Es werden ferner einige Oszillogramme mit 85 bzw. 170 kV höchster Spannung wiedergegeben.

Das Oszillographieren von Wanderwellen höherer Spannung ist unter Umständen schwierig infolge der dann notwendigen Spannungsteilung am Oszillographen und der mittelbaren Auslösung des Wellenvorgangs gleichzeitig mit dem Zeitkreis des Oszillographen. Die von uns angewandte Schaltung zeigt Abb. 1 und 2, u. zw. gibt zunächst Abb. 1 die eigentliche Wellenerzeugungs-

Abb. 1.

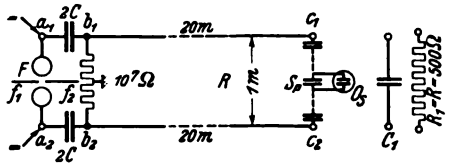


Abb. 2.

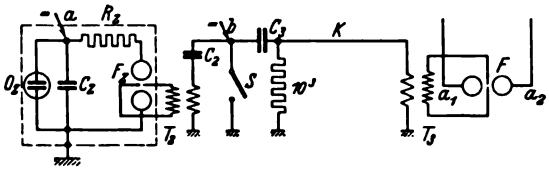


Abb. 1 und 2. Schaltung zur Aufnahme von Wanderwellen mit dem Kathodenstrahl-Oszillographen. Spannung symmetrisch gegen Erde.

Schaltung wieder. Diese entspricht einer normalen Stoßprüfanlage in symmetrischer Form gegen Erde. Die Kondensatoren $2C$ werden an den Punkten a_1 und a_2 von einer Gleichspannungsquelle aufgeladen. An die Kondensatoren ist eine 20 m lange Doppelleitung b_1c_1 und b_2c_2 angeschlossen, an deren Ende c_1, c_2 über eine Spannungsteilung die Schwingungs-(Ordinaten-)Platten des Oszillographen O_3 liegen; ferner werden hier je nach den Versuchsbedingungen Kondensatoren C_1 oder Widerstände R_1 angeschlossen. Die Spannungsteilung wurde erreicht durch Minos-Glasplatten-Verdichter, die sich offenbar für die vorliegenden schnell veränderlichen Vorgänge eignen. Die Auslösung der Welle geschieht durch die Zündfunkenstrecke F. Um einen einwandfreien Vergleich mit der Rechnung auf Grund des Toeplerschen Funkengesetzes zu ermöglichen, wurden zur Zündung 10 cm-Kugeln gewählt (mit diesen sind bisher die Mehrzahl der Messungen zur Klärung des Funkengesetzes angestellt worden). Die Kugeln liegen vor Beginn des Vorganges symmetrisch gegen Erde an Spannung. In die Symmetrieebene des Kugelfeldes brachten wir ein Plattenpaar nach Abb. 4 (f_1 und f_2 in Abb. 1). Dieses besteht aus zwei dünnen Blechplatten, die sich auf etwa 1 mm mit den Kanten nahestehen. In der Mitte des so entstehenden Spaltes tragen sie je eine kleine Austreibung, die den Spalt an dieser Stelle auf einige zehntel Millimeter verringert. An dieser Stelle wird zur Auslösung des Zündfunkens ein Hilfsfunke erzeugt, in Verbindung mit der Auslösung des Zeitkreises. Die Schaltung hierzu zeigt Abb. 2. Hierin bedeuten O_z die Zeit-(Abszissen-)Platten des Oszillographen, C_z, R_z, F_z ist der dazugehörige eigentliche Zeitkreis. An Stelle von R_z kann man ein Ventilrohr nach Abb. 3 verwenden. Die Auslösung des Zeitkreises sowie des Wellenvorganges geschieht nun durch die beiden Hilfskreise SC_2T_2 und SC_3T_3 in folgender Weise. Die Kondensatoren C_z, C_2 und C_3 werden mit etwa 3000 V an den Punkten a und b aufgeladen. T_2 und T_3 bedeuten zwei kleine Tesla-Transformatoren, deren sekundäre Seiten an je ein Plattenpaar

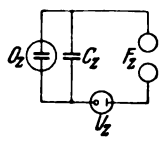


Abb. 3. Zeitkreis mit Ventilrohr.

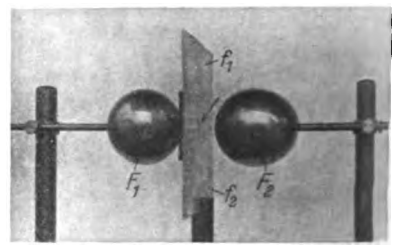


Abb. 4. Zündfunkenstrecke mit Zwischenfunkenstrecke zum Fernauslösen des Wellenvorganges.

zur Auslösung von F_z und F, wie oben für F beschrieben, angeschlossen sind. Durch Schließen des Schalters S werden T_2 und T_3 gleichzeitig im Primärkreis erregt und zünden so einerseits den Zeitkreis, anderseits den Wellenvorgang[1]. (In F_z genügt statt des Plattenpaares ein Spitzenpaar.) Diese verhältnismäßig verwickelte Steuerschaltung war notwendig, um jede Rückwirkung des Wellenvorganges auf den Zeitkreis über den Schalter S auszuschließen. T_3 ist über ein Kabel K angeschlossen; durch Wahl von dessen Länge kann das Einsetzen des Wellenvorganges gegenüber dem Ablauf des Zeitkreises verschoben werden. Der Zeitkreis selbst kann in bekannter Weise durch Wahl des Widerstandes R_z bzw. der Heizung des Rohres V_z und des Kondensators C_z verändert werden. Den Transformator T_3 kann man unter Umständen für kleine Wellenspannungen und damit geringe Rückwirkung von F her entbehren. (Es soll versucht werden, die beschriebene Schaltung mit mittelbarer Auslösung des Zeitkreises auch zur Aufnahme unwillkürlicher Vorgänge zu verwenden.) Die gleiche Wellenauslösung kann auch angewandt werden für eine Schaltung nach Abb. 5, die Stoßspannungen einseitig gegen Erde erzeugt. Es handelt sich

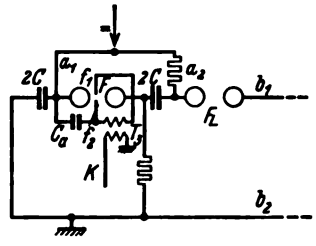


Abb. 5. Schaltung zur Aufnahme von Wanderwellen. Spannung einseitig gegen Erde.

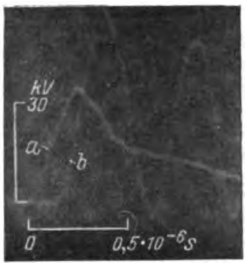
Abb. 6. Spannungsverlauf mit (a) und ohne (b) Wellenwiderstand am Ende einer 20 m langen Leitung.

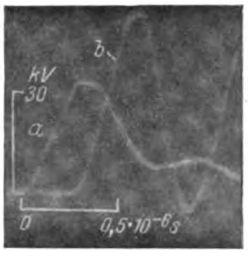
* Eingeg. am 20. II. 1930.

[1] Durch die Schalterbewegung wird zwangläufig vor dem eigentlichen Schaltvorgang an den Punkten a, b die Spannungsquelle abgetrennt.

Digitized by Google

um eine normale Verdoppelungsschaltung. Bemerkenswert ist die Anwendung einer Ausgleichkapazität C_a zwischen a_1 und T_2 (die Auslöseschaltung ist sonst wie in Abb. 2). Diese hat die Aufgabe, das Plattenpaar f_1, f_2 in der Symmetrieebene der Funkenstrecke F zu halten, d. h. die sonst störend wirkende Eigenkapazität des Tesla-Transformators T_3 (Sekundärwicklung gegen geerdete Primärwicklung) auszugleichen.





C_1 = 125 cm bzw. 0,14 . 10 $^{-9}$ F C_2 = 250 cm bzw. 0,28 . 10^{-9} F

Abb. 7 u. 8. Spannungsverlauf mit (*a*) und ohne (*b*) Wellenwiderstand sowie Absenkungskondensator C_1 am Ende einer 20 m langen Leitung.

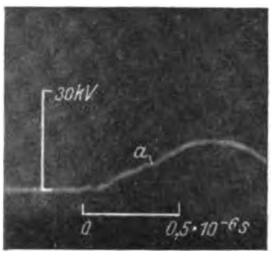


Abb. 9. Spannungsverlauf am Ende einer 20 m langen Leitung mit Wellenwiderstand und Absenkungskapazität C_1 = 5000 cm bzw. 5,55 . 10^{-9} F

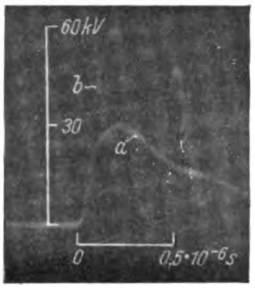


Abb. 10. Spannungsverlauf mit (*a*) und ohne (*b*) Wellenwiderstand sowie Transformator am Ende einer 20 m langen Leitung. Wirksame Kapazität des Transformators rechnerisch C_1 = 22,5 cm bzw. 0,025 . 10^{-9} F.

Wir erreichten eine nahezu gleichmäßige Zeitablenkung, indem wir aus der Entladekurve der Kapazität C_z über R_z ein im Verhältnis zur Gesamtentladung kleines Stück herausgriffen (Abb. 6 ... 10). Die späteren Aufnahmen mit hoher Spannung (Abb. 11 ... 13) sind zeitproportional geschrieben, indem an Stelle von R_z (Abb. 2) ein Ventilrohr (Müller-Senderöhre) verwandt wurde (Abb. 3). Ein

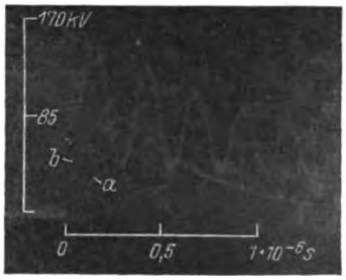
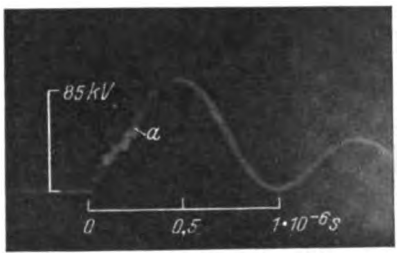


Abb. 11. Spannungsverlauf mit (*a*) und ohne (*b*) Wellenwiderstand am Ende einer 20 m langen Leitung.



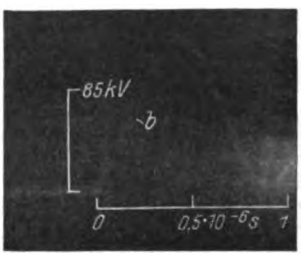


Abb. 12 u. 13. Spannungsverlauf mit (*a*) und ohne (*b*) Wellenwiderstand sowie Absenkungskondensator C_1 (900 cm bzw. 1 . 10^{-9} F) am Ende einer 20 m langen Leitung.

merkbarer Einfluß der Zwischenfunkenstrecke f_1, f_2 auf den Zusammenhang zwischen Schlagweite und Spannung bei F war bei sorgfältiger Einstellung nicht zu beobachten. Die Schwierigkeiten der Schaltung liegen einmal in dem Abgleichen des zeitlichen Ansprechens von F und F_z, ferner vor allem bei den hohen Spannungen darin, den Zeitkreis vor induzierten Störschwingungen zu schützen. Dazu schirmten wir den Zeitkreis, wie in Abb. 2 angedeutet, vollkommen ein (Kasten aus Cu-Blech); außerdem ist zu beachten, daß die Erdung des Zeitkreises von der der Wellenerzeugungsanlage getrennt ist. In der Zuleitung zu den Zeitablenkplatten (zwischen C_z und O_z in Abb. 2) müssen Widerstände liegen, ebenso in der Zuleitung zu den Schwingungsplatten (zwischen O_s und S_p, Abb. 1, für höchste Frequenzen nicht zulässig) zur Vermeidung von Störschwingungen in diesen Kreisen. Bei den Aufnahmen mit hohen Spannungen ist eine vollständige Vermeidung der Störungen nicht gelungen (vgl. Abb. 11 ... 13). Die Spannungsteilung wurde daraufhin geprüft, ob sie die Maximalwerte der Spannungen im richtigen Verhältnis herabsetzt. Für die Wahrscheinlichkeit richtiger Wiedergabe auf der „Unterspannungseite" spricht u. E. besonders die Übereinstimmung rechnerischer und versuchsmäßiger Kurven.

Abb. 6 ... 10 zeigen die aufgenommenen Oszillogramme über den Spannungsverlauf am Ende der Leitung. Auf den Bildern (ausgen. Abb. 9) sind entsprechend den wirklichen Verhältnissen durchgehende („unendliche") und begrenzte (endliche) Leitung der Spannungsverlauf mit (*a*) und der ohne (*b*) Wellenwiderstand am Ende absichtlich übereinander geschrieben. Der verschiedene Einsatzpunkt der Wellen ist zufällig und zeigt den Spielraum, den die mittelbare Zündung verursacht. Abb. 6 zeigt zunächst den unbeeinflußten Spannungsverlauf, u. zw. Kurve *a* mit Wellenwiderstand. Der zeitliche Verlauf ist bedingt durch das Produkt: wirksame Kapazität C der Anlage mal Wellenwiderstand R (vgl. Abb. 1). Kurve *b* in Abb. 6 zeigt den entsprechenden Spannungsverlauf bei begrenzter Leitung. Hier erhielt man einen hochfrequenten Spannungsverlauf, dessen Schwingungsdauer durch die Länge der Leitung von 20,4 m gegeben ist zu

$$T = \frac{4\,l}{c} = \frac{4 \cdot 20{,}4}{0{,}3 \cdot 10^9} = 0{,}27 \cdot 10^{-6}\,\text{s}.$$

Die folgenden Aufnahmen, Abb. 7 ... 9, zeigen den Einfluß steigender Werte der Absenkungskapazität[2] auf die Stirnlinie (C_1 in Abb. 1); gleichzeitig wird damit für die begrenzte Leitung die Schwingungsdauer erhöht. Für die Auswertung der Aufnahmen beachte man, daß der Spannungsverlauf infolge der kurzen Leitungslänge nur ungestört ist innerhalb einer Zeit, in der die Welle die doppelte Leitungslänge (vom Ende zurück und wieder hin) durchläuft, d. h. in vorliegendem Falle etwa 0,14 · 10^{-6} s bzw. rd. 3,6 mm Abszissenlänge im Oszillogramm. Innerhalb dieser Zeit muß der Stirnverlauf betrachtet werden; das bedeutet z. B. für Abb. 7, daß noch fast der gesamte Stirnverlauf unverzerrt ist, während Abb. 8 schon etwa von halber Stirnlänge an verändert ist. Die Verzerrung wirkt sich in einer scheinbaren Versteilung der Stirn aus, denn durch die Absenkung zieht eine Entladewelle in die Leitung ein, die als Ladewelle (bzw. verringerte Entladewelle für die begrenzte Leitung) wieder zurückkehrt. Dadurch erklärt sich auch die Tatsache, daß das Verhältnis der maximalen Spannungen in Abb. 7 und 8 bei endlicher und unendlicher Leitung nicht mehr 2 : 1 ist wie in Abb. 6, sondern bei 2 : 1,25 bzw. 2 : 1,15 liegt. In Abb. 9 ist die Absenkung schon so bedeutend, daß begrenzte und durchgehende Leitung gleichen Spannungsanstieg zeigen[3]. Abb. 10 zeigt zum Vergleich die Rückwirkung eines Transformators an Stelle der Kapazität mit geringen Anzeichen der typischen Kapazitätswirkung (Trafo: 380/15 000 V, 100 kVA). Die Abb. 11 ... 13 zeigen einige vorläufige Aufnahmen mit wesentlich höheren Spannungen, u. zw. entspricht Abb. 11 der Abb. 6. Man beachte beim Vergleich die bedeutend herabgesetzte Stirnsteilheit[4] in Abb. 11; diese bewirkt offen-

[2] Als Kondensatoren wurden Minos-Glasplatten-Verdichter gewählt, da diese die kapazitive Wirkung ohne „Verzögerungserscheinungen" (wie bei Papierkondensatoren beobachtet) bei Wellenbeanspruchung zeigen.

[3] Die offene Leitung ist daher nicht besonders wiedergegeben.

[4] Diese Herabsetzung hängt wahrscheinlich mit dem Sinken der „Funkenkonstanten" (vgl. die rechnerischen Bemerkungen im folgenden)

Digitized by Google

bar auch die scheinbar erhöhte Dämpfung der Spannungsschwingung bei begrenzter Leitung. Abb. 12 u. 13 zeigen die Wirkung einer Absenkungskapazität von 0,001 μF[*5] auf den Stirnverlauf der Abb. 11; die prozentuale Änderung ist grundsätzlich die gleiche wie bei den niederen Spannungen. Diese liegt zahlenmäßig zwischen der in Abb. 9 und 8.

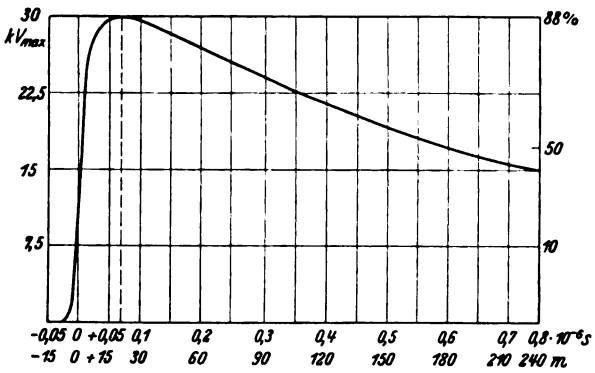


Abb. 14. Theoretisch errechneter Spannungsverlauf. $CR = 0{,}9 \cdot 10^{-6}$ s.

Aus den folgenden rechnerisch gewonnenen Kurven[6] werden die Verhältnisse noch übersichtlicher, insbesondere die zahlenmäßigen Werte der Steilheit und Steilheitsänderung. Wir betrachten zunächst den Spannungsverlauf nach Abb. 6, Kurve *a*; dazu gehört die rechnerische Kurve Abb. 14. Diese ist auf Grund des Toeplerschen Funkengesetzes berechnet nach dem Gleichungssystem:

$$u = \frac{Q-q}{C}\,\frac{q}{q+\frac{K}{R}}; \quad Q = u_z C$$

$$t = \frac{CK}{Q}\ln\frac{q}{q_0} - \left(CR + \frac{CR}{Q}\right)\ln\frac{Q-q}{Q-q_0}$$

$$q_0 = \frac{Q}{3}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{1}{\frac{Q}{3}}\,\frac{K}{R}}\right).$$

Diese Gleichung gilt für die Entladung eines Kondensators C über einen Widerstand R und Funkenstrecke bei einer Ladespannung u_z des Kondensators. Auf diesen Entladekreis kann die vorliegende Anlage zurückgeführt werden, wenn man als Entladewiderstand den Wellenwiderstand der Leitung, R in Abb. 1, auffaßt. Wir erhalten daraus die Spannung am Widerstand (auf der Leitung) abhängig von der Zeit, $u = f(t)$ [formelmäßig zwischen $t = -\infty$ und $t = +\infty$], über den Zwischenwert q, der physikalisch die aus der Kapazität der Anlage entnommene Elektrizitätsmenge bedeutet. Maßgebend für den Spannungsverlauf ist lediglich das Produkt CR, was in der angebenen Form der Gleichungen nicht zum Ausdruck kommt. $K = k\,\delta$ setzt sich zusammen aus der Schlagweite der Funkenstrecke (F in Abb. 1), δ und der der Toeplerschen Funkenkonstante k[*7]. Der Nullpunkt der Zeit wird durch q_0 festgelegt, u. zw. willkürlich so, daß $u = \frac{1}{3}\,u_z$ für $t = 0$. — Für Abb. 14 gilt: $\delta = 1{,}1$ cm, $u_z = 34\,300$ V, $u_{max} = 30\,000$ V, $CR = 0{,}9 \cdot 10^{-6}$ s. Die Funkenkonstante k wurde bestimmt zu $k = 0{,}13 \cdot 10^{-3}$. Entsprechend dem gewählten Zeitnullpunkt erfolgt der Anstieg der Spannung auf $\frac{1}{3}\,u_z$ in negativen Zeiten, der weitere Verlauf darüber hinaus in positiven Zeiten. Physikalisch entspricht dem Anstieg der Zusammenbruch des Funkenwiderstandes und dem Abfall die Entladung der Kapazität. Daß u_{max} nicht die Zündspannung erreicht, erklärt sich aus dem Abfall der Spannung an der Kapazität während der Anstiegszeit. Das Verhältnis von Spannungsmaßstab zu Zeitmaßstab ist für die graphische Darstellung in Abb. 14 so gewählt wie in Abb. 6(*a*). Man erkennt, daß die rechnerische Kurve fast vollkommen mit der aufgenommenen übereinstimmt. In Abb. 14 sind auf der Zeitachse die Längen in Meter Freileitung vermerkt, die die Welle in den entsprechenden Zeiten durchlaufen würde. Daraus kann man ein Bild über die vorliegende Steilheit der Welle gewinnen; diese beträgt im Höchstwert etwa 2000 V/m.

Zur weiteren rechnerischen Behandlung des Stirnverlaufs allein dient folgende Überlegung: Sowohl Rechnung als auch Versuch zeigen, daß der Höchstwert der Welle nur 88 % der Zündspannung ($u_{max} = 0{,}88\,u_z$) erreicht. Dieser Prozentsatz hängt ab von dem gewählten Werte $CR = 0{,}9 \cdot 10^{-6}$ der Anlage. Man denke sich nun diesen Wert CR gesteigert, z. B. durch wachsenden C-Wert, bis $CR \gg 10 \cdot 10^{-6}$ wird; dann erhält man zugleich wachsenden Höchstwert der Wellenspannung, der sich sehr rasch dem der Zündspannung angleicht. Man erhält so die mit *0* bezeichnete Stirnkurve in Abb. 15.

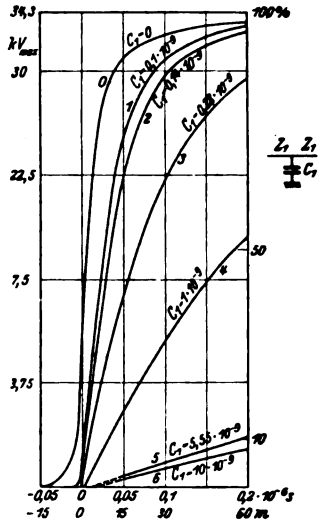


Abb. 15. Die Absenkung der Steilheit der Stirn durch Querkapazitäten; durchgehende Leitung.

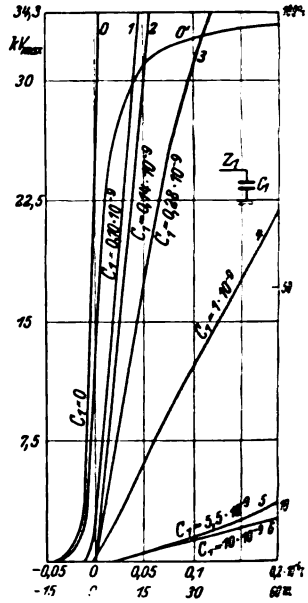


Abb. 16. Die Absenkung der Steilheit der Stirn durch Querkapazitäten; begrenzte Leitung.

Der Vergleich dieses allgemeinen Stirnverlaufs mit dem in Abb. 14 zeigt eine vollständige Übereinstimmung bis auf den oberen Teil. Die Betrachtung der Absenkung der Stirnlinie durch Kondensatoren gewinnt größere Allgemeinheit, wenn man von dieser allgemeinen Stirnlinie ausgeht. Ihre Gleichung lautet[8]

$$t = \frac{K}{u_z}\left[2\,\frac{u}{u_z-u} - 1 + \ln 2\,\frac{u}{u_z-u}\right].$$

In Abb. 16 (begrenzte Leitung) entspricht die mit $C_1 = 0$ bezeichnete Kurve der Verdopplung der auflaufenden Welle $0'$; diese muß zur Beurteilung der Absenkung als Ausgangs-Spannungsverlauf betrachtet werden. Welchen Einfluß nun verschiedene Werte C_1 rechnerisch auf diese Stirnlinie haben, zeigen die Abb. 15 u. 16 sowohl für den Fall durchgehender Leitung (mit Wellenwiderstand) als auch begrenzter Leitung (ohne Wellenwiderstand). Die Grundlagen für die Rechnung sind der oben erwähnten Arbeit des Verfassers entnommen; insbesondere ist die Gleichung benutzt:

$$u_{v_2} = e^{-\frac{1+Z_1/Z_2}{Z_1 C_1}} \cdot u_{v_2}\Big|_{t=0} + \frac{2}{1+Z_1/Z_2}\,u_{v_1} - \frac{2}{3\,(1+Z_1/Z_2)}\,u_z\,e^{-\frac{1+Z_1/Z_2}{Z_1 C_1}} - \frac{2}{1+Z_1/Z_2}\,e^{-\frac{1+Z_1/Z_2}{Z_1 C_1}} \int_0^t \frac{\mathrm{d}\,u_{v_1}}{\mathrm{d}\,t}\,e^{+\frac{1+Z_1/Z_2}{Z_1 C_1}\,t}\,\mathrm{d}\,t.$$

Hierin entsprechen u_{v_2} der gesuchten veränderten Anstiegskurve und u_{v_1} der allgemeinen Anstiegskurve mit

bei steigender Zündspannung zusammen, denn diese ist beträchtlicher als rechnerisch zu erwarten ist.

[*5] Hier mußte infolge der hohen Spannung ein Papierkondensator verwendet werden.

[6] Vgl. insbesondere für die folgenden Gleichungen: Schilling, Die Umbildung der Wellenform durch Kapazitäten und Induktivitäten bei durch Funken ausgelösten Wanderwellen; erscheint demnächst im Arch. El.

[*7] Vgl. Binder, Wanderwellenvorgänge, S. 47; Berlin 1928. Ferner die verschiedenen Arbeiten von Toepler im Arch. El. Diese Arbeiten geben Aufschluß über die Abhängigkeit der Konstanten von den Versuchsbedingungen (insbesondere der Spannung) und ihren zahlenmäßigen Wert bzw. ihre Berechnung bei gegebener Spannungskurve.

[8] Diese Gleichung zeigt den Einfluß der Funkenkonstanten auf die Stirnsteilheit. Es ist

$$t = -\frac{k\,\delta}{u_z}\,f\left(\frac{u}{u_z}\%\right).$$

δ/u_z steigt mit der Zündspannung u_z, so daß die prozentuale Spannungskurve flacher wird. Den gleichen Einfluß hat steigende Funkenkonstante.

Digitized by Google

$CR \gg 10 \cdot 10^{-6}$. Ferner bedeuten $Z_1 = R = 500\,\Omega$ den Wellenwiderstand der Versuchsleitung und C_1 den Wert des Absenkungskondensators; $Z_1/Z_2 = 1$ oder $= 0$, je nachdem, ob durchgehende oder offene Leitung vorliegt. Beim Vergleich der rechnerischen Anstiegskurven mit den Oszillogrammen muß man, wie oben erwähnt, beachten, daß die Oszillogramme einen störungsfreien Verlauf der Stirnlinie nur bis zu $0{,}14 \cdot 10^{-6}$ s bzw. rd. 3,6 mm Abszissenlänge aufweisen. Innerhalb dieses Bereiches zeigt der Vergleich, daß die rechnerischen Kurven wenig steiler verlaufen als die aufgenommenen. In den Abb. 15 u. 16 sind die zugehörigen Stirnkurven für durchgehende und begrenzte Leitung mit gleichen Zahlen bezeichnet. Die Größe der Steilheitsänderung soll hier nicht besonders zahlenmäßig aufgeführt werden, da diese insbesondere aus den rechnerischen Abb. 15 u. 16 anschaulich ersichtlich ist.

Abb. 12 u. 13 sollen nicht weiter rechnerisch erörtert werden. Grundsätzlich haben wir in bezug auf Absenkung durch Querkapazitäten gleiche Ergebnisse zu erwarten. Zudem sind diese Bilder nicht in gleicher Weise störungsfrei und sollten nur die Leistungsfähigkeit der Schaltung zeigen.

Den Einfluß von Kondensatoren auf die Stirnsteilheit von durch Funken ausgelösten Wanderwellen zu kennen, ist häufig erwünscht, z. B. für die Verwendung von Kondensatoren als Überspannungschutz, bei der Stoßprüfung zur Beurteilung der Rückwirkung des Prüflings auf den Stoßverlauf usw. Der vorliegende Vergleich rechnerischer Ergebnisse mit experimentellen Aufnahmen soll dazu dienen, diese Einflüsse zahlenmäßig erfassen zu können.

Der Oszillograph (Bauart Rogowski) war von der Helmholtz-Gesellschaft zur Verfügung gestellt. Dieser sowie der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft, die uns durch Gewährung von Mitteln die Durchführung ermöglichte, danken wir auch an dieser Stelle.

Zur Großfernversorgung.

Von Dir. Dr.-Ing. E. h. **M. Rehmer** und Dr.-Ing. E. h. **E. Rühle**, Berlin.

Durch O. v. Millers Gutachten über die „Reichselektrizitätsversorgung“[1] und durch den Vorschlag, den Dr.-Ing. E. h. O. Oliven auf der Zweiten Weltkraftkonferenz in bezug auf das europäische Netz machte[2], ist das Interesse an der elektrischen Großfernversorgung wieder in den Vordergrund gerückt. Wenn die von beiden Herren aufgestellten Wirtschaftlichkeitsberechnungen stimmen und dementsprechend eine Stadt wie Berlin jemals ein Interesse an überwiegendem Fernstrombezug bekommen soll, ist vorher noch eine Reihe wichtiger technischer Fragen zu klären.

Die Verfasser halten es im Bewußtsein ihrer Verantwortung für die Sicherheit der Stromversorgung einer Viermillionenstadt für erforderlich, auf diese Probleme in aller Offenheit hinzuweisen, damit rasch in gemeinsamer Arbeit zwischen den beteiligten Stellen zweckentsprechende Lösungen gefunden werden. Der nach der augenblicklichen Atempause einsetzende weitere Ausbau der Erzeugungs- und Verteilungsanlagen könnte dann unter Berücksichtigung dieser Ergebnisse vor sich gehen.

Die Bewag hat mit an erster Stelle die Wichtigkeit des Zusammenschlusses erkannt. Die bei seiner Durchführung mit viel Lehrgeld gesammelten Erfahrungen möchte sie gern der Allgemeinheit im Interesse einer befriedigenden europäischen Elektrowirtschaft zur Verfügung stellen. Sie sieht sich deswegen zu folgenden Ausführungen in bezug auf den Anschluß von Großstädten an die Ländernetze veranlaßt.

1. Betriebsicherheit.

Der Plan 16 des Millerschen Gutachtens zeigt, daß die weitaus stärkste Konzentration der Energie in Berlin vorhanden ist. Die Verbrauchsdichte dürfte 1935 Werte zwischen 30 000 und 40 000 kW/km² erreichen und die Gesamtbelastung rd. ¾ Mill kW betragen. Diese Zusammenballung von Leistung, bedingt durch die starke Anhäufung von Menschen und Gütern auf engem Raum, stellt die allerhöchsten Anforderungen an die Sicherheit der Stromversorgung.

Die Erfahrungen des Jahres 1930 haben gezeigt, daß vorläufig die Fernversorgung kaum sicherer anzusehen ist als zu der Zeit, wo die Bewag vor schweren Entscheidungen stand. Wenn trotzdem das Berliner Netz bei häufigem Ausfall des Fernstromes in Höhe bis zu 65 000 kW kein einziges Mal zusammengebrochen ist, so ist das allein auf die Tatsache zurückzuführen, daß die Bewag in ihrem Kraftwerk Klingenberg, in ihrer Ruthsspeicheranlage Charlottenburg und in den elektrischen Speichern stets die erforderliche Momentanreserve bereithielt.

Keinem Zweifel kann es unterliegen, daß die Vorschläge auf Plan 21 des Millerschen Gutachtens über die 220 kV-Sammelleitung hinsichtlich der Betriebsicherheit für Berlin unzureichend sind. Eine Störung auf der von Zschornewitz über Berlin nach Neustrelitz vorgesehenen Einfachleitung, die bei Höchstleistung der Wasserkräfte im Sommer mit rd. 300 000 kW belastet sein soll, würde einen vollkommenen Zusammenbruch des zu dieser Jahreszeit mit rd. 450 000 kW belasteten Netzes zur Folge haben. An dieser Tatsache können auch die parallel verlaufenden vorhandenen 100 kV-Leitungen nicht allzuviel ändern, da ihre Betriebsicherheit im Sommer besonders viel zu wünschen übrig läßt. Nur ein angemessenes Verhältnis zwischen Eigen- und Fremdstrombezug und eine zweite 220 kV-Leitung auf getrennter Trasse bzw. die Ausbildung des nördlichen Halbringes Hamburg — Hannover — Harbke—Zschornewitz—Berlin—Neustrelitz durch Bau der Strecke Neustrelitz—Hamburg zu einem geschlossenen Ring könnte die erforderliche Sicherheit gewährleisten. Zweckmäßig wäre auch der Bau eines Großspeicherwerkes für den Nordring.

2. Spannungen.

Für die Verbraucher in Städten sind zwei Spannungen üblich, eine Niederspannung von 220/380 V und eine Hochspannung von 6 kV bzw. 3 oder 10 kV. Mit zunehmendem Verbrauch wurde den Verteilungsnetzen eine Mittelspannung zwischen 20 und 30 kV überlagert. Durch Fernstrombezug wurde meist die erste Oberspannung zwischen 50 und 100 kV eingeführt. Vorschläge zur Anwendung der zweiten Oberspannung von 150 kV sind ernsthaft gemacht, und jetzt steht auf Grund der neuesten Vorschläge die dritte Oberspannung von 220/380 kV in Sicht. Damit würde günstigenfalls in Zukunft in den großstädtischen Anlagen mit 5, ungünstigenfalls mit 7 bis 8 Spannungen zu rechnen sein. Denkbar schlechte Spannungshaltung, Stabilitätsschwierigkeiten und kostspielige Umspannwerke und Schaltanlagen sind die notwendige Folge, wenn hier nicht schleunigst auf Vereinfachung gesehen wird und auf dem Wege der Vereinbarung Einheitspannungen festgelegt werden.

Empfehlenswert dürfte für Großstädte die von der Bewag geplante Einführung des Zweispannungsnetzes sein[3]. Kennzeichen dieses Systems ist das Vorhandensein von nur einer Mittelspannung von 30 kV und nur einer Unterspannung von 220/380 V und die Vermaschung der Niederspannungsnetze. Hierzu kommt noch als Oberspannung die Spannung von 220/380 kV. Mit diesen 3 Spannungen läßt sich in wirtschaftlichster Weise die Stromversorgung allergrößter Städte mit höchster Verbrauchsdichte auf lange Zeit hinaus einwandfrei beherrschen. Erwünscht ist mit Rücksicht auf die Einführung der Oberspannung bis unmittelbar in die Verbrauchszentren das Vorhandensein von 220 kV-Kabeln.

Eile bei den Entwicklungsarbeiten ist notwendig. Andernfalls müssen Projekte zur Ausführung gelangen, wie z. B. der 100 kV-Doppelring in Berlin (Abb. 10 des Aufsatzes Rehmer-Krohne), die das Interesse an der Ausführung des Millerschen Gutachtens aus wirtschaftlichen und betriebstechnischen Gründen schwinden lassen.

3. Spannungsregulierung.

Die deutsche 220 kV-Sammelleitung wurde von O. v. Miller so berechnet, daß „unter Zuhilfenahme von Phasenschiebern und Reguliertransformatoren die Spannungschwan-

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 904.
[2] Vgl. ETZ 1930, S. 986.
[3] s. Rehmer-Krohne, Entwicklung der Stromversorgung der Bewag in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft. Elektrizitätswirtsch. Bd. 29, 1930, S. 1.

Digitized by Google

kungen an den stromabgebenden Sammelschienen ± 4 % nicht überschreiten"[4]. Da heute schon mit Rücksicht auf die Spannungsabfälle im Verteilungsnetz eine Reguliermöglichkeit an den Berliner Kraftwerksammelschienen von ± 5 % gefordert werden muß, so sind in Zukunft außer den Regulireinrichtungen für die Fernleitungen noch solche von ± 9 % für das Verteilungsnetz erforderlich. Mit Rücksicht auf die demnächst vorzunehmenden Neuanschaffungen sind die Übersetzungsverhältnisse, Anzapfungen und der Regulierbereich festzulegen und bekanntzugeben.

4. Parallelarbeit zwischen alten und neuen Übertragungsleitungen.

Die wenigen, aber außerordentlich leistungsfähigen 220/380 kV-Leitungen bringen, wie schon oben ausgeführt, die große Gefahr mit sich, bei Ausfall durch Störungen den Zusammenbruch des gesamten, von dieser Leitung gespeisten Netzes herbeizuführen. Da das Wiederhochfahren eines solchen großen Netzes wie in Berlin lange Zeit beansprucht, wird man bestrebt sein, mit der 220 kV-Leitung die vorhandenen 100 kV-Leitungen parallel zu betreiben. Da trotz aller vertraglichen und betrieblichen Vereinbarungen eine Verteilung der Wirk- und Blindlast auf die parallel betriebenen Leitungen entsprechend ihrer Leistungsfähigkeit nicht zu jeder Zeit möglich sein wird, werden Regulireinrichtungen für Längs- und Querspannung und Fernmeß- und Fernsteuereinrichtungen unbedingt erforderlich. Über Auslegung, Einbauort und Fahrweise unter besonderer Berücksichtigung der Übergangs- und Bauzeit, sind baldmöglichst Vereinbarungen zu treffen, sollen unliebsame Überraschungen und Fehldispositionen vermieden werden.

Neben diesen vier wichtigen technischen Problemen, die vor einem großzügigen Zusammenschluß der Elektrizitätswirtschaft in Deutschland und Europa behandelt werden müssen, ist natürlich noch eine ganze Reihe anderer Aufgaben zu nennen, die z. T. schon gelöst sind bzw. deren Lösung nahestehen, so z. B. die Fragen der Frequenz- und Lastregulierung im Normal- und Störungsbetrieb, der wirtschaftlichen Spitzenkrafterzeugung, der Sicherung der Freileitungen gegen Gewitter und Nebel, der Kurzschluß-strombegrenzung und des Selektivschutzes. Hierüber ist jedoch in den letzten beiden Jahren und besonders auf der Zweiten Weltkraftkonferenz eingehend berichtet worden, so daß hier der Hinweis genügt.

Die Verfasser haben in aller Offenheit in Wort und Schrift auf diese schwierigen Fragen wiederholt hingewiesen und bereits Projekte bis zum Jahre 1940 ausarbeiten lassen, so daß für das Versorgungsgebiet Berlin alle Unterlagen geschaffen wurden, die zur gemeinschaftlichen Bearbeitung der genannten Aufgaben erforderlich sind.

[4] s. O. v. Miller, Reichselektrizitätsversorgung, S. 15.

Ergebnisse der im April 1929 bei den Berliner Rundfunkteilnehmern gehaltenen Umfrage über die Empfangsverhältnisse*.

(Mitteilung aus dem Reichspostzentralamt.)

Von F. Kiebitz, Berlin.

Übersicht. **Nahezu sämtliche Berliner Rundfunkteilnehmer beteiligen sich am Ortsempfang; mit Fernempfang beschäftigt sich der zehnte Teil. Nur ein Viertel der Teilnehmer benutzt Detektorgerät. Als Störer werden in erster Linie Rückkoppler angegeben; es folgen Heilgeräte, Straßenbahnen, Motoren.**

Im Deutschen Reiche gibt es nahezu 3 Mill Rundfunkteilnehmer, allein in Berlin mehr als eine ½ Mill. Es ist für den weiteren Ausbau des Rundfunksendernetzes wichtig, die Empfangsverhältnisse bei diesen vielen Teilnehmern möglichst genau zu kennen. Darum unternimmt die Deutsche Reichspost im Benehmen mit der Reichs-Rundfunk-GmbH. Umfragen bei den Rundfunkteilnehmern. Die erste ist im April 1929 von der Oberpostdirektion Berlin für ihren Bereich veranstaltet worden.

Zu dem Zwecke wurden Karten zur Beantwortung verteilt, die fünf Fragen enthielten; eine betraf die hauptsächlich gehörten Sender, zwei bezogen sich auf das benutzte Empfangsgerät und zwei auf die Störungen. Diese Fragen ließen 18 Antworten zu, von denen sich indessen einige gegenseitig bedingten, so daß 15 unabhängige Antworten gegeben wurden. 54,2 % der Rundfunkteilnehmer haben die Umfrage beantwortet, mehr als 300 000.

Die Ursachen für die Schwankungen der Beteiligungsziffern der einzelnen Postbestellbezirke gegenüber dem Durchschnitt sind zum größten Teil zufällig, wie der Umstand beweist, daß auch die kleinsten Bezirke bereits mit großer Annäherung den Gesamtquerschnitt ergeben. Der Grad der Übereinstimmung, den die Beteiligungsziffern der einzelnen Bezirke mit dem Gesamtdurchschnitt aufweisen, macht es wahrscheinlich, daß die gewonnenen Ergebnisse annähernd diejenigen Zahlen darstellen, die bei 100prozentiger Beteiligung zustande gekommen wären.

Das Gewicht der eingegangenen Karten überstieg 1000 kg. Es war nötig, die 15 einzelnen Antworten auszuzählen; außerdem interessieren noch 13 Kombinationen der Antworten. Das Auszählen wurde mit Maschinen der Hollerith-Gesellschaft vorgenommen; zu dem Zweck wurden die eingegangenen Karten auf Lochkarten übertragen, die dann in wenigen Tagen von den Maschinen 28mal geordnet und ausgezählt wurden.

Die Ergebnisse der Auszählung waren die folgenden:

Von den Rundfunkteilnehmern, welche die Umfrage beantwortet haben, hören hauptsächlich auf

Berlin	97,6 %
Königs Wusterhausen	32,5 „
Berlin und Königs Wusterhausen	30,1 „
andere deutsche Sender	9,7 „
ausländische Sender	8,2 „

Die Möglichkeit, einwandfreien Fernempfang zu machen, haben

jederzeit	8,8 %
nur wenn der Ortsender schweigt	19,4 „

Es benutzen hauptsächlich

Detektorempfänger	24,5 „
Röhrenempfänger	75,5 „

Zum Empfang von Berlin benutzen

Detektorempfänger	24,9 „
Röhrenempfänger	73,6 „

Zum Empfang von Königs Wusterhausen benutzen

Detektorempfänger	4,9 %
Röhrenempfänger	27,6 „

Der Ortsempfang wird durch Störungen elektrischer Art

ständig beinträchtigt bei	11,9 %
zeitweise beeinträchtigt bei	66,3 „
nicht beeinträchtigt bei	21,6 „

Es klagen über Störungen des Ortsempfangs durch

Rückkoppler	45,2 %
Straßenbahnen	17,2 „
Heilgeräte	23,5 „
Heizkissen	3,3 „
Lichtreklame	1,3 „
Motoren	12,5 „

Durch Störungen elektrischer Art wird der Ortsempfang mit

Detektorempfänger beeinträchtigt bei	16,2 %
Röhrenempfänger beeinträchtigt bei	62,2 „

Durch Störungen elektrischer Art wird der Ortsempfang mit

Detektorempfänger nicht beeinträchtigt bei	8,3 %
Röhrenempfänger nicht beeinträchtigt bei	13,3 „

Unter diesen Zahlen fällt die geringe Zahl der Teilnehmer mit Detektorempfang besonders auf.

Die Verteilung der Detektorempfänger über das ganze Stadtgebiet ist auf folgende Weise erhalten worden: Die prozentische Zahl der Detektorempfänger wurde für jeden

* Auszug aus einem Vortrag, gehalten in der Ordentlichen Sitzung des Elektrotechnischen Vereins verbunden mit der 6. Hauptversammlung der Heinrich-Hertz-Gesellschaft am 19. XI. 1929. Vgl. El. Nachr. Techn. Bd. 7, S. 24 (1930).

Digitized by Google

Postbestellbezirk einzeln ausgezählt; im ganzen sind 109 solcher Bezirke vorhanden. Die Zahlen wurden in 5 Stufen (0 ... 20, 20 ... 40 % usw.) in ein Kartenbild der Stadt Berlin eingetragen und durch verschiedene Tönungen verschieden. Es ergab sich dabei, daß in der Nähe Witzlebener Senders die meisten Detektorgeräte ver et werden. Mit der Entfernung von diesem Sender it der Gebrauch von Detektorgeräten ab.

In der inneren Stadt, nämlich in 47 Bezirken, hören r als 97 % der Teilnehmer hauptsächlich auf die Ber- Sender; auch in 37 Vororten wird Berlin von mehr 97 % der Teilnehmer aufgenommen, dagegen hören in Vororten nur 90 ... .97 % der Teilnehmer auf Berlin d in 8 Vororten weniger als 90 %.

Am Empfang von Königs Wusterhausen beteiligen sich 2,5 % der Teilnehmer. Der Deutschlandsender wird in er Umgebung des Witzlebener Senders verhältnismäßig wenig aufgenommen, während mit zunehmender Entfernung vom Witzlebener Sender die Beteiligung am Empfang des Deutschlandsenders beständig zunimmt.

Im Westen der Stadt, wo der Witzlebener Sender steht, ist auch die größte Zahl der Rundfunkteilnehmer, die mit Detektorgerät Königs Wusterhausen aufnehmen.

Bei den Rundfunkteilnehmern, die für Fernempfang eingerichtet sind, liegen um den Witzlebener Sender herum gürtelförmig Gebiete, in denen eine durchschnittlich gleiche Zahl von Fernempfängern wohnt, die mit der Entfernung vom Ortsender zunimmt.

Störungen des Fernempfangs durch die Ortsender (Königs Wusterhausen, Witzleben und Boxhagener Str.) erfahren 7/10 der Teilnehmer. Sie betragen in der inneren Stadt überall mehr als 60 % und haben in der Nähe des Senders Boxhagener Straße den höchsten Wert. In den Vororten nehmen sie ab.

Mit Störungen durch andere Ursachen als die Ortssender hat der Fernempfang immer zu rechnen; darum hat sich die Umfrage hinsichtlich solcher Störungen auf den Ortsempfang beschränkt. In einzelnen dicht bebauten Stadtteilen werden mehr als 90 % durch Rückkoppler, Straßenbahnen, Heilgeräte gestört. In der Nähe des Senders Boxhagener Straße sinkt der Betrag unter 70 %, in der Nähe des stärkeren Senders in Witzleben unter 60 %. Nur in wenigen Vororten sinkt die Zahl der Teilnehmer, die über Störungen klagen, unter 50 %.

Trennt man die Störungen nach den von den Teilnehmern angegebenen Ursachen, so ergibt sich eine ähnliche Verteilung, doch sind die Zahlen absolut genommen dann kleiner. Für die Straßenbahnstörungen erscheinen in den meisten Vororten weniger als 10 %, im Innern der Stadt jedoch in mehreren Bezirken mehr als 60 %. Auch die Störungen durch Rückkoppler treten in den Vorstädten zurück und sinken vereinzelt unter 10 %, während sie in der inneren Stadt in einem Falle 70 % überschreiten. Dagegen erscheinen alle übrigen angegebenen Störungsursachen, nämlich Heilgeräte, Heizkissen, Lichtreklame und Motoren unregelmäßig mit verschiedenen Beträgen zwischen 0 und 80 % über die ganze Stadt verteilt.

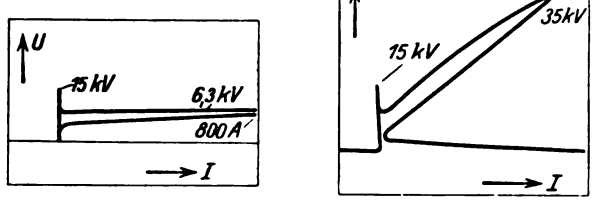
Amerikanische Stellungnahme zur Blitzschutzfrage.

In Amerika beschäftigt man sich wie bei uns z. Z. sehr eifrig mit dem Schutz von Hochspannungsanlagen gegen Gewitterüberspannungen. Über die Ausbildung von Blitzschutzapparaten handeln zwei Aufsätze, die etwa gleichzeitig von Spezialingenieuren zweier Großfirmen veröffentlicht worden sind. Über sie wird im nachstehenden berichtet.

I.

Die Arbeit von H. M. Towne[1] aus dem Blitzableiterlaboratorium der General Electric Co. behandelt die Wirkung der Ableiter unter verschiedenen Betriebsbedingungen: Aufstellungsort, Erdung, Werte der Stromkreiskonstanten, Anforderungen an den Schutzgrad. Towne betrachtet zunächst den Sicherheitsfaktor. Er verlangt für Ableiter hoher Nennspannung einen höheren Wert als für Nieder- und Mittelspannung. Weiter verlangt er die Berücksichtigung von Spannungserhöhungen, die einige Sekunden lang durch Höhererregung von Generatoren auftreten; die ungünstigsten Verhältnisse in dieser Hinsicht liegen bei Wasserkraftgeneratoren mit eigenen Erregermaschinen vor (bis 100 % Spannungserhöhung). Der Ableiter muß während solcher Erhöhungen betriebsicher arbeiten. Da bei den meisten Ableitern die herabgesetzte Spannung direkt proportional der Absperrspannung im Betriebe ist, so muß man Schutzwirkung zugunsten eines hohen Sicherheitsfaktors opfern. Man erwägt daher, durch Kontrollapparate gegen Spannungs- und Frequenzerhöhung am Generator die größte Spannungserhöhung auf 25 ... 30 % zu beschränken, und verspricht sich davon Vorteile.

Überspannungen durch Schaltvorgänge und Erdschlußlichtbogen werden aus Überspannungsaufzeichnungen der letzten 3 Jahre beurteilt. Etwa 50 % der Schaltüberspannungen liegen in der Gegend der dreifachen Amplitude der Normalbetriebspannung gegen die Neutrale; nur 5 % erreichen das 4 ... 5fache; Werte vom 6 ... 7fachen kommen ungünstigenfalls beim Abschalten leerlaufender Leitungen vor. Überspannungen durch Erdschlußlichtbogen (nur bei ungeerdetem Nullpunkt vorhanden) unterscheiden sich von Schaltüberspannungen dadurch, daß sie durch häufige Wiederholung der Entladungen den Ableiter thermisch überlasten können. Sie werden als die wahrscheinlichste Ursache von Ableiterschäden betrachtet. Für Gewitterüberspannungen ist bemerkenswert, daß sie jede beliebige Höhe bis zur Überschlagspannung haben können, die Grenze wird besonders für ungeerdete Holzmasten herabgesetzt. Peek rechnet mit 600 kV/m für den Stoßüberschlag von Mastenholz. Bei Leitungen von etwa 60 kV an aufwärts auf Eisenmasten kann die Stoßüberschlagspannung bei steilen Gewitterbeanspruchungen etwa das 10 ... 12fache des Amplitudenwertes der Netzspannung gegen Erde ausmachen, bei ungeerdeten Holzmasten sehr viel mehr. Bei Untersuchungen mit Überspannungsaufzeichnern in einigen 110 kV-Netzen haben 10 % der Gewitterüberspannungen den 6 ... 10fachen Betriebsamplitudenwert gegen Erde erreicht. Mit dem Kathodenstrahl-Oszillographen wurden Wellenfrontzeiten von 5 ... 10 µs im letzten Jahre gemessen. Die Dämpfung der Blitzüberspannungen, hauptsächlich durch Koronawirkungen, ist stark; sie wird dem Quadrat der Spannung proportional sein. Bezüglich der Höhe der Blitzüberspannungen wird kein Unterschied zwischen geerdetem oder nicht geerdetem Nullpunkt erwartet, was an einer Betrachtung indirekter Gewittereinflüsse erörtert wird. Dem Nachteil unangenehmer Wirkungen des nachfolgenden Netzstromes bei geerdetem Nullpunkt steht der Vorteil gegenüber, daß die Schaltüberspannungen von geringerer Amplitude sind, Überspannungen durch Erdschlußlichtbogen gänzlich vermieden werden. Ableiter können in Netzen mit geerdetem Nullpunkt eine um 20 % bessere Schutzwirkung erreichen.



ohne Erdwiderstand mit 55 Ω Erdwiderstand

Abb. 1. Kennlinien des 3 kV-Pellet-Ableiters.

Towne geht dann auf die Strom-Spannungs-Charakteristik des Ableiters ein. Eine horizontale Charakteristik, bei der die Spannung auch bei zunehmendem Strom konstant bleibt, der innere Widerstand also schnell abnehmen muß, ist nicht mehr verwirklichbar, wenn man auch den Widerstand der Erdverbindung und des Erders berücksichtigt. An Hand von theoretisch ermittelten Kurven werden diese Verhältnisse erörtert. Es werden dann zwei Ausführungsarten für Ableiter unterschieden: a) solche, die die Wanderwellenspannung an ihren Anschlußstellen herabsetzen, b) solche, die einen möglichst großen Betrag der Wanderwellenleistung absorbieren, um die Leistung der reflektierten Wellen soweit wie möglich herabzusetzen. Ableiter nach b) verlangen einen höheren

[1] H. M. Towne, Gen. El. Rev. Bd. 33, S. 428.

Digitized by Google

Widerstand, sie setzen die Spannung also nicht soweit herab wie Ableiter nach a).

Es werden dann Kathodenoszillographen gezeigt, die an einem Ableiter der Pellet-Type mit einem steilen Impuls mit und ohne natürlichen Erdwiderstand bei Entladungsströmen bis 800 A aufgenommen worden sind (Abb. 1). Die Ansprechspitze von 15 kV rührt von der vorgeschalteten Funkenstrecke her; im übrigen Verlauf ist die Spannungs-Strom-Charakteristik für den Ableiter allein sehr flach, wird aber durch den hohen Erdwiderstand beträchtlich erhöht. Die Umrechnung auf einen Ableiter mit 15 Ω Erdwiderstand am offenen Ende einer Leitung gibt für 500 A Ableiterstrom folgendes Bild:

	3 kV-Ableiter allein	3 kV-Ableiter mit 15 Ω Erdwiderstand
a) herabgesetzte Spannung in Prozent der ankommenden Spannung:		
bei 132 kV Wellenhöhe:	5	6
bei 40 kV Wellenhöhe:	15	20
b) Leistungsentzug in Prozent der ankommenden Leistung:		
bei 132 kV Wellenhöhe:	10	20
bei 40 kV Wellenhöhe:	23	36

Es wird gefolgert,

1. daß es vorteilhaft ist, die Spannungserniedrigung durch Verringerung der inneren Widerstände so weit wie möglich zu treiben,
2. daß dann, wenn die erste Welle keinen Isolatorenüberschlag gegeben hat, auch die reflektierte keinen erzeugt,
3. daß die unvermeidlichen Erdwiderstände an sich schon eine reichliche Leistungsentziehung bewirken.

Bei Erörterung der Einbaustelle wird davon ausgegangen, daß steile Wanderwellen zu bekämpfen sind und daß die Zeit-Durchschlagskurve den bekannten hyperbolischen Charakter hat, daß aber wiederholte Beanspruchungen durch reflektierte Wellen das Material zusätzlich beanspruchen. Vorgeschlagen wird, die Schutzapparate so nahe wie möglich an die Netztransformatoren und sonstigen zu schützenden Apparate zu legen. Wenn die Stationseinführung von der Freileitung über ein kurzes Kabelstück erfolgt, wird empfohlen, sowohl an die Übergangstellen auf der Strecke als auch an die Sammelschienen Schutzapparate zu legen.

Der Schutz der Leitungstrecke gegen Überschläge und ihre Auswirkungen wird als ernstes Problem bezeichnet. Nebenbei wird aus Betrachtungen über indirekte Blitzeinwirkungen gefolgert, daß es technisch möglich sein müsse, 220 kV-Leitungen gegen Gewitterüberschläge immun zu machen. Als Schutzmaßnahmen werden einzeln oder in Kombination empfohlen:

1. Erdseil,
2. Blitzschutzapparate in großer Zahl längs der Leitung,
3. mit Schmelzsicherungen versehene Hörner oder Ringe an den Isolatorenketten,
4. Erdschlußspulen.

Erdseile werden empfohlen wegen der Herabsetzung der induzierten Spannungen und der Dämpfung der Wanderwellen. Dem in Amerika erörterten Gedanken der Verteilung von Ableitern längs der Strecke wird der hohe Kostenaufwand entgegengehalten; immerhin wird darauf hingewiesen, daß man auch für Erdseile erhebliche Mehrkosten aufwendet. Darum werden die Bedingungen für derartige Schutzapparate erörtert. An ihre Schutzcharakteristik werden geringere Ansprüche gestellt als an diejenigen für die Stationsapparate. Es wird auch der Vorschlag gemacht, solche Apparate nur an eine Phase zu legen, wobei auch die anderen Phasen einen gewissen Schutz durch kapazitive Übertragung erhielten ähnlich wie durch Erdseile. Gegen Schmelzsicherungen an den Isolatorenketten werden die unbequemen Betriebskontrollen eingewandt. Über die Erdschlußspule wird gesagt, daß ihre Anwendung auch in Amerika jetzt öfters erörtert wird.

II.

A. L. Atherton, Spezialingenieur für Blitzschutzapparate bei der Westinghouse Electric & Mfg. Co., beginnt seine Veröffentlichung[2] mit einer Studie über die Anforderungen an ideale Blitzschutzapparate. Auch er erörtert die Beziehungen der horizontalen und der ansteigenden Spannungs-Strom-Charakteristiken zur Spannungsherabsetzung und zur Energieentziehung und findet ebenfalls eine genügende Energieentziehung in dem Kompromiß, das man für eine möglichst gute Spannungsherabsetzung praktisch erreichen kann. Im Hinblick auf die Abhängigkeit der Durchschlagspannung der Isolierstoffe von Höhe, Dauer und Verlauf der Überspannung empfiehlt er Laboratoriumsversuche, bei denen in großer Zahl stoßweise Durchschlagversuche mit und ohne angelegte modellartige Schutzapparate vorgenommen werden. Auf diese Weise soll gleichzeitig mit einer praktischen Erprobung prinzipieller Schutzanordnungen eine Beziehung zwischen der höchsten noch ungefährlichen Stoßspannung und der Prüfspannung der Isolation bei Betriebsfrequenz gefunden werden. Es wird vorläufig angenommen, daß Stoßspannungen bis zum 2,5fachen Wert der höchsten im Betriebe in Betracht zu ziehenden Spannungsamplitude noch ungefährlich sind.

Es werden dann Strom-Spannungs-Charakteristiken gezeigt, die mit dem Kathodenoszillographen an Autovalve-Ableitern normaler und verbesserter Ausbildung für 3 kV höchste Betriebspannung aufgenommen sind (Abb. 2). Mit dem verbesserten Apparat wird ein Wert von 2,5 für das Verhältnis der höchsten Ableiterspannung zur Absperrspannung erreicht; bei der normalen Type beträgt dieser Wert 3,5. Es wird darauf hingewiesen, daß für beide Ableiterarten gute mehrjährige Betriebserfahrungen vorliegen. Die Bemessung wird z. Z. so gewählt, daß die Absperrspannung dicht an die Grenze der höchsten im Betriebe in Betracht zu ziehenden Spannungsamplitude herangerückt wird. Dabei können bei ungewöhnlich langen Überspannungen noch Beschädigungen an den Ableitern hervorgerufen werden, welche man bei größerem Abstand beider Grenzen vermeiden könnte.

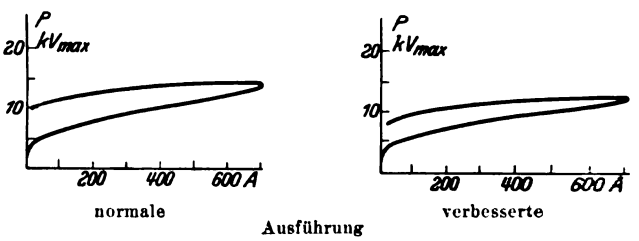


Abb. 2. Kennlinien eines 3 kV-Autovalve-Ableiters.

Der normale Autovalve-Ableiter erreicht die horizontale Lage der Charakteristik nicht ganz aus zwei Gründen. Erstens muß man zur Vermeidung des Umschlags der Glimmentladung in Lichtbogenentladung die Zwischenscheiben aus Material von beträchtlichem spezifischen Widerstand machen (wenn auch dünnwandig), zweitens muß man aus praktischen Gründen den Plattenabstand vom theoretischen Wert 0,007 mm auf 0,1 mm erhöhen. Auch der Unterschied zwischen dem aufsteigenden und dem abfallenden Ast ist ziemlich groß; er entsteht, weil die Glimmentladung sich beim Anstieg erst über die Elektrodenfläche von 60 cm² ausbreiten muß. Als Grenze für die Höhenlage der Charakteristik wird die Überschlagspannung der Leitungsisolation gegen Erde betrachtet, gemessen als Amplitudenwert bei längerer Beanspruchungsdauer. Je höher diese ist, desto höhere Ströme sind abzuleiten, da der Wellenwiderstand der Leitung konstant ist.

Beim verbesserten Ableiter sind die Elektrodenscheiben in direkten Kontakt gebracht, die tatsächliche Berührung besteht aber nur in drei oder vier Punkten, in denen bei der Härte des Materials die Berührungsfläche klein und daher der Parallelwiderstand hoch ist. Die Vorschalt-Funkenstrecken sind als Vielfach-Funkenstrecken ausgebildet. Die ersten Versuchsapparate dieser Art sind seit Frühjahr 1926 im praktischen Gebrauch, seitdem sind mehrere tausend Einheiten mit gutem Erfolg in Betrieben angewendet, vorläufig allerdings erst für niedrige Spannungsbereiche. Auch bei der Bemessung dieses neuen Ableiters hat man keinen wesentlichen Abstand zwischen die Absperrspannung und die höchste Betriebspannungsamplitude gelegt, um für das Verhältnis zwischen der Grenzspannung und der letztgenannten auf den Wert von 2,5 herunterzukommen. Die weiteren Bestrebungen gehen dahin, den Abstand zwischen den auf- und absteigenden Kurvenästen zu verringern.

Weiterhin wird erörtert, daß ein wesentlich besserer Schutz erreicht werden würde, wenn man Ableiter längs der Leitung in genügend kleinen Zwischenräumen verteilte, um die entstehenden Überspannungen möglichst nahe am Entstehungsorte zu bekämpfen und dadurch die Leitungsüberschläge auf der Strecke zu verringern. Es wird auch darauf hingewiesen, welchen wesentlichen Unterschied es für die Ableitungsfrage hat, ob man direkte oder indirekte

[2] A. L. Atherton, The Electric Journ. Bd. 26, S. 366

Digitized by Google

Blitzeinwirkungen annimmt. Schließlich wird über die Erfahrung berichtet, daß Leitungsüberschläge im Abstande bis zu einigen Kilometern von einer geschützten Station in geringerer Häufigkeit aufgetreten sind als in den mittleren Leitungsteilen. Da zur Zeit greifbare Überspannungsableiter für hohe Spannungen zu teuer sind, um in genügender Zahl längs der Leitung verteilt zu werden, zieht der Verfasser den Schluß, daß der örtliche Überschlag am Leitungsisolator als kontrollierender Faktor vorläufig noch notwendig sei. Er erörtert aber eingehend die Frage, wie man Ableitertypen für die Anbringung an Masten verbilligen könne und betrachtet den Einbau der Ableiter in den Leitungsisolator als ein anzustrebendes Ideal.

III.

Vergleicht man diese beiden Veröffentlichungen miteinander und mit den Ergebnissen der Arbeiten der Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen, welche der Berichter im Januar 1929 im EV vorgetragen hat[3], so findet man beachtenswerte Parallelen. Am brennendsten ist die Frage nach der Art der Blitzeinwirkungen, welche für den Hauptteil der Gewitterstörungen verantwortlich zu machen sind[4]. Die in den genannten deutschen Arbeiten besonders stark vertretene Ansicht, daß die Störungen in der Hauptsache durch direkte Einschläge entstehen, kommt auch in Amerika zur Geltung, wenn auch noch einzelne Erörterungen auf die Vorstellung der induzierten Wanderwellen aufgebaut werden. Übereinstimmung herrscht aber darüber, daß man den Gewittereinfluß in erster Linie unmittelbar am Entstehungsort bekämpfen sollte. Es ist mit Spannung zu erwarten, ob es gelingen wird, mit wirtschaftlich tragbaren Mitteln den Leitungsisolator selbst zum Überspannungs-Schutzapparat auszubilden und so den Blitzüberschlag zu verhindern, oder ob nur der vom Berichter seit einigen Jahren zur Erörterung gestellte Ausweg übrig bleibt, den Überschlag auf der Strecke bewußt zuzulassen, aber seine Auswirkungen durch geeignete Isolatorausbildung in Verbindung mit gutem Erdschluß- und Kurzschlußschutz zu bekämpfen. Die Vorbedingungen sind in beiden Ländern dadurch verschieden, daß drüben die feste Nullpunktserdung vorherrscht, während bei uns die Erdschlußspule üblich ist. Bezüglich der günstigen Beurteilung der Erdseile herrscht Übereinstimmung.

In der Frage der Zweckmäßigkeit flach liegender Charakteristiken für Schutzapparate kann man den amerikanischen Tendenzen durchaus beistimmen und es wäre zu begrüßen, wenn die angestrebten Verbesserungen zum Ziele führen würden. A. Matthias.

[3] ETZ 1929, S. 1469; Z. VDI Bd. 73, S. 732 (1929).
[4] S. a. ETZ 1927, S. 1477.

RUNDSCHAU.

Bergbau und Hütte.

Erzförderung und Mannschaftsfahrt im Schleppschacht. — Die Prager Eisenindustrie AG. hat in ihrem Erzbergbau einen großen schrägen Hauptschacht abgeteuft. Die Schleppschachtanlage (Abb. 1) besteht aus einer Erzbahn, der Mannschaftsbahn und der Kettenbahn mit Oberkette. Die drei Windwerke dafür hat man in einer Maschine vereinigt. Bei der Erzbahn führt das endlose Zugseil von der im achten Stockwerk untergebrachten Windenkammer unter Zwischenschaltung mehrerer Ab- und Umlenkscheiben längs des Schachtes hinunter in das 48. Stockwerk und über eine auf Spannschlitten gelagerte Umführungscheibe wieder längs des Schachtes zur Antriebscheibe zurück. Die vollen Hunde werden unten mittels Anhängeseiles und Kurbelklemme an das Zugseil angeschlagen und nach oben befördert. Oben werden die Wagen abgeschlagen, laufen infolge des Gleisgefälles selbst unter die Kette der Kettenbahn, welche sie weiter befördert. Die leeren Hunde laufen in umgekehrter Richtung denselben Weg in die Grube zurück. Zur Vermeidung der am Umfang der Treibscheiben auftretenden Differentialspannungen im Zugseil verwendet man einen Rillengleicher, der die Umfänge der Treibscheibenrillen während des Betriebes selbsttätig immer ganz gleich hält.

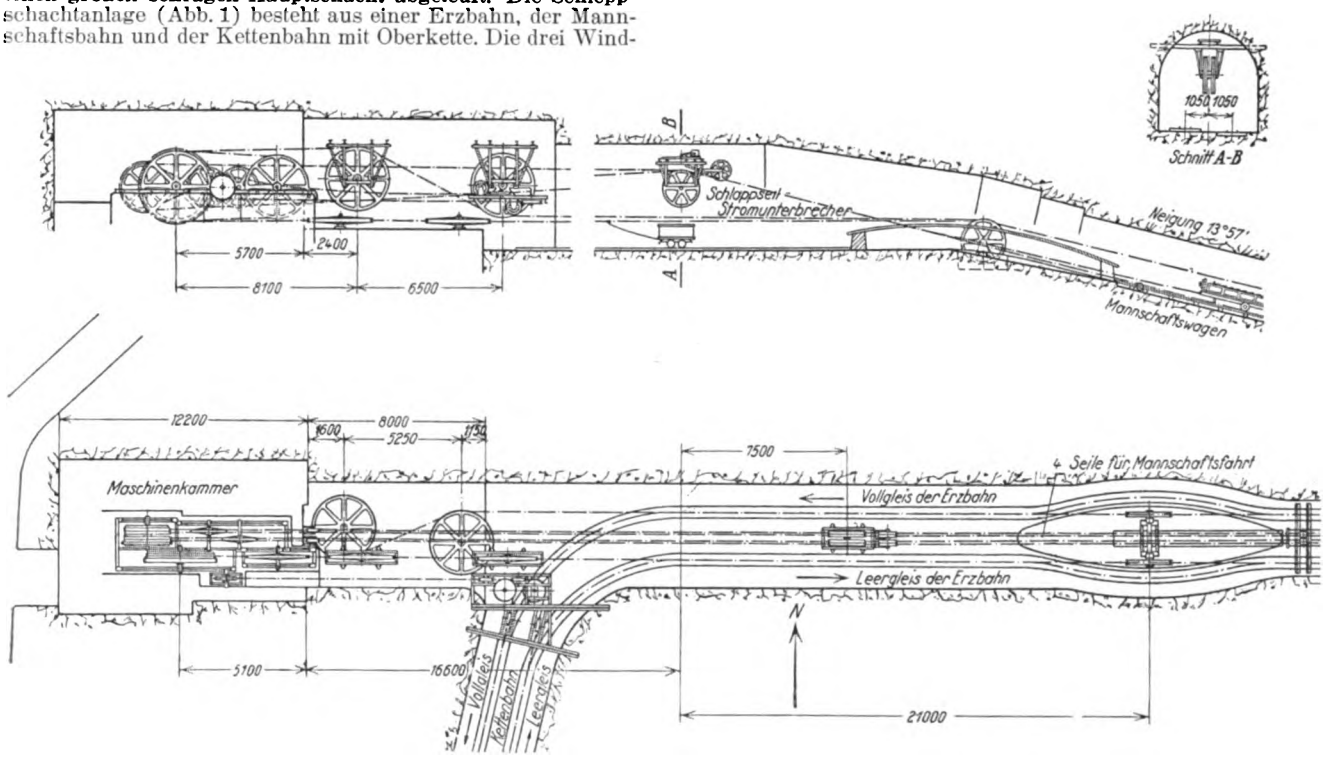


Abb. 1. Maschinenkammer und Schachtvorraum.

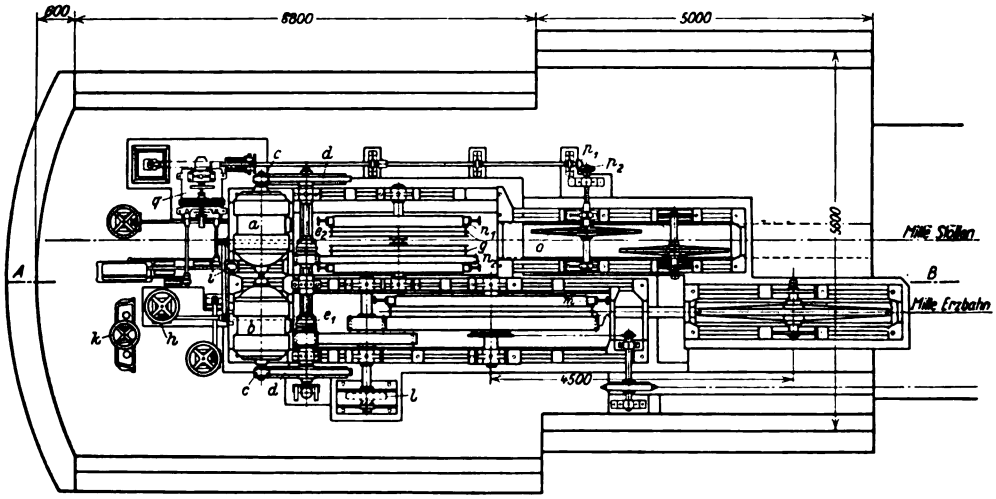
Die Mannschaftsbahn wurde als Pendelbahn mit einer Umsteigstelle in Schachtmitte zwischen den Gleisen der Erzbahn eingleisig angeordnet. Es verkehren zwei Mannschaftswagen, von denen der eine von der oberen Haltestelle zur Schachtmitte und zurück, der andere von der unteren Haltestelle zur Schachtmitte und zurück fährt, wobei die Wagen an den Haltestellen gleichzeitig eintreffen.

Wie aus Abb. 2 ersichtlich, treiben zwei Drehstrommotoren (*a* und *b*) von je 58,1 kW Dauerleistung mittels der Pfeilräder *c* und *d* eine Zwischenwelle an, die durch wahlweises Einrücken der Klauenkupplungen e_1, e_2 ent-

Digitized by Google

weder mit der Treibscheibe *f* der Erzbahn oder mit den Treibscheiben *g* für die Mannschaftsfahrt gekuppelt wird. Die Kupplung erfolgt beim Anlassen des Motors. Bei der Erzförderung arbeiten beide Motoren parallel immer in derselben Drehrichtung, während bei der Mannschaftsfahrt nur einer von beiden im Umkehrbetrieb belastet ist, der andere aber leer mitläuft. Versagt ein Motor, so kann die Erzförderung mit verminderter Leistung durch den zweiten Motor aufrecht erhalten werden, ebenso kann bei Mannschaftsfahrt jederzeit auf den zweiten Motor umgeschaltet werden. Die Steuerwalzen *k* werden nur durch ein Handrad gemeinsam gesteuert. Bei Betrieb eines Motors wird die Walze des leeren Motors ausgerückt, was ebenso wie die Wiedereinrückung nur in der Nullstellung geschehen kann; ein fehlerhaftes Kuppeln der beiden Steuerwalzen ist daher ausgeschlossen. Die Erzbahn hat eine Rücklauf-Hemmvorrichtung *l* und eine durch Spindel und Handrad feststellbare Backenbremse *m*, während mit den Treibscheiben *g* zwei Bremskränze verbunden sind, auf die je eine Backenbremse (n_1, n_2) wirkt. n_2 dient nur als Ersatz und ist durch Handrad und Spindel verstellbar. Bei Überschreitung der Fahrtenden wird der Antrieb selbsttätig stillgesetzt. Mittels einer Wiederanfahrvorrichtung wird das Ausrückgestänge entkuppelt und die Klinke eingelegt; man kann in die Endstellung zurückfahren, und das Ausrückgestänge kuppelt sich wieder selbsttätig. (H. Smonker, Z. VDI Bd. 73, S. 1275.) *Ka.*

rohre eingezogenen Kabel, die aber bei der ersten Rohrart durch 28tägiges Trocknen zur vollständigen Umbildung des schädlichen Kalziumhydroxyds in das unschädliche Kalziumkarbonat, bei der zweiten Rohrart durch Einleiten von Ammoniakgas zur Neutralisierung der sich bildenden Essigsäure behoben werden konnten. Die Prüfbestimmungen sind nur durch eine Heraufsetzung der Prüfspannungen für Einleiter- und Mehrfachkabel mit abgeschirmten Leitern und eine Herabsetzung des zulässigen Ionisierungsfaktors für Hochspannungskabel unwesentlich geändert worden. Die in den letzten Jahren festgestellte auffallende Verbesserung der Betriebsicherheit der Kabel



a, *b* Drehstrommotoren
c, *d* Zwischenräder
e_1, e_2 Klauenkupplung
f Treibscheibe der Erzbahn
g Treibscheiben der Mannschaftsbahn
h Handrad
i Walzenschalter
k Steuerwalze
l Rücklauf-Hemmvorrichtung
m Backenbremse
n_1, n_2 Backenbremsen der Treibscheiben der Mannschaftsbahn
o Umführungscheiben
p_1, p_2 Kegelräder
q einspindliger Teufanzeiger

Abb. 2. Grundriß der Maschinenkammer.

Leitungen.

Jahresbericht der amerikanischen Kabelkommission. — Auf der Jahresversammlung Juni 1929 des Am. Inst. El. Engs. stattete auch die Kabelkommission ihren Bericht ab. Wenngleich diesem Bericht vorangestellt wird, daß das vergangene Jahr nicht durch sensationelle Entwicklungssprünge gekennzeichnet, sondern der Vertiefung in die gewonnenen neuen Erkenntnisse gewidmet worden sei, so verdienen die gemachten Mitteilungen doch in vieler Hinsicht unsere Aufmerksamkeit. In erster Linie fällt die anscheinend nach einem festen Arbeitsplan durchgeführte Gemeinschaftsarbeit auf, an der neben den Werken der Kabelindustrie vor allem die Hochschulen beteiligt sind. Von den Ergebnissen seien genannt: die festgestellte hohe Temperaturbeständigkeit von Holzfaserpapieren, die sie dem Manilapapier durchaus gleichstellt und zu einer Erhöhung der zulässigen Arbeitstemperatur der Hochspannungskabel führen wird, die Aufstellung einfacher empirischer Gleichungen für die Ionisierungskurven sowie Arbeiten über eine beschleunigte Alterungsprüfung. Aus der Praxis hören wir, daß die bekannten 132 kV-Kabel in Chicago und New York sich als betriebsicher erwiesen haben und ein weiteres Kabel dieser besonderen Bauart zur Verlegung kommen wird; für diese Verlegung werden die einzelnen Kabellängen ölgefüllt angeliefert, so daß die umständliche und wohl auch unsichere Imprägnierung auf der Strecke in Fortfall kommt. Wir hören ferner, daß die H-Kabelkonstruktion sich als Dreileiterkabel bisher nur bis 33 kV durchgesetzt hat, während für höhere Spannungen das ölgefüllte Drei-Einleiter-Kabel das Feld behauptet. Bei den letzteren haben sich Ölbehälter auf den Muffen gut bewährt. Schwierigkeiten ergaben sich aus Oxydbildungen auf den Bleimänteln der in Beton- und imprägnierte Holz- wird als direkte Folge der industriellen Gemeinschaftsarbeit angesprochen. (T. F. Peterson, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 48, S. 805.) *Wn.*

Freileitungs-Isolatoren. — Am 1. I. 1930 sind die neuen, vollständig umgearbeiteten „Vorschriften für den Bau von Starkstrom-Freileitungen V.S.F./1930" in Kraft getreten. Gleichzeitig damit haben die einschlägigen Bestimmungen für Freileitungs-Isolatoren Geltung erlangt, auf die in verschiedenen Paragraphen der Freileitungs-Vorschriften Bezug genommen ist. Da die endgültige Fassung der Normblätter sowie die betr. Bestimmungen nicht nochmals in der ETZ gesammelt veröffentlicht werden, mag vielen ein Aufsatz von W. Weicker willkommen sein, in dem eine abschließende Übersicht über die Normungsarbeiten gegeben wird. Der Verfasser erörtert die eingetretenen Veränderungen und gibt den Wortlaut der „Leitsätze für die Prüfung von Isolatoren aus keramischen Werkstoffen für Spannungen von 1000 V an" wieder, ebenso den wesentlichen Inhalt der Normblätter für Stütz- und Kettenisolatoren. (W. Weicker, Mitt. Hermsd.-Schomb. 1930, H. 49, S. 1553.) *nkl*

Beleuchtung.

Fortschritte in der Flugverkehrsbeleuchtung in den V. S. Amerika[1]. — In den V. S. Amerika wurde ein neuer Streckenscheinwerfer von 457 mm Dmr. gebaut. Er besteht aus einer Fresnel-Doppellinse mit einem eingebauten sphärischen Hilfspiegel und einer 500 W-Lampe. Die kleinere Linse ist aus rotem oder grünem Glase hergestellt. Grünes Licht zeigt Notlandeplätze an, rotes Licht bedeutet Landungsverbot an den betreffenden Stellen. Ferner wurden neue Umrandungslichter hergestellt, die bei klaren Überfangglocken mit Lampen von 70 HK, bei roten Glocken mit Lampen von 120 HK arbeiten. Als Flugstreckenscheinwerfer werden in manchen Fällen anstatt der sonst allgemein üblichen Drehscheinwerfer von rd. 610 mm Dmr. elektrische Blinkfeuer eingebaut, bei denen zwei Lampen übereinander in den Brennpunkten der Fresnel-Linsen eingesetzt sind. (J. Liston, Gen. El. Rev. Bd. 33, S. 66.) *F. Bn.*

Heizung. Öfen.

Eine neue Universal-Hochvakuum-Ofenanlage. — Das Elektro-Schalt-Werk AG., Göttingen, stellt einen Hochvakuumofen als Laboratoriums- und Betriebstype in ver-

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1171.

Digitized by Google

schiedenen Größen, vorerst bis 550 cm³ Tiegelvolumen her. Die Universaltype (Abb. 3), ausgerüstet mit vollständiger Pumpenapparatur und Spartransformator für die molybdändrahtbeheizten Innen- oder Außenheizungsöfen, besitzt einen wassergekühlten, schwenkbaren Rezipientenzylinder mit abfahrbarem Boden und drei auswechselbaren Deckeln, die für die Verwendung der Anlage als thermischen Analysenofen, als Glüh- und als Schmelzofen für Kokillenguß unter Vakuum bestimmt sind. Mittels einer in die Deckel einsteckbaren und von außen her bedienbaren Vorrichtung können der Schmelze Legierungszusätze zugeführt und die Schmelze selbst umgerührt werden. Außerdem läßt sich das zum Rühren verwendete Thermoelement-Schutzrohr auf- und abbewegen und aus der Schmelze herausheben.

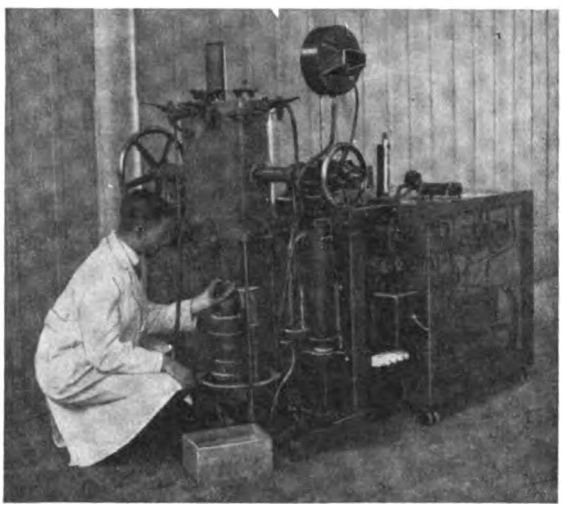


Abb. 3. Universal-Hochvakuum-Ofenanlage.

Die Anlage mit einem Rezipientenvolumen von 28 dm³ wird in 25 min auf ein Vakuum von 40×10^{-4} mm Hg gebracht und 1,37 kg Kupfer werden in 41 min mit 1,29 kWh geschmolzen, in 88 min entgast und gegossen. Das höchste Vakuum betrug bei einer Reihe Versuchschmelzen 40 bis 50×10^{-4} mm Hg.

Nach Schaffung eines Molybdändrahtofens mit geringer Masse wurde es möglich, den Arbeitsgang von Inbetriebnahme der Anlage zum Schmelzen und Gießen von 1 kg Kupfer bis zur Entnahme aus der Kokille auf 110 min abzukürzen, eine Zeit, die sich bei Verwendung von temperaturwechselbeständigem Tiegelmaterial bis auf etwa 80 min verringern läßt. *fi*

Elektrische Wärmespeicher mit Ölfüllung. — Auf der Industriemesse in Birmingham zeigte die Firma Browns Dryers, Ltd., Manchester, einen Wärmespeicher, der zur Verbesserung der Belastungsverhältnisse von Kraftwerken beitragen kann. Die überschüssige Nachtenergie wird bereits heute zuweilen in Form von Wärme aufgespeichert, die dann tagsüber zur Verfügung steht. Als Wärmeträger wird zumeist Wasser verwendet. Bei dem beschriebenen Verfahren wird jedoch das Wasser durch Öl ersetzt. Infolge des höheren Siedepunktes können im Öl wesentlich größere Wärmemengen untergebracht werden. Die ausnutzbare Temperaturdifferenz beträgt über 200 °. Durch die niedrigere spezifische Wärme des Öles wird auch weniger Zeit gebraucht, um es auf eine bestimmte Temperatur zu erhitzen. Das Öl befindet sich in einem isolierten Tank und wird durch elektrische Heizelemente bis auf etwa 290 ° erhitzt. Ein Thermostat sorgt dafür, daß diese Temperatur nicht überschritten wird. Die Einschaltung des Wärmespeichers kann mittels eines Zeitschalters erfolgen.

Diese Öl-Wärmespeicher können Verwendung finden zur Beheizung von Trocken- und Imprägnierungschränken, wie sie vor allem in der elektrotechnischen Industrie verwendet werden. In diesem Falle wird das Öl direkt zum Heizen der Vakuumbehälter benutzt. Mit Hilfe des heißen Öles können aber auch die üblichen Zentralheizungen betrieben werden. Das heiße Öl gibt hier in einem Wärmeaustauscher seine Wärme an das im Heizsystem fließende Wasser ab. Der Fluß des Öles kann hierbei in Abhängigkeit von im Heißwassersystem eingebauten Thermostaten durch selbsttätige Ventile gesteuert werden. (Engg., Bd. 129, S. 493.) *Mö.*

Apparate.

Fernbedienung einer Gruppe von Synchronmotoren. — Aufgabe: Es sind die 12 Synchronmotoren einer Kläranlage in Chicago, die in einem gemeinsamen Maschinenhause untergebracht sind, von einer Zentralschaltstelle (Schaltwarte) aus zu überwachen. Die Motoren sollen von der Warte aus anlaßbar und abschaltbar sein, sie werden mit 6600 V Drehstrom betrieben und haben Leistungen zwischen 700 und 2160 PS. Sämtliche Motoren sollen durch zwei gemeinsame fünfstufige Anlaßtransformatoren, von denen jeweils wahlweise nur einer auf einen anzulassenden Motor geschaltet werden kann, anlaßbar sein. Jeder der 12 Motoren ist mit besonderem Anlaß-, Anker- und Feldschalter ausgerüstet. Der zu bewältigende Anlaßvorgang umfaßt 6 Stufen und soll nach folgendem Schema vor sich gehen:

Stufe	Anlaßtransformator	Motorschalter
1	Schalter 1, 2, 3 „Ein“	Anlaßschalter „Ein“
2	„ 1, 2, 3, 5 „Ein“	„ „Ein“
3	„ 3 „Aus“ 1, 2, 4, 5 „Ein“	„ „Ein“
4	„ 1, 2, 4, 5 „Ein“	Feldschalter „Ein“
5	„ 1 „Aus“ 2, 4, 5 „Ein“	Anlaßschalter „Aus“
6	alle Schalter „Aus“	Ankerschalter „Ein“

Lösung: Jedem Motor wird ein besonderes Schaltpult zugeordnet, auf dem in nummernmäßiger Anordnung sämtliche Schalter (sowohl die der Anlaßtransformatoren als auch die eigentlichen Motorschalter) durch Stellungslampen gekennzeichnet sind. Soll ein bestimmter Motor angelassen werden, so wird in den Hauptsteuerschalter des betreffenden Pultes ein Schlüssel eingeführt, wodurch dieses Pult schaltbereit gemacht wird und alle anderen Pulte blockiert werden. Durch einen Wahlschalter kann sodann einer der beiden zur Verfügung stehenden Anlaßsätze gewählt werden, was nach entsprechendem Umlegen durch Aufleuchten einer Signallampe angezeigt wird. Die 6 Schaltstufen werden dargestellt durch 6 Druckknöpfe, die, mit Ausnahme des ersten, so untereinander mechanisch verriegelt sind, daß jeweils der folgende erst nach Betätigung des vorhergehenden Knopfes niedergedrückt werden kann. Die Knöpfe werden durch eine Druck-Drehbewegung bedient und können nach beendetem Anlaßvorgang durch eine Rückstelltaste (ebenfalls mechanisch) wieder entriegelt, d. h. in ihre Ursprungslage zurückgebracht werden. Endlich ist ein allgemeiner „Aus“-Steuerschalter vorgesehen, durch dessen Betätigung entweder der laufende Motor abgeschaltet oder aber, sollte das nötig sein, der Anlaßvorgang an beliebiger Stelle unterbrochen werden kann; hierbei werden sämtliche Schalter in die Ursprungslage zurückgeführt. Die eigentliche Schaltapparatur, die aus Elementen der Wahlfernsprecher zusammengesetzt ist, befindet sich im Schaltpult. Die Schalter selbst werden durch an ihnen befestigte Relais gesteuert und besitzen außerdem Hilfskontakte für die Stellungslampen. Die Verbindung zwischen Pult und sämtlichen Steuerrelais bzw. Hilfskontakten wird durch Telephonkabel hergestellt. Die Steuerspannung beträgt 48 V Gleichstrom. Der Wahlschalter zum Wählen des Anlaßtransformators besteht aus einem Federblock mit 2×16 Federsätzen. Über ihn wird jeweils das Verbindungskabel Pult—Anlaßtransformator in entsprechender Weise mit dem Pult verbunden. Die 6 Anlaßtasten schließen beim jeweiligen Niederdrücken den Stromkreis des Schaltmagneten eines zweibahnigen Schrittschalters mit 25 Kontakten derart, daß beim Niederdrücken der ersten Taste der erste Schaltschritt, beim Niederdrücken der zweiten Taste der zweite Schaltschritt usw. ausgeführt wird. Durch die mechanische Verriegelung der Knöpfe wird erreicht, daß mit Sicherheit z. B. beim Niederdrücken der 5. Taste auch der 5. Schaltschritt des Schrittschalters gemacht wird. Jedem Schaltschritt sind die entsprechenden Betätigungskontakte der Steuerrelais zugeordnet. Das Aufleuchten der Stellungslampen wird über die Hilfskontakte unter Vermittlung von einfachen Telephonrelais mit drei Federsätzen, die ebenfalls im Pult untergebracht sind, bewerkstelligt. Das Anlassen hat in der beschriebenen Weise unter Beobachtung eines an der Hauptschalttafel (angeordnet hinter den Pulten) angebrachten Amperemeters zu geschehen. Sollte das Einschalten der Stufen zu schnell geschehen, so löst ein Maximalrelais, welches parallel zum „Aus“-Steuerschalter des Pultes liegt, sämtliche Schalter aus. Der Schlüssel des Hauptsteuerschalters muß zurückgenommen werden, um durch erneutes Einlegen das Pult zum abermaligen Anlassen bereit zu machen. Das Abschalten eines Motors geschieht nach Einführen des Schlüssels in den Hauptsteuerschalter durch Betätigung des „Aus“-Steuerschalters.

Stellungnahme des Berichters: Vorteilhaft ist die Zentralzusammenfassung der Bedienung sämt-

Digitized by Google

licher Motoren in einem Raum. Die beschriebene Apparatur gestattet infolge mechanischer Blockierung der Steuertasten nur ein Anlassen in ganz bestimmter Reihenfolge der Stufen. Sicherheit gegen zu schnelles Anlassen bietet ein Maximalrelais, das beim Auslösen den Motor sofort selbsttätig abschaltet. Vorteilhaft erscheint die Verwendung normaler, leicht auswechselbarer Teile der Selbstwählerapparaturen. Nachteilig erscheint trotz Vorhandenseins zweier Anlaßsätze die Möglichkeit, jeweils nur einen Motor anlassen zu können, umständlich und teuer die notwendige sehr umfangreiche Kabelverbindung zwischen den Pulten und Anlaßtransformatoren bzw. Motoren, unübersichtlich die Anordnung der Stellungslampen mit einfacher Nummernbezeichnung. (L. J. Cissna, The Electric Journ. Bd. 26, S. 393.) *Dal.*

Werkstatt und Baustoffe.

Trägheitslose Zerspanungsmessung an Werkzeugen. — Die Erfassung der wirklichen an der Werkzeugschneide auftretenden Erscheinungen, die sich in Schnittdruck- und Schneidtemperatur-Vorgänge zergliedern lassen, besitzt für die spangebende Formung eine sehr große Bedeutung. Man hat wohl bereits die absolute Größe der Schnittdrücke an den Schneiden verschiedener Werkzeuge mittels hydraulischer Meßdosen gemessen (Schlesinger), auch die an der Schneide auftretenden Temperaturen wurden von Gottwein-Herbert thermo-elektrisch festgestellt. Hierbei wird das thermo-elektrische Prinzip derart benutzt, daß Werkzeug und Werkstück ein Thermoelement bilden und die bei der Spanabhebung auftretenden Thermokräfte festgestellt und auf Temperatur geeicht werden[1]. Dem neuen Versuchsfeld für Werkzeuge der Loewe-Gesfürel AG. ist es, wie C. Salomon am 7. X. 1929 auf der Tagung des Ausschusses für Maschinenarbeit in einem Vortrag berichtete, nunmehr gelungen, unter Heranziehung des Oszillographen und verschiedener Verstärkeranordnungen trägheitslose Schnittdruck- und Schneidtemperatur-Messungen durchzuführen[2].

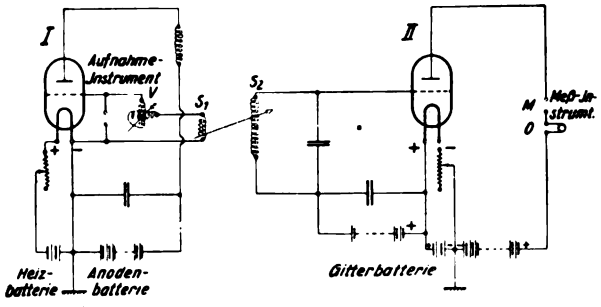


Abb. 5. Hochfrequenzschaltung nach Gerdien.

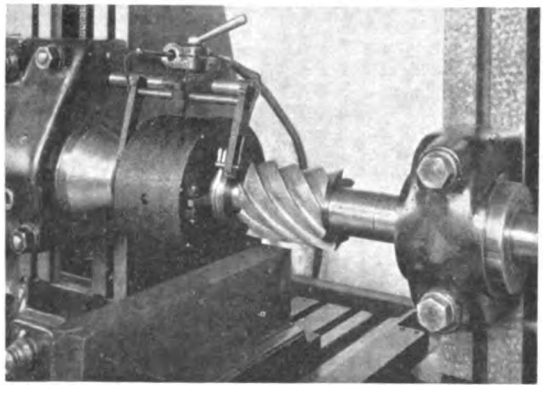


Abb. 6. Elektrisches Torsionsdynamometer für trägheitslose Messungen (System Ludw. Loewe—Siemens).

Die Druckmessungen benutzen ein in letzter Zeit verschiedentlich herangezogenes Meßprinzip (Abb. 5). Hierbei wird das Meßinstrument durch einen Kondensator mit veränderlichem Luftspalt gebildet. Dieser stellt den Hauptteil der Kapazität eines elektrischen Schwingungskreises in Selbsterregungschaltung dar, der von einer Senderöhre betrieben wird. Die Frequenz des Sendekreises wird nun von der veränderlichen Kapazität gesteuert. Die Kapazität wird durch einen Plattenkondensator hergestellt, bei dem durch irgendeine elastische Deformation der Plattenabstand und damit auch die Kapazität verändert wird. Der Sendekreis ist mit einem zweiten Schwingungskreis gekoppelt, in welchem eine weitere Verstärkerröhre als Gleichrichter wirkt und entweder ein Zeigerinstrument oder eine Oszillographenschleife steuert. Abb. 6 zeigt ein von den Firmen Siemens und Loewe-Gesfürel gemeinsam entwickeltes Torsionsdynamometer, auf welchem die Verdrehung des beanspruchten Werkzeugdornes eine Veränderung des Plattenabstandes bewirkt. Hierdurch ist die trägheitslose Messung an schwierigen Zerspanungsvorgängen zum erstenmal einwandfrei aufgeschlossen worden. Abb. 7 zeigt ein Oszillogramm, auf welchem Schnittdruck und Schneidtemperatur gleichzeitig trägheitslos aufgenommen worden sind. In Abb. 8 ist der Nachweis erbracht, daß bei Zerspanungsvorgängen die Schnittdruck- und Schneidtemperatur-Erscheinungen sowohl gleichzeitig als auch kennzeichnend gleichartig erfolgen.

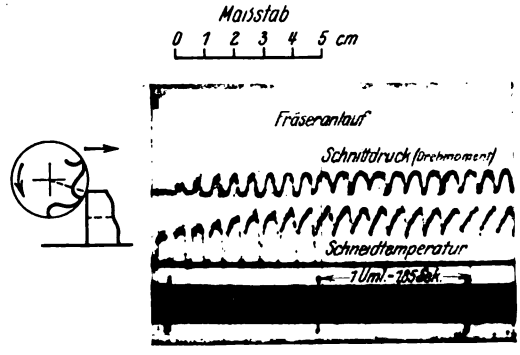


Abb. 7. Deckender Zahneingriff beim Anfräsen.

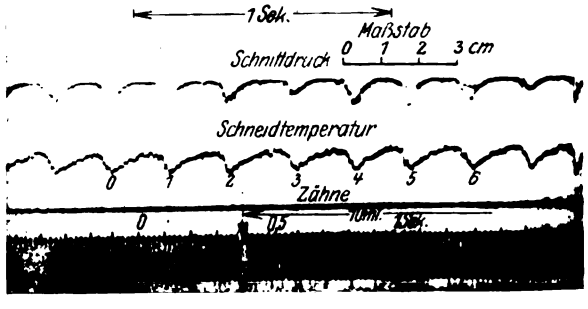


Abb. 8. Synchronismus von Schnittdruck und Schneidtemperatur.

Die Loeweschen Meßmethoden erscheinen geeignet, in die überaus schwierigen und verwickelten Fragen, die bei der spangebenden Formung durch Werkzeuge auftreten, weitgehenden Aufschluß zu bringen. (C. Salomon, Vortrag d. Tag. d. Ausschusses für Maschinenarbeit, Berlin 7. X. 1929.) *Sb.*

Hebezeuge und Massenförderungen.

Steuerungen für Greiferwinden. — Zum wirtschaftlichen Umschlag von Schüttgütern aller Art dienen Greiferkrane, deren besonders für diesen Zweck durchgebildete Winden durch einen oder zwei Motoren angetrieben werden. Einmotorenwinden in einfachster Bauart sind hauptsächlich für Krane gedacht, die abwechselnd für Greifer- und Lasthakenbetrieb Verwendung finden; für diese sind auch die Einseilgreifer bestimmt. Sind die Krane nur für Greiferbetrieb, dann erhalten die Winden zwei oder mehr Seiltrommeln, die durch Kupplungen oder Planetengetriebe mit dem Antriebsmotor gekuppelt werden. Man unterscheidet die Seiltrommeln hierbei in Schließtrommel und Haltetrommel, die nach den Seilen der hierfür verwendeten Zweiseilgreifer genannt sind. Bei den vollkommeneren Winden dient je ein Motor zum Antrieb der Schließ- und der Haltetrommel; es gibt jedoch auch Ausführungen, bei denen ein kleinerer Motor nur zum Schließen und Öffnen, ein zweiter, größerer, zum Heben und Senken vorhanden ist. Besonders die letzten beiden Ausführungen haben für schnell arbeitende Krane Bedeutung gewonnen, wobei Winden mit zwei verschieden großen Motoren und Planetengetriebe auch für Kübelbetrieb unter Verwendung einfacher bzw. normaler Schaltungen ver-

[1] Vgl. a. ETZ 1929, S. 166.
[2] Loewe-Notizen, Nov. 1929.

Digitized by Google

wendet werden können, während bei den Winden mit zwei gleichen Motoren, die bei den Hubbewegungen gemeinsam eingeschaltet sind, besondere Gleichlaufschaltungen ausgeführt oder die beiden Winden durch eine durch Magnet betätigte Kupplung verbunden werden müssen, wenn außer Greiferbetrieb noch Klappkübelbetrieb in Frage kommt.

Um Fehlschaltungen zu verhindern, muß die Steuerung von Greiferkranen möglichst einfach sein. Man stellt deshalb bei Zweimotorenantrieb die Steuergeräte so dicht zusammen, daß der Kranführer mit einer Hand beide Steuerhebel gemeinsam schalten kann, oder man verbindet die Steuergeräte mittels einer Universalsteuerung derart, daß nur ein Steuerhebel vorhanden ist, der nur in den Schlitzen einer Führung bewegt werden kann, wobei sich die den einzelnen Schlitzen zugeordneten Schaltungen und damit die gewünschten Greiferbewegungen ergeben. Die verschiedensten Schaltungen für Gleichstrom-Reihenschlußmotoren, Drehstrom-Asynchronmotoren sowie Drehstrom-Reihenschlußmotoren[1] sind angegeben, wobei sehr übersichtliche schematische Darstellungen verschiedenster Greiferwinden sehr zum Verständnis der gezeigten Schaltungen sowie der Greifermanöver beitragen. (Rothe, Siemens-Z. Bd. 10, S. 17 u. SSW-Broschüre Nr. 4132/2.) *Sb.*

Fernmeldetechnik.

Zur Beurteilung von Eisenkernen in der Schwachstromtechnik. — Eine Arbeit von R. G. Lohrmann behandelt die quantitativen Zusammenhänge zwischen den Eigenschaften des verwendeten Eisenkerns und der zugehörigen Spule bzw. des Transformators. Die gewonnenen Ergebnisse werden für die praktisch vorkommenden Arbeitsbereiche sehr einfach und übersichtlich. Der Satz von den gleichen Kupfer- und Eisenvolumina wird diskutiert und die für praktische Zwecke noch zulässigen Abweichungen werden untersucht. Eine ausführliche Untersuchung der Abhängigkeit des Wirkungsgrades eines Transformators bzw. des Scheinwiderstandes der Spule von den Eigenschaften des Eisenkerns führt auf die Ableitung mathematischer Formeln für einige charakteristische Frequenzen. Aus diesen Formeln kann auf die Brauchbarkeit verschiedener Eisensorten für verschiedene Fälle geschlossen werden. Bei der Behandlung des Widerstandsdiagramms des Transformators wird gezeigt, wie sich die Eigenschaften des Eisens in dieser Hinsicht auswirken. Die Arbeit ist sehr ausführlich und übersichtlich durchgeführt. (R. G. Lohrmann, Doktordissertation T. H. Dresden. Abgedruckt in Wiss. Veröff. Siem.-Konz. Bd. 7, H. 2.) *Krz.*

Die Funkanlage des Dampfers „Europa". — Die Funkanlage der „Europa" ermöglicht ein gleichzeitiges Arbeiten auf drei Linien in Duplex, d. h. auf drei Linien kann unausgesetzt gleichzeitig gesendet und empfangen werden. Die Sender stören die Empfänger nicht, trotzdem sie im gleichen Raum unmittelbar nebeneinander installiert und ihre Antennen an den gleichen Schiffsmasten befestigt sind. Der Duplex-Betrieb ist besonders bemerkenswert für den langwelligen Verkehr, bei dem die Senderwelle nur einige Prozent von der Empfangswelle abweicht. Zur Bedienung der gesamten Funkanlagen sind sechs Funkbeamte erforderlich. Die von der Telefunken-Gesellschaft gelieferte Funkeinrichtung (Abb. 9) enthält auf der Senderseite einen Hauptsender für Langwellen zum direkten Verkehr mit den beiden Kontinenten von jedem Standpunkt des Schiffes aus, bestehend aus einem Röhrensender mit Wellenbereich von 500 ... 3000 m mit Gerät für Schnelltelegraphie, einen Mittelwellen-Sender für den Nahverkehr mit Küstenfunkstellen und Schiffen, bestehend aus einem Röhrensender mit einem Wellenbereich zwischen 580 und 830 m, einen Kurzwellen-Sender für den Telegraphie- und Telephonieverkehr auf sehr große Entfernungen mit 700 W Antennenleistung und einem Wellenbereich von 15 ... 90 m, einen Notsender als besondere Senderreserve für den Fall außerordentlicher Betriebstörungen des elektrischen Bordkraftwerkes. Das Arbeiten dieses Notsenders ist vom elektrischen Schiffsnetz völlig unabhängig.

Die Empfangseite ist mit folgenden Geräten ausgerüstet: 1. einem neuartigen Empfangsystem, dem Telefunken-Dreikreis-Empfänger mit Filtern. Die große Verkehrsdichte auf allen Wellenbändern auf See und die Notwendigkeit der schnellen Abwicklung des Funkverkehrs erfordern Empfänger, die bei größter Trennschärfe und Empfindlichkeit so einfach in der Bedienung sind, daß die Aufmerksamkeit des Funkbeamten so wenig wie möglich für die Einstellung auf die gewünschte Station in Anspruch genommen wird. 2. Kurzwellen-Empfänger für Wellen von 10 ... 150 m mit Hochfrequenzverstärkung. 3. Seenotruf-Empfänger. Um einen Schiffsnotruf oder ein Alarmsignal auf der Welle 600 m stets unabhängig vom übrigen Verkehr empfangen zu können, ist ein besonderer Empfänger in dauerndem Betrieb, der auf einen Lautsprecher geschaltet ist. Selbstverständlich ist das Schiff auch mit Funkpeiler ausgerüstet, der ein unentbehrliches Hilfsmittel für die Navigation namentlich bei unsichtigem Wetter ist.

Vier motorische Rettungsboote sind ebenfalls mit Funkstellen ausgerüstet, die sich im gedeckten Vorderteil der Boote befinden. Den nötigen Betriebstrom für diese Kleinstationen (Sendewelle 600 m) liefert eine Akkumulatorenbatterie von 24 V und rd. 100 Ah. Die Batterie kann nach Bedarf von dem wasserdicht eingekapselten Bootsmotor geladen werden. Der Wellenbereich des Empfängers ist 300 ... 1100 m. Die Zweidrahtantenne wird von zwei Klappmasten am Bord jedes Bootes getragen. *fi*

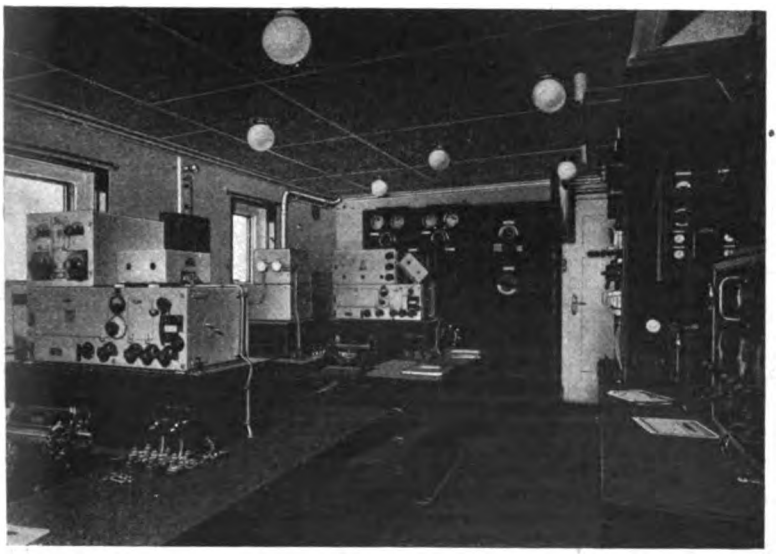


Abb. 9. Hauptfunkstelle der „Europa"; im Hintergrund Langwellensender, vorn Empfangsapparate.

Das dritte Ostpreußenkabel (1929). — Zur Vermehrung der Fernsprechverbindungen mit Ostpreußen ist im Sommer 1929 ein neues, das dritte Fernsprechseekabel von Leba in Pommern nach Pillau in Ostpreußen ausgelegt worden[1]. Das 186 km lange Seekabel ist zum Unterschied von den beiden älteren, die nach dem Krarup-Verfahren gebaut sind, mit Pupinspulen ausgerüstet. Das Kabel enthält 22 Vierdrahtleitungen (Leiterstärke 1,0 mm) und eine in der Mittelachse untergebrachte Rundfunk-Doppelleitung (Leiterstärke 1,9 mm), also im ganzen 90 isolierte Drähte. Das Rundfunkpaar ist mit elektrostatischem Schirm aus Stanniol versehen, die Vierer sind sternverseilt, mit einem gefalteten Papierstreifen, und darüber mit einem überlappenden Papierband umwickelt. Je elf Vierer sind für die Sprech- und die Hörrichtung bestimmt. Jede dieser Gruppen ist zu einem Halbkabel verseilt; beide Hälften sind laufend durch einen Stanniolstreifen getrennt und dadurch gleichfalls gegeneinander wie auch gegen das Rundfunkpaar elektrostatisch abgeschirmt. Die Kabelseele ist mit zwei Lagen metallisiertem Papier und mit einer offenen Nesselbandspirale derart umwickelt, daß alle statischen Schutzhüllen über den Bleimantel Erdpotential erhalten. Das Kabel enthält 101 Spulenfelder von je 1855 m Länge und 2 Anlaufstrecken mit insgesamt 101 Spulenpunkten. Jedes Spulenstück enthält 45 Spulen und

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1344.

[1] Vgl. ETZ 1920, S. 656; 1928, S. 1755.

Digitized by Google

licher Motoren in einem Raum. Die beschriebene Apparatur gestattet infolge mechanischer Blockierung der Steuertasten nur ein Anlassen in ganz bestimmter Reihenfolge der Stufen. Sicherheit gegen zu schnelles Anlassen bietet ein Maximalrelais, das beim Auslösen den Motor sofort selbsttätig abschaltet. Vorteilhaft erscheint die Verwendung normaler, leicht auswechselbarer Teile der Selbstwählerapparaturen. Nachteilig erscheint trotz Vorhandenseins zweier Anlaßsätze die Möglichkeit, jeweils nur einen Motor anlassen zu können, umständlich und teuer die notwendige sehr umfangreiche Kabelverbindung zwischen den Pulten und Anlaßtransformatoren bzw. Motoren, unübersichtlich die Anordnung der Stellungslampen mit einfacher Nummernbezeichnung. (L. J. Cissna, The Electric Journ. Bd. 26, S. 393.) *Dal.*

Werkstatt und Baustoffe.

Trägheitslose Zerspanungsmessung an Werkzeugen. — Die Erfassung der wirklichen an der Werkzeugschneide auftretenden Erscheinungen, die sich in Schnittdruck- und Schneidtemperatur-Vorgänge zergliedern lassen, besitzt für die spangebende Formung eine sehr große Bedeutung. Man hat wohl bereits die absolute Größe der Schnittdrücke an den Schneiden verschiedener Werkzeuge mittels hydraulischer Meßdosen gemessen (Schlesinger), auch die an der Schneide auftretenden Temperaturen wurden von Gottwein-Herbert thermo-elektrisch festgestellt. Hierbei wird das thermo-elektrische Prinzip derart benutzt, daß Werkzeug und Werkstück ein Thermoelement bilden und die bei der Spanabhebung auftretenden Thermokräfte festgestellt und auf Temperatur geeicht werden[1]. Dem neuen Versuchsfeld für Werkzeuge der Loewe-Gesfürel AG. ist es, wie C. Salomon am 7. X. 1929 auf der Tagung des Ausschusses für Maschinenarbeit in einem Vortrag berichtete, nunmehr gelungen, unter Heranziehung des Oszillographen und verschiedener Verstärkeranordnungen trägheitslose Schnittdruck- und Schneidtemperatur-Messungen durchzuführen[2].

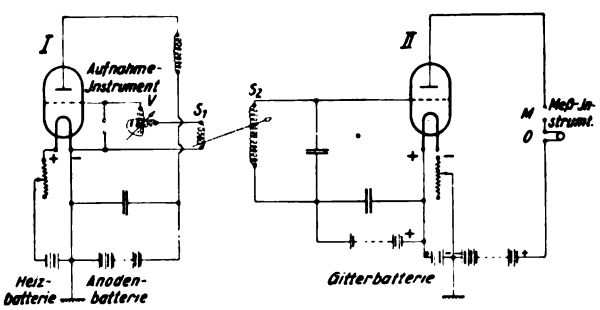


Abb. 5. Hochfrequenzschaltung nach Gerdien.

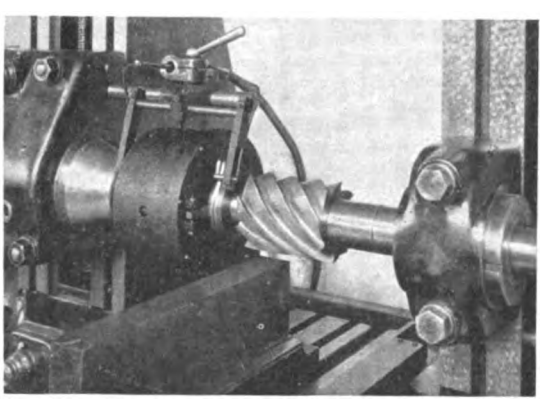


Abb. 6. Elektrisches Torsionsdynamometer für trägheitslose Messungen (System Ludw. Loewe—Siemens).

Die Druckmessungen benutzen ein in letzter Zeit verschiedentlich herangezogenes Meßprinzip (Abb. 5). Hierbei wird das Meßinstrument durch einen Kondensator mit veränderlichem Luftspalt gebildet. Dieser stellt den Hauptteil der Kapazität eines elektrischen Schwingungskreises in Selbsterregungschaltung dar, der von einer Senderöhre betrieben wird. Die Frequenz des Sendekreises wird nun von der veränderlichen Kapazität gesteuert. Die Kapazität wird durch einen Plattenkondensator hergestellt, bei dem durch irgendeine elastische Deformation der Plattenabstand und damit auch die Kapazität verändert wird. Der Sendekreis ist mit einem zweiten Schwingungskreis gekoppelt, in welchem eine weitere Verstärkerröhre als Gleichrichter wirkt und entweder ein Zeigerinstrument oder eine Oszillographenschleife steuert. Abb. 6 zeigt ein von den Firmen Siemens und Loewe-Gesfürel gemeinsam entwickeltes Torsionsdynamometer, auf welchem die Verdrehung des beanspruchten Werkzeugdornes eine Veränderung des Plattenabstandes bewirkt. Hierdurch ist die trägheitslose Messung an schwierigen Zerspanungsvorgängen zum erstenmal einwandfrei aufgeschlossen worden. Abb. 7 zeigt ein Oszillogramm, auf welchem Schnittdruck und Schneidtemperatur gleichzeitig trägheitslos aufgenommen worden sind. In Abb. 8 ist der Nachweis erbracht, daß bei Zerspanungsvorgängen die Schnittdruck- und Schneidtemperatur-Erscheinungen sowohl gleichzeitig als auch kennzeichnend gleichartig erfolgen.

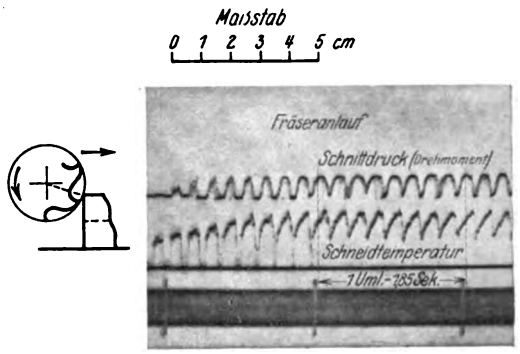


Abb. 7. Deckender Zahneingriff beim Anfräsen.

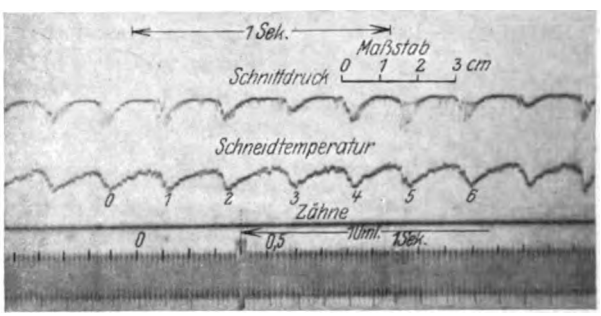


Abb. 8. Synchronismus von Schnittdruck und Schneidtemperatur.

Die Loeweschen Meßmethoden erscheinen geeignet, in die überaus schwierigen und verwickelten Fragen, die bei der spangebenden Formung durch Werkzeuge auftreten, weitgehenden Aufschluß zu bringen. (C. Salomon, Vortrag d. Tag. d. Ausschusses für Maschinenarbeit, Berlin, 7. X. 1929.) *Sb.*

Hebezeuge und Massenförderungen.

Steuerungen für Greiferwinden. — Zum wirtschaftlichen Umschlag von Schüttgütern aller Art dienen Greiferkrane, deren besonders für diesen Zweck durchgebildete Winden durch einen oder zwei Motoren angetrieben werden. Einmotorenwinden in einfachster Bauart sind hauptsächlich für Krane gedacht, die abwechselnd für Greifer- und Lasthakenbetrieb Verwendung finden; für diese sind auch die Einseilgreifer bestimmt. Sind die Krane nur für Greiferbetrieb, dann erhalten die Winden zwei oder mehr Seiltrommeln, die durch Kupplungen oder Planetengetriebe mit dem Antriebsmotor gekuppelt werden. Man unterscheidet die Seiltrommeln hierbei in Schließtrommel und Haltetrommel, die nach den Seilen der hierfür verwendeten Zweiseilgreifer genannt sind. Bei den vollkommeneren Winden dient je ein Motor zum Antrieb der Schließ- und der Haltetrommel; es gibt jedoch auch Ausführungen, bei denen ein kleinerer Motor nur zum Schließen und Öffnen, ein zweiter, größerer, zum Heben und Senken vorhanden ist. Besonders die letzten beiden Ausführungen haben für schnell arbeitende Krane Bedeutung gewonnen, wobei Winden mit zwei verschieden großen Motoren und Planetengetriebe auch für Kübelbetrieb unter Verwendung einfacher bzw. normaler Schaltungen ver-

[1] Vgl. a. ETZ 1929, S. 166.
[2] Loewe-Notizen, Nov. 1929.

Digitized by Google

wendet werden können, während bei den Winden mit zwei gleichen Motoren, die bei den Hubbewegungen gemeinsam eingeschaltet sind, besondere Gleichlaufschaltungen ausgeführt oder die beiden Winden durch eine durch Magnet betätigte Kupplung verbunden werden müssen, wenn außer Greiferbetrieb noch Klappkübelbetrieb in Frage kommt.

Um Fehlschaltungen zu verhindern, muß die Steuerung von Greiferkranen möglichst einfach sein. Man stellt deshalb bei Zweimotorenantrieb die Steuergeräte so dicht zusammen, daß der Kranführer mit einer Hand beide Steuerhebel gemeinsam schalten kann, oder man verbindet die Steuergeräte mittels einer Universalsteuerung derart, daß nur ein Steuerhebel vorhanden ist, der nur in den Schlitzen einer Führung bewegt werden kann, wobei sich die den einzelnen Schlitzen zugeordneten Schaltungen und damit die gewünschten Greiferbewegungen ergeben. Die verschiedensten Schaltungen für Gleichstrom-Reihenschlußmotoren, Drehstrom-Asynchronmotoren sowie Drehstrom-Reihenschlußmotoren[1] sind angegeben, wobei sehr übersichtliche schematische Darstellungen verschiedenster Greiferwinden sehr zum Verständnis der gezeigten Schaltungen sowie der Greifermanöver beitragen. (Rothe, Siemens-Z. Bd. 10, S. 17 u. SSW-Broschüre Nr. 4132/2.) *Sb.*

Fernmeldetechnik.

Zur Beurteilung von Eisenkernen in der Schwachstromtechnik. — Eine Arbeit von R. G. Lohrmann behandelt die quantitativen Zusammenhänge zwischen den Eigenschaften des verwendeten Eisenkerns und der zugehörigen Spule bzw. des Transformators. Die gewonnenen Ergebnisse werden für die praktisch vorkommenden Arbeitsbereiche sehr einfach und übersichtlich. Der Satz von den gleichen Kupfer- und Eisenvolumina wird diskutiert und die für praktische Zwecke noch zulässigen Abweichungen werden untersucht. Eine ausführliche Untersuchung der Abhängigkeit des Wirkungsgrades eines Transformators bzw. des Scheinwiderstandes der Spule von den Eigenschaften des Eisenkerns führt auf die Ableitung mathematischer Formeln für einige charakteristische Frequenzen. Aus diesen Formeln kann auf die Brauchbarkeit verschiedener Eisensorten für verschiedene Fälle geschlossen werden. Bei der Behandlung des Widerstandsdiagramms des Transformators wird gezeigt, wie sich die Eigenschaften des Eisens in dieser Hinsicht auswirken. Die Arbeit ist sehr ausführlich und übersichtlich durchgeführt. (R. G. Lohrmann, Doktordissertation T. H. Dresden. Abgedruckt in Wiss. Veröff. Siem.-Konz. Bd. 7, H. 2.) *Krz.*

Die Funkanlage des Dampfers „Europa“. — Die Funkanlage der „Europa“ ermöglicht ein gleichzeitiges Arbeiten auf drei Linien in Duplex, d. h. auf drei Linien kann unausgesetzt gleichzeitig gesendet und empfangen werden. Die Sender stören die Empfänger nicht, trotzdem sie im gleichen Raum unmittelbar nebeneinander installiert und ihre Antennen an den gleichen Schiffsmasten befestigt sind. Der Duplex-Betrieb ist besonders bemerkenswert für den langwelligen Verkehr, bei dem die Senderwelle nur einige Prozent von der Empfangswelle abweicht. Zur Bedienung der gesamten Funkanlagen sind sechs Funkbeamte erforderlich. Die von der Telefunken-Gesellschaft gelieferte Funkeinrichtung (Abb. 9) enthält auf der Senderseite einen Hauptsender für Langwellen zum direkten Verkehr mit den beiden Kontinenten von jedem Standpunkt des Schiffes aus, bestehend aus einem Röhrensender mit Wellenbereich von 500 ... 3000 m mit Gerät für Schnelltelegraphie, einen Mittelwellen-Sender für den Nahverkehr mit Küstenfunkstellen und Schiffen, bestehend aus einem Röhrensender mit einem Wellenbereich zwischen 580 und 830 m, einen Kurzwellen-Sender für den Telegraphie- und Telephonieverkehr auf sehr große Entfernungen mit 700 W Antennenleistung und einem Wellenbereich von 15 ... 90 m, einen Notsender als besondere Senderreserve für den Fall außerordentlicher Betriebstörungen des elektrischen Bordkraftwerkes. Das Arbeiten dieses Notsenders ist vom elektrischen Schiffsnetz völlig unabhängig.

Die Empfangseite ist mit folgenden Geräten ausgerüstet: 1. einem neuartigen Empfangsystem, dem Telefunken-Dreikreis-Empfänger mit Filtern. Die große Verkehrsdichte auf allen Wellenbändern auf See und die Notwendigkeit der schnellen Abwicklung des Funkverkehrs erfordern Empfänger, die bei größter Trennschärfe und Empfindlichkeit so einfach in der Bedienung sind, daß die Aufmerksamkeit des Funkbeamten so wenig wie möglich für die Einstellung auf die gewünschte Station in Anspruch genommen wird. 2. Kurzwellen-Empfänger für Wellen von 10 ... 150 m mit Hochfrequenzverstärkung. 3. Seenotruf-Empfänger. Um einen Schiffsnotruf oder ein Alarmsignal auf der Welle 600 m stets unabhängig vom übrigen Verkehr empfangen zu können, ist ein besonderer Empfänger in dauerndem Betrieb, der auf einen Lautsprecher geschaltet ist. Selbstverständlich ist das Schiff auch mit Funkpeiler ausgerüstet, der ein unentbehrliches Hilfsmittel für die Navigation namentlich bei unsichtigem Wetter ist.

Vier motorische Rettungsboote sind ebenfalls mit Funkstellen ausgerüstet, die sich im gedeckten Vorderteil der Boote befinden. Den nötigen Betriebstrom für diese Kleinstationen (Sendewelle 600 m) liefert eine Akkumulatorenbatterie von 24 V und rd. 100 Ah. Die Batterie kann nach Bedarf von dem wasserdicht eingekapselten Bootsmotor geladen werden. Der Wellenbereich des Empfängers ist 300 ... 1100 m. Die Zweidrahtantenne wird von zwei Klappmasten am Bord jedes Bootes getragen. *fi*

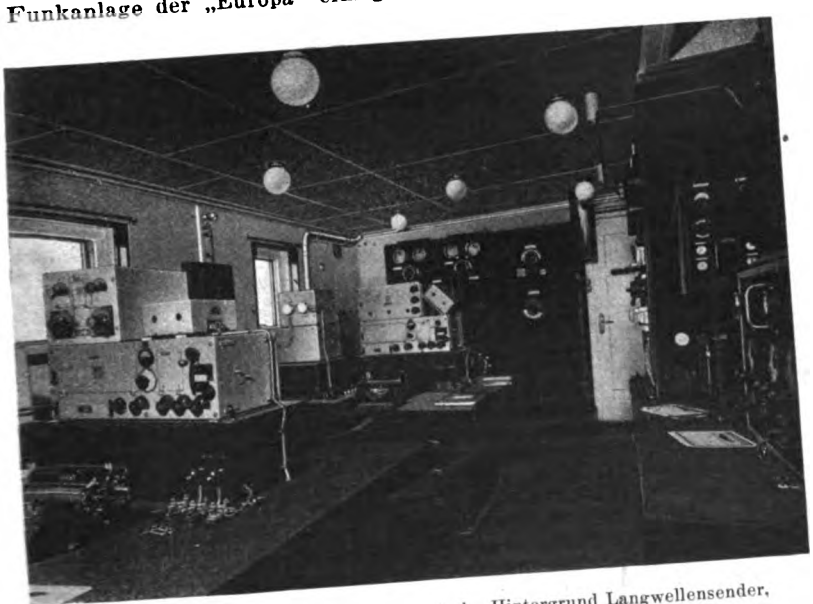


Abb. 9. Hauptfunkstelle der „Europa“: im Hintergrund Langwellensender, vorn Empfangsapparate.

Das dritte Ostpreußenkabel (1929). — Zur Vermehrung der Fernsprechverbindungen mit Ostpreußen ist im Sommer 1929 ein neues, das dritte Fernsprechseekabel von Leba in Pommern nach Pillau in Ostpreußen ausgelegt worden[1]. Das 186 km lange Seekabel ist zum Unterschied von den beiden älteren, die nach dem Krarup-Verfahren gebaut sind, mit Pupinspulen ausgerüstet. Das Kabel enthält 22 Vierdrahtleitungen (Leiterstärke 1,0 mm) und eine in der Mittelachse untergebrachte Rundfunk-Doppelleitung (Leiterstärke 1,9 mm), also im ganzen 90 isolierte Drähte. Das Rundfunkpaar ist mit elektrostatischem Schirm aus Stanniol versehen, die Vierer sind sternverseilt, mit einem gefalteten Papierstreifen, und darüber mit einem überlappenden Papierband umwickelt. Je elf Vierer sind für die Sprech- und die Hörrichtung bestimmt. Jede dieser Gruppen ist zu einem Halbkabel verseilt; beide Hälften sind laufend durch einen Stanniolstreifen getrennt und dadurch gleichfalls gegeneinander wie auch gegen das Rundfunkpaar elektrostatisch abgeschirmt. Die Kabelseele ist mit zwei Lagen metallisiertem Papier und mit einer offenen Nesselbandspirale derart umwickelt, daß alle statischen Schutzhüllen über den Bleimantel Erdpotential erhalten. Das Kabel enthält 101 Spulenfelder von je 1855 m Länge und 2 Anlaufstrecken mit insgesamt 101 Spulenpunkten. Jedes Spulenstück enthält 45 Spulen und

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1344.

[1] Vgl. ETZ 1920, S. 656; 1928, S. 1755.

Digitized by Google

hat eine Länge des zylinderförmigen Mittelteiles von rd. 4,35 m, jedes konischen Teiles von rd. 3,5 m; die Gesamtlänge beträgt somit etwa 9,15 m und unter Einrechnung der übergreifenden Armierungsdrähte rd. 17 m.

Das Pflichtenheft setzt für das belastete fertige Kabel folgende Werte fest:

Gesamtdämpfung	Leiterdurchmesser 1,0 mm	1,9 mm
bei 800 Hz	5,4 Neper	3,3 Neper
„ 2500 „	5,8 „	—
„ 8000 „	— „	4,5 Neper
Grenzfrequenz etwa	4800 Hz	11300 Hz
Wellenwiderstand etwa	835 Ω	340 Ω

Die Nebensprechdämpfungen dürfen in den Vierdrahtkreisen den Wert $b = 12,5$ Neper, zwischen dem Rundfunkkreis und den Vierdraht-Sprechkreisen den Wert $b = 13,0$ Neper nicht unterschreiten. Das neue Ostpreußenkabel ist von der Siemens & Halske AG. geliefert worden, die auch die Legung des Seekabels, die Spulenausrüstung und Montage der beiden Landkabelstrecken sowie die technischen Einrichtungen der beiden Verstärkerämter übernommen hat. Die Legearbeiten auf der Seestrecke sind in zwei Fahrten in den Tagen vom 2. bis 19. VIII. 1929 ausgeführt worden.

Auf der zweiten Fahrt trat etwa 50 km vor Pillau in einem Vierer ein Erdschluß auf. Wie später die Untersuchung ergab, hatte beim Aufstauchen des Kabels auf den Meeresboden eine scharfe Kante des Druckschutz-Bandeisens die Papierumspinnung einer Ader durchschnitten und dadurch eine leitende Verbindung der Ader mit dem Bleimantel hergestellt. Das Kabel wurde aufgenommen, das fehlerhafte Stück herausgeschnitten und eine Ersatzlänge eingespleißt. Dieser erstmalig eingetretene Fall einer Instandsetzung an einem Pupin-Seekabel bestätigt, daß die bei der Einführung dieser Kabel gehegten Befürchtungen, es könnten durch Instandsetzungen unzulässig große Veränderungen in der Spulenverteilung eintreten, ungerechtfertigt waren. Die an der Fehlerstelle hinzugekommene Mehrlänge betrug nur 115 m, obwohl die Meerestiefe am Fehlerort 110 m betrug.

Bei den endgültigen Abnahmemessungen nach Beendigung der Kabelauslegung und nach Anschließung der Landkabel bis Leba und Pillau waren die elektrischen Werte wesentlich günstiger als nach dem Pflichtenheft gefordert wurde. Beispielsweise zeigen die Wellenwiderstandsmessungen einen sehr regelmäßigen Frequenzgang des Wellenwiderstandes; die im Pflichtenheft festgesetzte Toleranz von 8 % wurde bei weitem nicht in Anspruch genommen. Diese Gleichmäßigkeit ist auch durch den Längenzuschlag von 6 % (115 m) nicht gestört, den das 50 km vor Pillau liegende Spulenfeld bei der Fehlerbeseitigung erhalten hat. Die Nebensprech- und Gegennebensprech-Dämpfung ist im Mittel auf 16,9 bzw. 16,2 Neper festgestellt, kein Meßwert liegt unter 14,8 Neper. Die Nebensprechwerte sind dabei etwas höher als die Gegennebensprechwerte, was auf die Wirkung der elektrostatischen Abschirmung zurückzuführen ist. Dieses Ergebnis der Nebensprechprüfung ist günstiger als bei allen früher gelieferten Kabeln.

Die für den Betrieb des neuen Ostpreußenkabels erforderlichen Verstärker bestehen aus zwei verschieden bemessenen Einzelverstärkern, dem Sendeverstärker und dem Empfangsverstärker mit den zugehörigen Entzerrern. Der Sendeverstärker hat die Aufgabe, das Landkabel zu entdämpfen und gleichzeitig mit einem über das normale Maß hinausgehenden Anfangspegel auf das Kabel zu arbeiten. Der Anfangspegel ist + 2,4 Neper und entspricht einer Leistung von 0,5 W. Der Zweiröhren-Empfangsverstärker besteht aus einer Zweiröhren-BO-Kaskade in CW-Kopplung und ist mit einem Vor- und Nachübertrager abgeschlossen. Hinter diesem Empfangsverstärker herrschen die normalen Pegelverhältnisse, die Kaskade hat eine Verstärkungsziffer von 3,1 Neper. (Ew. Müller u. Feist, Europ. Fernspr. 1929, S. 234; 1930, S. 29.) *Bkm.*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

Der mittels Quarzkristall gesteuerte Röhrensender. — Amplitude und Frequenz eines quarzgesteuerten Röhrensenders werden von Vigoureux theoretisch und experimentell in Abhängigkeit vom Luftraum zwischen Elektroden und Kristalloberfläche, von den Konstanten des Schwingkreises zwischen Anode und Kathode und schließlich von den Röhrenkonstanten (Kapazität und innerer Widerstand) untersucht. Die Untersuchung beschränkt sich auf zwei Schaltungen, wobei einmal der Quarzkristall zwischen Gitter und Anode, das andere Mal zwischen Gitter und Kathode geschaltet ist; Frequenzänderungen, hervorgerufen durch Temperaturschwankungen des Kristalls, sind aus der Betrachtung ausgeschlossen.

Die theoretische Untersuchung geht aus von dem bekannten Ersatzschaltbild eines schwingenden Quarzkristalls, das von Dye und anderen untersucht worden ist. Es werden drei Schwingkreis-Gleichungen für die Schaltungskombination der Blind- und Wirkwiderstände des Quarz-Ersatzschaltbildes, des Schwingkreises zwischen Anode und Kathode und der Röhre sowie die Grundgleichung der Röhre unter der Voraussetzung einer geradlinigen Charakteristik aufgestellt. Diese vier Gleichungen führen zu einer linearen Differentialgleichung fünfter Ordnung mit konstanten Koeffizienten. Die Untersuchung erstreckt sich nur auf die Betrachtung der stationären Schwingungen nach Erreichung einer konstanten Amplitude. Daher kann die Differentialgleichung auf eine ähnliche zweiten Grades reduziert werden. An Hand der Lösung ergeben sich wertvolle Aufschlüsse über die Abhängigkeit von Amplitude und Frequenz von den oben bezeichneten Veränderlichen. Es werden Formeln entwickelt, die die Bedingungen zum Einsetzen stationärer Schwingungen erkennen lassen.

In umfangreichen experimentellen Untersuchungen wird zunächst das elektrische Ersatzschaltbild des schwingenden Quarzkristalls festgelegt; ferner werden die Wirk- und Blindwiderstände der Röhre und des Schwingkreises ermittelt. Hierauf wird eine Reihe von Kurven durch Verändern der einzelnen Variablen aufgenommen und in deren Abhängigkeit Amplitude und Frequenz gemessen. Die auf diese Weise gewonnenen Kurven werden mit den theoretisch abgeleiteten verglichen; im allgemeinen zeigt sich eine sehr gute Übereinstimmung.

Es ergeben sich gewisse grundsätzliche Unterschiede zwischen der Schaltung: Gitter-Kristall-Anode und der Schaltung Gitter-Kristall-Kathode. Bei ersterer liegt das Maximum der Amplitude bei einem Wert des Schwingkreiskondensators C, der um etwa 1 % größer ist als der Resonanzfrequenz des Kristalles entspricht; eine ganz geringe Erniedrigung von C führt zu einem plötzlichen Abreißen der Schwingungen, während sich diese bei Vergrößerung von C sehr weit mitziehen lassen. Bei der zweiten Schaltart liegt das Schwingmaximum bei C-Werten, die um etwa 1 % kleiner sind als der Resonanzfrequenz entspricht; bei geringer weiterer Erhöhung von C reißt die Schwingung ab, während sie bei Verringerung von C bei stets abnehmender Amplitude sich sehr weit ziehen läßt. In beiden Fällen drückt eine Kapazität parallel zum Kristall die Amplitude der Schwingung herab.

Bei der ersten Schaltart ergibt sich ein Optimalwert für die Größe der Gitter-Kathode-Kapazität. Ist diese zu klein, so sind Schwingungen nicht möglich, ist sie groß, so werden die Schwingamplituden klein. Bei der zweiten Schaltart können Schwingungen nicht einsetzen, wenn die Gitter-Anode-Kapazität zu groß ist; wird diese aber sehr klein, so nimmt die Schwingamplitude ab; es kommt also auf einen Optimalwert der Gitter-Anode-Kapazität an. (J. E. P. Vigoureux, J. Inst. El. Engs. London Bd. 68, S. 265.) *v. Hl.*

Erzwungene Kippschwingungen und ihre technischen Anwendungen. — Will man auf dem Schirm einer gewöhnlichen Braunschen Röhre eine periodische Spannung direkt in Abhängigkeit von der Zeit erhalten, so braucht man zur Zeitablenkung eine periodische Hilfspannung, die proportional der Zeit ansteigt und die mit der zu untersuchenden Spannung synchron verläuft. Da durch den Rückgang der Hilfspannung ein Teil der Kurve verloren geht (vgl. hierzu Abb. 12), so muß ihre Frequenz außerdem kleiner sein als die Frequenz der zu untersuchenden Spannung. Es wird gezeigt, wie die Versuche, eine solche Hilfspannung zu erzeugen, auf neuartige Schwingungserscheinungen führten, die als „erzwungene Kippschwingungen" bezeichnet werden. Im Gegensatz hierzu werden die in der Literatur bekannten Kippschwingungen „freie Kippschwingungen" genannt.

Zur Erzeugung von freien Kippschwingungen benötigt man eine Kippvorrichtung, u. zw. entweder eine Strom-Kippvorrichtung (z. B. eine Glimmlampe) mit einer Kennlinie nach Abb. 10 a oder eine Spannungs-Kippvorrichtung (z. B. eine Elektronenröhre in Dynatronschaltung) mit einer Kennlinie nach Abb. 10 b. Schaltet man parallel zu einer Strom-Kippvorrichtung einen Kondensator und schickt in diese Parallelschaltung einen konstanten Strom, so entstehen „freie Strom-Kippschwingungen". Ähnlich kommen „freie Spannungs-Kippschwingungen" zustande, wenn eine Spannungs-Kippvorrichtung in

Digitized by Google

Reihe mit einer Induktivität an eine konstante Gleichspannung gelegt wird. Die Spannung bzw. der Strom steigen geradlinig oder exponential mit der Zeit an und gehen exponential oder nach einer ähnlichen Kurve wieder auf den Ursprungswert zurück. Die Schwingungsdauer der freien Kippschwingungen hängt von der Kennlinie der Kippvorrichtung, von der Kapazität bzw. der Induktivität und von dem Strom bzw. der Spannung ab.

Wird eine Anordnung, die freie Kippschwingungen auszuführen vermag, von einer Wechselspannung gesteuert, so wird ihre Schwingungsdauer in entscheidender Weise beeinflußt, es entstehen erzwungene

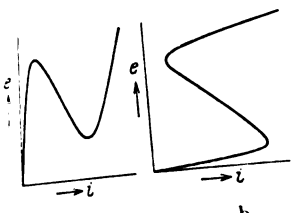


Abb. 10. Kennlinien einer Strom- (a) und einer Spannungs-Kippvorrichtung (b).

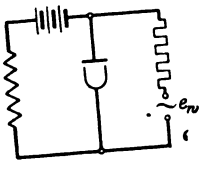


Abb. 11a. Direkte Steuerung einer Spannungs-Kippvorrichtung.

Kippschwingungen. Für die Steuerung dieser erzwungenen Kippschwingungen gibt es drei verschiedene Möglichkeiten:

1. Eine direkte Steuerung durch eine zusätzliche Spannung bei Strom-Kippvorrichtungen oder einen zusätzlichen Strom bei Spannungs-Kippvorrichtungen (vgl. Abb. 11a),
2. eine Steuerung durch Beeinflussung des Ladestromes der Kapazität (vgl. Abb. 11b) bzw. des Stromes durch die Induktivität,
3. eine Steuerung durch Beeinflussung der Kennlinie der Kippvorrichtung (vgl. Abb. 11c).

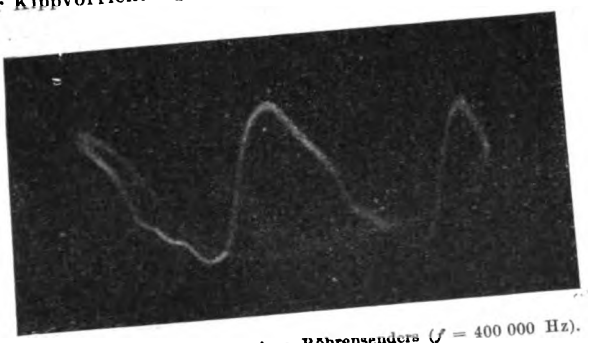


Abb. 12. Anodenstrom eines Röhrensenders (f = 400 000 Hz).

Die interessanteste Form der erzwungenen Kippschwingungen sind die „synchronen Schwingungen". Ihre Frequenz ist gleich einem ganzzahligen Vielfachen der Frequenz der Steuerspannung, sie laufen zur Steuerspannung synchron, d. h. sie haben relativ zur Steuerspannung stets dieselbe Lage, insbesondere auch dann, wenn von außen Änderungen vorgenommen werden oder irgendwelche Störungen eintreten. Die „wilden Schwingungen" sind dadurch charakterisiert, daß sich die gegenseitige Lage zwischen der erzwungenen Kippschwingung und der Steuerspannung dauernd ändert, so daß insbesondere auch die Schwingungsdauer (das ist z. B. die Summe aus der Ladezeit und Entladezeit des Kondensators) immer wieder neue Werte annimmt. Bei der dritten Form von erzwungenen Kippschwingungen, den „zyklischen Schwingungen", ändert sich zwar der Phasenwinkel der Steuerspannung relativ zum Beginn der Kondensatorentladung, doch nimmt er nach n Ladungen und Entladungen wieder dieselben Werte an, u. zw. immer wieder in derselben Reihenfolge.

Die Bedingungen, unter denen die verschiedenen Schwingungsarten zustande kommen, werden ermittelt. Rechnerische und experimentelle Untersuchungen zahlreicher Beispiele von erzwungenen Kippschwingungen ergeben, daß sich die synchronen Schwingungen sehr leicht ohne besondere Abgleichungen erzeugen lassen. Der Arbeit beigegebene Aufnahmen demonstrieren die Verwendbarkeit der erzwungenen Kippschwingungen für die Zeitablenkung einer Braunschen Röhre. Als Strom-Kippvorrichtung wurde eine für diese Zwecke besonders entwickelte Röhren-Kippvorrichtung benutzt. Abb. 12 stellt den Anodenstrom eines Röhrensenders dar. Die Belichtungszeit betrug 15 min, so daß 120 Mill Kurven vom Elektronenstrahl beschrieben wurden, ohne daß eine Verrückung eintrat. (E. Hudec, Arch. El. Bd. 22, H. 4/5, S. 459.)

Das Minimum der Durchbruchfeldstärke. — Das Minimum der Durchbruchfeldstärke bei Kugelelektroden in Luft untersucht S. Franck nach Aufstellung der allgemeinen Beziehungen zwischen Anfangspannungen und Durchbruchfeldstärken bei ähnlicher Änderung der geo-

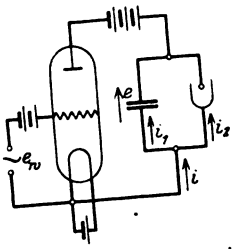


Abb. 11b. Steuerung einer Strom-Kippvorrichtung durch Beeinflussung des Ladestromes.

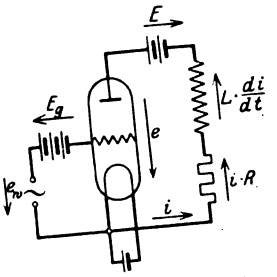


Abb. 11c. Steuerung einer Spannungs-Kippvorrichtung durch Beeinflussung ihrer Kennlinie.

metrischen Elektrodenabmessungen. Es wird gezeigt, daß außer dem bekannten Minimum der Durchbruchfeldstärke bei Kugelelektroden auch ein Minimum des Verhältnisses zweier Anfangspannungen existiert, u. zw. fallen beide Minima zusammen. Nur bei größeren Unterschieden der Produkte aus Gasdichte und Felddimension verschieben sich die Minima etwas gegeneinander. Der physikalische Grund des Zusammenfallens der beiden Minima und die Folgerungen werden erörtert. — Da für die Untersuchung sehr genaue Eichwerte für Kugelelektroden in Luft nötig sind, werden die wichtigsten Messungen an Kugelelektroden zusammengestellt und aus den Durchbruchfeldstärken Mittelwerte gebildet unter Berücksichtigung des verschiedenen Gewichtes der Messungen. Die Beziehungen zwischen den Minima geben die Möglichkeit, genaue Eichwerte für Kugelelektroden zur Spannungsmessung auszugleichen. (S. Franck, Arch. El. Bd. 23, H. 2, S. 226.)

Verschiedenes.

Allgemeines Verfahren zum Entwerfen von graphischen Rechentafeln, insbesondere von Fluchtlinientafeln. — A. Fischer hat gezeigt, daß sich durch eine allgemeinere Fassung des Begriffs „Fluchtlinientafel" die bei den Tafelgattungen Netztafeln und Fluchtlinientafeln, auf einheitlicher Grundlage herleiten lassen, wobei sich aber auch die Tafeln mit krummlinigen Ablesegeräten vollkommen zwanglos mitergeben. Im folgenden soll in Kürze über die wichtigsten Ergebnisse der genannten Arbeit berichtet werden. — Auf Grund der im Verlauf der Untersuchungen gewonnenen Einsichten läßt sich folgende Einteilung der Nomographie aufstellen: 1. Niedere Nomographie, 2. explizite oder konstruktive Theorie der „beweglichen Ablesegeräte" und 3. implizite oder direkte Theorie der zweidimensionalen Fluchtlinientafeln mit tri-nomischer Grundgleichung. Genügen bei der ersteren elementargeometrische Kenntnisse zur Herleitung von Tafeln, so setzt die zuletzt genannte Theorie bereits größere Kenntnisse, u. zw. insbesondere der analytischen Geometrie und auch einige der Flächentheorie voraus. Geschichtlich hat die heutige Nomographie ihren Ausgangspunkt in der letztgenannten Theorie. Bekanntlich setzte M. d'Ocagne (1884) die aus drei Geradenscharen bestehenden Netztafeln mit Hilfe des Dualitätsprinzips der Ebene in seine bekannten Fluchtlinientafeln mit Ablesegerade um, hierbei außer dem Wechsel des Raumelements noch ein besonders zweckmäßiges Geraden-Koordinatensystem benutzend. Wie eine genauere Untersuchung zeigt, ist aber der genannte Wechsel des Raumelements durchaus nicht wesentlich, sondern es genügt bereits der Übergang zu dem dem genannten Koordinatensystem entsprechenden (von V. Láska und V. Hruška stammenden) Punkt-Koordinatensystem, um die genannten Tafeln ebenfalls zu erhalten. Das Wesentliche des Verfahrens von M. d'Ocagne ist, daß durch die zunächst formale Zerfällung der vorgelegten Funktionsbeziehung und nachträgliche geometrische Deutung die Fluchtlinientafel implizite definiert wird. Direkt heißt diese Theorie deswegen, weil an die Funktionsbeziehung unmittelbar angeknüpft wird. Das M. d'Ocagnesche sowie die auf gleicher Grundlage beruhenden Verfahren von A. Adler und R. Mehmke und von C. Runge sind, wie leicht ersicht-

Digitized by Google

lich, bloß auf die Ebene zugeschnitten, ferner auf Fluchtlinientafeln im engeren Sinne, d. h. bei denen die vorgelegte Funktionsbeziehung gewissen Bedingungen (Massausche Determinante!) genügen muß.

Teilweise parallellaufend, aber — wie ein Blick in die in der Schlußmitteilung des Verfassers veröffentlichte Tabelle 1 zeigt — viel weiterreichend ist das ebenfalls unter Punkt 3 fallende Verfahren des Verfassers, das, den alten Gedanken der Lösung algebraischer oder transzendenter Gleichungen — mit Hilfe der Zerfällung in Teilsysteme — verallgemeinernd, durchweg den Punkt als Raumelement zugrunde legt, sonst aber keine weiteren Voraussetzungen bezüglich der geometrischen Deutung macht. Es ergeben sich hierbei zunächst nicht nur sämtliche Tafeln wie nach den bereits genannten Verfahren der erwähnten Verfasser, sondern es gelingt auch, das bisher bloß in beschränktem Maß zur Anwendung gelangte logarithmographische Verfahren von R. Mehmke zwanglos einzuordnen, ferner, wie bereits erwähnt, z. B. auch die Benutzung von Kreisen und anderen krummlinigen Ablesegeräten ganz allgemein zu gestalten. Der Grundgedanke des Verfahrens ist folgender: Die Funktionsbeziehung wird, ebenfalls zunächst formal, in die Gleichungsdreiheit: „Ablesekurve", „Lösende Kurve", und deren „Bezifferung" zerfällt und diese Zuordnungsbeziehung dann geometrisch gedeutet. Es wird also ebenfalls direkt an die Funktionsbeziehung angeknüpft und durch die Zerfällung die Fluchtlinientafel dann implizite definiert. Wie bei M. d'Ocagne erweist sich die Form der Funktionsbeziehung als wesentlich, wobei das Verfahren des Verfassers auch allgemeine Fluchtlinientafeln liefert, d. h. solche, bei denen die Funktionsbeziehung nicht den bereits genannten Einschränkungen unterliegt. Es zeigt sich, daß die wichtigsten Fälle jene mit trinomischer „Grundgleichung" sind, bei denen also die Gleichung der „Ablesekurve" zwei Parameter enthält. Diese Zerfällung liefert, wenn man sie auf krumme Flächen (z. B. Kugel, Pseudosphäre) anwendet, Tafeln mit kreisförmigen Ableselinien u. a. m.

Der Aufbau der in drei Teile zerfallenden Arbeit Fischers ist einheitlich: zunächst jeweils ein theoretischer, sodann ein den Anwendungen gewidmeter Abschnitt. Hierbei bringen die theoretischen Abschnitte zunächst allgemeine Ausführungen, sodann genauere Betrachtungen der kanonischen Formen für Funktionsbeziehungen zwischen drei Veränderlichen, im ersten Teil auch von solchen zwischen mehr als dreien.

Bezüglich der in Punkt 2 der obigen Einteilung genannten „expliziten Theorie der beweglichen Ablesegeräte" ist zu bemerken, daß sich die von P. Luckey stammende Einteilung derselben in allgemeine Ablesegeräte (Kreis, Rechtwinkelkreuz u. a.) und besondere (verschieden dimensionale Rechenschieber) als sehr vorteilhaft erweist. Daß sich durch das neue Verfahren auch Ergebnisse der expliziten Theorie, u. zw. in allgemeinerem Zusammenhang, ergeben (z. B. die Tafeln von N. Gercevanov), ist leicht ersichtlich, und es ist zu betonen, daß gerade dem Nachweis solcher Fälle besondere Beachtung geschenkt wurde. Schließlich möge noch hervorgehoben werden, daß sich auf Grund des allgemeinen Verfahrens[1] sehr einfache Tafeln ergaben, deren Herleitung dann unabhängig davon gelang und so auch die „Niedere Nomographie" erweitert werden konnte. Auch konnte gezeigt werden, daß sich verschiedene Ergebnisse der neueren Kreisgeometrie für die Nomographie nutzbringend verwerten lassen, hiermit bereits bekannte Ergebnisse verallgemeinernd und in neuem Zusammenhang darstellend. (A. Fischer, Z. ang. Math. u. Mech. Bd. 7, S. 211 u. 383; Bd. 8, S. 309; Bd. 9, S. 402.) *Sb.*

Ferienkurse an der Bergakademie Clausthal. — Im neuen Institut für Maschinenkunde und Elektrotechnik der Bergakademie Clausthal (Harz) finden unter Leitung von Professor Süchting zwei praktische Ferienkurse zwecks Auffrischung oder Nachholung der Fertigkeit im Bedienen und Untersuchen von wichtigen Maschinen und Apparaten statt, u. zw. vom 29. IX. bis 4. X. für maschinentechnische Übungen, vom 6. X. bis 11. X. für elektrotechnische Übungen. Nähere Angaben über Art und Handhabung, Programm und Honorar enthält das „Auskunftsblatt", das jedem Interessenten auf Anfordern vom Institut übersandt wird.

Neue Normblätter des DNA. — Eisenbahnwesen: DIN 1570 Geripptер Federstahl gewalzt — 1572 Federblattenden.

Bergbau: DIN BERG 2461 Elektrische Grubenbahnen 900 mm Spurweite, Blattfeder mit Federbund für Lokomotiven.

Baustoffe: DIN 1064 Prüfverfahren für feuerfeste Baustoffe, Erweichen bei hohen Temperaturen unter Belastung (Druck-Feuer-Beständigkeit D.F.B.) — 1065 Prüfverfahren für feuerfeste Baustoffe, spezifisches Gewicht, Raumgewicht, Porosität — 1067 Prüfverfahren für feuerfeste Baustoffe, Bestimmung der Druckfestigkeit bei Zimmertemperatur.

Stellringe: DIN 706 Stellringe, Befestigung durch Splinte oder Kegelstifte — 707 Stellringe, Befestigung durch Gewindestifte, schwere Reihe.

Werkstoffe: DIN 1709 Blatt 2, Messing, Gußstücke, Güte und Leistungen.

Eisenbahnwagenbau: DIN Vornorm WAN 501 Blatt 3, Breitflachstahl gewalzt.

Werkzeuge: DIN 857 Fräser, Schneidrichtung, Nutenrichtung, Längsdruck.

Lieferbedingungen für Holzriemenscheiben. — Um der fortschreitenden Entwertung der auf den Markt gebrachten Holzriemenscheiben entgegenzuarbeiten und den Grundstock zu hochwertigen Erzeugnissen zu schaffen, wurden auf Antrag des Verbandes Deutscher Holzriemenscheiben-Fabrikanten (V. H. R.) vom Reichsausschuß für Lieferbedingungen (RAL) beim Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit (RKW) vor etwa 1½ Jahren Arbeiten aufgenommen, die die Aufstellung von Lieferbedingungen für Holzriemenscheiben in handelsüblicher Ausführung (Speichenscheiben) zum Ziele hatten. Es ist jetzt eine Fassung zustandegekommen, die allgemeine Anerkennung gefunden hat und nunmehr der Öffentlichkeit übergeben wird. Die Verhandlungen fanden unter dem Vorsitz von Prof. Kammerer von der T. H. Berlin statt; beteiligt waren an der Erarbeitung die in Betracht kommenden Erzeuger-, Handels- und Verbrauchergruppen, Behörden, Prüf-, Forschungsanstalten usw.

Die Herausgabe ist als DIN RAL-Blatt 423/1 unter Aufnahme in das Normensammelwerk erfolgt. Zu beziehen sind diese Bedingungen vom Beuth-Verlag, Berlin. *of.*

Energiewirtschaft.

Aus der deutschen Elektrizitätswirtschaft[1]. — Wie der Bezirksverband Oberschwäbische Elektrizitätswerke (OEW), Biberach a. d. Riß, berichtet, wurden 1929 in eigenen Wasserkraftwerken 105,528 Mill kWh (106,482 i. V.) oder rd. 69,5 % der in das Netz gelieferten Arbeit und im Dampfkraftwerk Ulm 13,718 Mill kWh (5,617 i. V.) erzeugt. Der Fremdstrombezug (hauptsächlich vom Bayernwerk) betrug 32,405 Mill kWh (27,301 i. V.); er mußte wegen der außerordentlichen Kälteperiode gegenüber dem Vorjahr um etwa 20 % erhöht werden. Als Gesamtausbringen ergeben sich somit 151,651 Mill kWh, d. s. 8,8 % mehr als 1928 (139,400 Mill kWh), von denen der Verband rd. 128 Mill kWh nutzbar abgegeben hat (116 i. V.). Die Produktion der Wasserkraftwerke wurde durch 46,1 Mill kWh Strombezug und Wärmekrafterzeugung ergänzt. Der Gesamtanschlußwert stellte sich am Jahresschluß auf 152 360 kW (142 560 i. V.), die Maschinenleistung der eigenen Werke auf 48 573 kW (wie i. V.); die Summenhöchstlast an Werktagen erreichte 36 500 kW (33 600 i. V.). Da das Dampfkraftwerk Ulm mehr als die Hälfte der Leistung übernehmen mußte, hat man seine Kapazität auf max. 25 000 kW erhöht. Außerdem wurde eine inzwischen fertig gewordene Erweiterung des Illerkraftwerks II Tannheim um 4000 kVA begonnen. Durch die Übernahme des ganzen Gesellschaftskapitals der Elektrizitätswerke der Argen AG., Wangen, und den Aufkauf einiger kleinerer Stromversorgungsunternehmungen ist das Versorgungsgebiet der OEW erheblich gewachsen. Mit dem Städt. Elektrizitätswerk Stuttgart und der Neckarwerke AG. haben die OEW zusammen etwa 56 % des württembergischen Gesamtstromverbrauchs bestritten. Verhandlungen über eine Beteiligung am Ausbau von Oberrhein-Wasserkräften sind soweit gefördert worden, daß für die württembergische Gruppe eine 50prozentige Beteiligung (OEW allein 15 %) an der Kraftwerk Koblenz-Waldshut AG. gesichert ist, die jährlich rd. 120 Mill kWh für Württemberg erbringen wird. Das Vermuntwerk (jährlich rd. 150 Mill kWh) konnte Ende April 1930 provisorisch als Laufwerk in Betrieb genommen werden. Auf der vom RWE erstellten 220 kV-Leitung Bludenz—Herbertingen—Hoheneck—Mannheim—Rheinland wurde erstmals Ende April 1930 der Stromtransport nach Württemberg und dem Rheinland aufgenommen. An-

[1] Eine kleine Anwendung des Verfahrens wurde in der ETZ 1928, S. 1832 beschrieben.

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 1085.

Digitized by Google

fangs des genannten Monats haben die Verwaltungsräte der Bezirksverbände Heimbach-Kraftwerk und OEW beschlossen, deren Verschmelzung vorzubereiten. Wie die Direktion weiter mitteilt, wird über die Zusammenschlußbestrebungen der Württ. Landes-Elektrizitäts-AG. und der Württ. Sammelschienen-AG., an denen die OEW beteiligt sind, sowie über Beziehungen zu den Großelektrokonzernen erst später zu berichten sein. Der Strombedarf ist durch die Verbindung mit den bayerischen und vorarlberger Wasserkräften sowie dem Kohlengebiet im Rheinland über die RWE-Leitung und endlich durch Anbahnung der Bezugsmöglichkeit von den Wasserkräften am Oberrhein in Südbaden für eine weite Zukunft gesichert. Der Stromverkauf erbrachte 9 308 054 RM (8 520 758 i. V.). Nach Abzug aller Ausgaben wurden 57 464 RM auf neue Rechnung vorgetragen (41 787 i. V.).

Aus dem illustrierten Geschäftsbericht der Rhein-Main-Donau AG., München, für 1929 geht hervor, daß die in Betrieb befindlichen Kraftwerke Kachlet, Viereth und Untere Mainmühle technisch wie wirtschaftlich gut gearbeitet haben. Ihre Erzeugung betrug 190 Mill kWh (191,620 i. V.). Auch das wirtschaftliche Ergebnis der Werke hat sich gebessert, weil Kachlet und Viereth infolge der Betriebsgemeinschaft mit dem Großkraftwerk Franken an den finanziellen Vorteilen der Verbrauchsteigerung teilnehmen. Das Kraftwerk Obernau hat den Betrieb Ende März 1930 aufgenommen.

Infolge der schwierigen Wirtschaftslage ist der Stromverbrauch im Versorgungsgebiet des Märkischen Elektricitätswerks AG., Berlin, 1929 nur um 6,5 % gegen das Vorjahr gestiegen, u. zw. von 477,219 auf 508,251 Mill kWh. An dieser Erhöhung waren die Kleinabnehmer mit 21 %, die Güter mit 13,7 % und die städtischen bzw. kommunalen Großabnehmer mit rd. 9,3 % beteiligt. Die starke Zunahme vor allem bei den Kleinabnehmern im Gegensatz zu der des an die Genossenschaften gelieferten Stroms beweist nach Ansicht des Vorstandes aufs neue, daß die Zwischenschaltung von Wiederverkäufern die Entwicklung hemmt und nicht im Interesse der Verbraucher liegt. Der Rückgang des Strompreises betrug bei den Kleinabnehmern 8,5, bei den Städten und Gemeinden als Großabnehmer 7 und bei Gütern 3,4 %. Durch die von der Bewag übernommenen Gebiete hat sich der Versorgungsbereich des MEW auf rd. 37 000 km² vergrößert. Innerhalb dessen belieferte die Berichterstatterin 83,6 % der vorhandenen Städte, 89,7 % der Landgemeinden, 69,6 % der Haushaltungen und 80,1 % der landwirtschaftlichen nutzbaren Fläche. Die Stromabgabe an die Überlandzentrale Pommern wurde im November aufgenommen. Das Dieselwerk Hennigsdorf (15 000 kW), das kurzzeitige Belastungspitzen zu decken, die Umspannwerke, Fernleitungen und Hauptkraftwerke von Blindstrom zu entlasten und bei etwaigen Störungen deren Leistung schnell zu übernehmen hat, kam in Betrieb. Das Großkraftwerk Finkenheerd hat die Gesellschaft zwecks Aufnahme von 80 000 kW Leistung erweitert, von denen zunächst 40 000 kW eingebaut worden sind; seine Leistungsfähigkeit beträgt z. Z. 130 000 kW. Der Wärmeverbrauch erfuhr im Berichtsjahr eine weitere Verbesserung um 5 %. Die 100 kV-Leitung Finow (früher Heegermühle)—Pasewalk, die der Belieferung der Überlandzentrale Pommern dient, wurde vollendet, ebenso das 100 kV-Umspannwerk Finow mit 32 000 kVA. Die Gesamtstreckenlänge des Hochspannungsnetzes hat nunmehr rd. 11 933 km erreicht. Im Interesse der Vereinfachung der Verwaltung wurden Vermögen, Rechte, Schulden und Pflichten der Berliner Vororts-Elektricitäts-Werke G. m. b. H. (mit Ausnahme des Kraftwerks Steglitz), der Tempelhofer Elektricitäts-Lieferungs-G. m. b. H. und der Brandenburgischen Kreis-Elektrizitätswerke G. m. b. H. vom MEW übernommen. Bruttogeschäftsgewinn: 25 193 095 RM (24 620 849 i. V. einschl. der übernommenen Werte der Tochtergesellschaften), Reingewinn: 5 332 201 RM (5 558 399 i. V. wie vorstehend), Dividende: wieder 10 % auf 50 Mill RM Aktienkapital.

Die Elektrizitätswerke der Rheinischen Elektrizitäts-AG., Mannheim, die die Hauptquelle des Einkommens der Berichterstatterin bilden, haben 1929 das gleiche Erträgnis geliefert wie im Vorjahr. Die Einbußen durch Verringerung des Strombezugs der industriellen Großverbraucher, des Handwerks und der Landwirtschaft, insbesondere in den Weinbaugebieten, wurden durch die Zunahme des Verbrauchs im Haushalt bei allen Werken fast ganz ausgeglichen. Vor allem macht die Anwendung der Elektrizität zum Kochen bedeutende Fortschritte; beim Elektrizitätswerk Rheinhessen AG., Worms, ist vor kurzem der tausendste elektrische Herd aufgestellt worden. Die Bau-, Installations- und Handelsabteilung der Gesellschaft war auch 1929 ausreichend beschäftigt; die Hochspannungsabteilung erstellte u. a. mehrere große Fernleitungstrecken für 220 kV. Gewinn aus Beteiligungen, Unternehmungen und Bauausführungen: 3 856 715 RM (3 741 275 i. V.), Reingewinn mit Vortrag: 1 504 506 RM (1 385 815 i. V.), Dividende: 10 % auf 12,5 Mill RM Stammaktienkapital (9 % i. V.).

Der Elektrizitätsverbrauch der V. S. Amerika im 1. Halbjahr 1930. — Die einer Mitteilung der National Electric Light Association, New York, entnommene Übersicht zeigt, daß der Gesamtverbrauch elektrischer Arbeit in den V. S. Amerika während des 1. Halbjahres 1930 um 1,7 % größer war als in der gleichen Periode von 1929; er übertraf den Absatz im 1. Halbjahr 1928 um 15,1 %. Die Steigerung betrug für die Haushaltungen 13,7 % bzw. 29,8 %, was auf eine umfangreiche Verwendung elektrischer Haushaltgeräte hinweist, wenn man auch, wie die Nela bemerkt, im Ankauf eine gewisse Zurückhaltung des Publikums beobachten kann. Der Konsum des einzelnen Haushalts ist in dem Halbjahr von 502 kWh jährlich auf 524 kWh gestiegen. Kleine Industrie- und Ladengeschäfte, Theater sowie die Straßenbeleuchtung usw. haben um 6,8 % mehr Strom als im Vorjahr und um 24 % mehr als 1928 bezogen, während industrielle Anlagen, Bergwerke, Steinbrüche und andere Großabnehmer einen um 2,2 % geringeren Verbrauch aufweisen, der aber immer noch um 10,3 % höher war als im 1. Halbjahr 1928.

1. Halbjahr		1930	1929
Nettoerzeugung	Mill kWh	44 968	44 402
Bezug aus Kanada und anderen Quellen . .	„ „	1 170	1 083
		46 138	45 485
Eigenverbrauch der Gesellschaften	Mill kWh	1 302	1 270
		44 836	44 215
Verteilung für			
Haushaltungen	Mill kWh	5 632	4 955
Licht und Kraft . . .	„ „	28 416	28 458
Bahnen	„ „	2 704	2 765
andere Zwecke des letzten Abnehmers .	„ „	1 074	1 020
Lieferung an den letzten Abnehmer	Mill kWh	37 826	37 198
Einnahme daraus	Mill S	1 007	971

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

M. Vogelsang †.

Am 8. VII. d. J. starb in Frankfurt a. M. nach kurzer, schwerer Krankheit Herr Dr.-Ing. E. h. Max Vogelsang. Der Verstorbene wurde am 7. X. 1867 zu Delft in Holland

M. Vogelsang †.

geboren, wo sein Vater, ein Deutscher, die Professur für Geologie und Mineralogie an der Technischen Hochschule innehatte. Max Vogelsang besuchte das humanistische Gymnasium in Bonn und darauf die T. H. Aachen. Daran anschließend war er bei der Firma Siemens & Halske, bei den Maffei-Schwartzkopff-Werken und bei der Elektrizi-

Digitized by Google

täts-Aktien-Gesellschaft vorm. W. Lahmeyer & Co. tätig, bei letzterer Firma in der Stellung eines Assistenten von Direktor Jordan für die Abteilung Schalttafelbau. Im Anschluß daran war Vogelsang ein Jahr lang Lehrer für Elektrotechnik am Technikum Hildburghausen. Er kehrte dann zur Industrie zurück und war zunächst bei der Helios-Aktien-Gesellschaft in Köln tätig; während dieser Zeit arbeitete er an erster Stelle unter dem später als Professor nach Delft berufenen Oberingenieur Cl. Feldmann. Im Jahre 1901 trat Vogelsang in die Firma Voigt & Haeffner AG., Frankfurt a. M., ein, wo er zuerst Oberingenieur, dann Prokurist und im Jahre 1906 Direktor wurde. Seit seinem im Jahre 1925 durch Krankheit veranlaßten Ausscheiden gehörte er dem Aufsichtsrat dieser Gesellschaft an. Im Jahre 1920 wurde ihm anläßlich der Jubiläumsfeier der T. H. Aachen die Würde eines Doktor-Ingenieurs E. h. verliehen.

Der Verstorbene, der an der Entwicklung der Hochspannungs-Schalttechnik von den ersten Anfängen an schöpferisch mitgearbeitet hatte, war ein gründlicher Kenner dieses Sondergebiets. Man hatte ihm daher mit Recht die Abfassung des 2. Bandes der „Geschichtlichen Einzeldarstellungen der Elektrotechnik" übertragen, dessen Erscheinen er noch erleben durfte. Die von ihm stammende Einrichtung zur selbsttätigen Parallelschaltung sowie das Zeitrelais für selbsttätige Ausschalter mit durch ein Uhrwerk verzögerter Auslösung sind Allgemeingut der Elektrotechnik geworden. Sein Fernantrieb für elektrische Schalter kann als Vorläufer der Hochspannungschalter mit Motorantrieb gelten. Auch in vielen anderen Neuerungen ist er als Wegbereiter seines Spezialfaches anzusehen. Vogelsang gehörte mehreren Kommissionen des VDE an und war ein treuer Mitarbeiter der ETZ. Wenn auch vermöge seines praktischen Blickes ein scharfer Polemiker, der sich durch Modeanschauungen nicht beirren ließ, war er doch stets ein angenehmer Gegner. Trotz aller Gegensätze in den Kommissionsbesprechungen war Vogelsang nachher der beste Gesellschafter. Immer voll Humor gab er mit seinem trockenen Mutterwitz in dem Streite der Meinungen mehr als einmal den Ausschlag.

Mit Max Vogelsang ist ein Pionier der Elektrotechnik heimgegangen, um den nicht nur die Fachwelt, sondern auch eine große Anzahl persönlicher Freunde trauert.

BRIEFE AN DIE SCHRIFTLEITUNG.

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Schriftleitung und ohne deren Verbindlichkeit.)

Über die Baadersche Bestimmung der Alterungsneigung von Isolatorölen.

Zu der auf S. 640 der ETZ 1930 erschienenen Arbeit ist ergänzend zu bemerken, daß sie Ende des Sommers 1929 ausgeführt ist und selbstverständlich nur die uns bis dahin bekanntgewordenen von Dr. BAADER vorgenommenen Abänderungen bzw. Verfeinerungen des Verfahrens berücksichtigt worden sind. Das verwandte Kupfer war noch das ursprünglich von der Fa. Faust mit dem Apparat gelieferte, das nach Mitteilung von Dr. BAADER in der Sitzung des Deutschen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik, Ausschuß 9, am 10. XII. 1929, nicht genügend rein war. Es wird in diesem Sommer erneut beobachtet werden, ob bei heißem Wetter abweichende Werte auftreten, oder ob dieselben bei Beachtung der inzwischen von Dr. BAADER gemachten Anweisungen beseitigt sind.

Berlin, 11. VI. 1930. Typke.

Erwiderung.

Durch vorstehende Bemerkungen von Herrn Dr. TYPKE sind ursprünglich von mir beabsichtigte Ausführungen zu den einzelnen Punkten der in Frage stehenden Veröffentlichung entbehrlich geworden. Auf Grund meiner eigenen und der mir von anderer Seite zugänglich gemachten Versuchsergebnisse, wonach auch bei Untersuchungen verschiedener Laboratorien am gleichen Öl gut übereinstimmende Werte erzielt worden sind, war mir von Anfang an klar, daß die merkwürdigen Unterschiede zwischen den Ergebnissen heißer und kühler Tage nur auf Arbeitsfehlern beruhen können, was sich dann auch bestätigt hat.

Die Bemerkung in der Arbeit von V. D. HEYDEN und TYPKE „Da von BAADER inzwischen die Verseifungszahl — ausgenommen für wissenschaftliche Zwecke — erfreulicherweise fallen gelassen worden ist, ..." veranlaßt mich zu der Feststellung, daß ich nur für einen ganz bestimmten Fall, nämlich für die Abnahmeprüfungen von Ölen, deren Eigenschaften vorher durch die Urmusteranalyse[1] ermittelt worden sind, den Ersatz der Verseifungszahl durch fünf qualitative Prüfungen vorgeschlagen, aber wegen der daraus entstandenen Mißverständnisse wieder zurückgezogen habe. Es kann daher keine Rede davon sein, daß ich die Verseifungszahl fallen gelassen habe. Dies ergibt sich auch aus meinen einschlägigen Veröffentlichungen[1].

Köln-Klettenberg, 16. VI. 1930. Baader.

[1] Siehe „Die Ölbewirtschaftung", herausgegeben von der Vereinigung der Elektrizitätswerke E. V., Berlin W 62, 1930, S. 7.

LITERATUR.

Besprechungen.

Fachzeichnen für Elektriker. 1. Teil: Schwachstrom. Von H. Liebisch. (Lehrmittel f. gewerbl. Berufschulen H. 74.) Mit 7 Abb. i. Text, 20 Taf. u. 8 S. in Querfolio. Verlag B. G. Teubner, Leipzig und Berlin 1929. Preis kart. 1,80 RM.

Das Heft bringt auf 20 Tafeln Übungsaufgaben zur Erlernung des Stromlaufzeichnens für die Schwachstromtechnik. Die Lösung der Aufgaben bleibt dem Lernenden zum großen Teil selbst überlassen. Als Grundlage dienen die Bildzeichen des Normenausschusses der deutschen Industrie; auf einzelne DIN-Blätter wird jeweils hingewiesen. Von ganz einfachen Verhältnissen ausgehend, wird nach und nach das Verständnis für eine zweckmäßige zeichnerische Darstellung und Anordnung der einzelnen Schaltelemente geweckt. Der Verfasser hat sich auf die Grundelemente der Schaltungslehre beschränkt, da das Buch ein Lehrmittel für das Fachzeichnen an Berufsschulen sein soll. Einer Erwähnung hätten noch solche Stromläufe bedurft, bei denen zur Erhöhung der Übersichtlichkeit eine örtliche Trennung zwischen Relais und zugehörigen Kontakten vorgenommen werden muß. Solche Stromläufe sind besonders in der Fernmeldetechnik sehr häufig. Das kleine Heft wird in seiner sauberen Ausführung vor allem der Tatsache gerecht, daß ein übersichtlicher Schaltungsentwurf viel Gefühl für Proportion und zeichnerische Fertigkeit erfordert. Es kann als Grundlage für die Erlernung technischen Stromlaufzeichnens warm empfohlen werden. Die in Aussicht genommene Herausgabe von Lösungen zu den Übungsaufgaben wird zweckmäßig sein. Rahlwes.

Die elektrischen Kabel (Samml. Göschen Bd. 1019). Von H. Heinzelmann. Mit 71 Abb. u. 133 S. in kl. 8°. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin u. Leipzig 1930. Preis geb. 1,80 RM.

Im Rahmen der Sammlung Göschen gibt der Verfasser eine kurz gefaßte Übersicht über das Gebiet der elektrischen Starkstrom- und Schwachstromkabel. Nach einer kurzen Behandlung der in der Kabelfabrikation gebrauchten Rohstoffe werden die Arbeitsverfahren für die Herstellung der Kabel und der Aufbau selbst beschrieben, ebenso werden Angaben über die elektrischen Eigenschaften, die Prüfverfahren sowie das Verhalten im Betriebe gemacht und insbesondere bei Hochspannungskabeln auf neuere Sonderausführungen hingewiesen. Die Darstellung ist verständlich gehalten, so daß das kleine Buch demjenigen, der sich über die wichtigsten Begriffe informieren will, nützlich sein dürfte. Apt.

Vorschriften, Verordnungen und Verfügungen über die Errichtung von elektrischen Schachtsignalanlagen im Oberbergamtsbezirk Dortmund. Von Dr.-Ing. C. Körfer. Mit 36 S. in 8°. Zu bez. durch den Verein zur Überwachung der Kraftwirtschaft der Ruhrzechen, Essen 1930. Preis geh. 1,50 RM.

Der Verfasser hat durch die Zusammenstellung der die elektrischen Schachtsignalanlagen betreffenden VDE-Vorschriften und der einschlägigen sich über viele Jahre erstreckenden Bergpolizeiverordnungen und -verfügungen eine dankenswerte Aufgabe übernommen. Wo es erforderlich ist, werden zu den Verbandsvorschriften die Weberschen Erläuterungen herangezogen; auch die vom Verfasser selber gemachten Zusätze, in denen er auf Einzelheiten der Konstruktion und des Bergbaubetriebes hinweist, bilden einen durchaus erwünschten Kommentar. Die Anordnung des Stoffes ist übersichtlich: Auf die „Speisung" und „Schaltung" von Signalanlagen folgen zwei Abschnitte über Signalapparate und -leitungen; der letzte Teil handelt von den elektrischen Signalanlagen für Sonderfälle und Sonderzwecke. Wer Signalapparate zu bauen oder ganze Anlagen auszuführen hat, und vor allem jeder Leiter eines Bergbaubetriebes, insbesondere im Oberbergamtsbezirk Dortmund, wird sich durch Anschaffung des Büchleins viel Zeit mühevollen Suchens ersparen können.

W. Kraska.

[1] Baader, „Erdöl und Teer", 1929, S. 440 und S. 603.

Digitized by Google

Das Hollerith-Lochkarten-Verfahren für maschinelle Buchhaltung u. Statistik. Von Dr. R. Feindler. Mit 172 Abb. i. Text u. 425 S. in gr. 8°. Verlag Reimar Hobbing, Berlin 1929. Preis geh. 26 RM, geb. 30 RM.

Das Lochkartenverfahren hat sich in den letzten Jahren weit über den Rahmen des rein Statistischen hinausfallende Anwendungsgebiete erobert und bei führenden Unternehmungen Eingang gefunden. Das Erscheinen des obigen Werkes, welches zum ersten Male die umfangreiche Materie übersichtlich und zusammenhängend darstellt und ein ziemlich vollständiges Bild des Lochkartenverfahrens gibt, ist daher sehr zu begrüßen. Besonders hervorzuheben ist die umfassende Darstellung des grundlegenden Teils des Lochkartenverfahrens, wie z. B. die Arbeitsmöglichkeiten, Ausgestaltung und Verwendung der Lochkarte, Prüf- und Sortiermethoden, praktische Durchführung sowie Rechnungsmethoden und Anwendungsgebiete des Lochkartenverfahrens. Dieser grundlegende Teil ist wohl geeignet, das Buch zu einem wertvollen Führer und guten Lehrbuch über das gesamte Lochkartenverfahren zu machen und hat eigentlich Anspruch darauf, unter einem breiteren Titel als der einschränkenden Bezeichnung Hollerith-Lochkartenverfahren vorgestellt zu werden. Diese Einschränkung im Titel ist darauf zurückzuführen, daß der Verfasser leider davon abgesehen hat, die Vollständigkeit des grundlegenden Teils auch auf den maschinellen Teil zu übertragen und sich mit der Erwähnung und Darstellung bestimmter Maschinen begnügt. Wenn auch das Lochkartenverfahren bei manchen Arbeiten an gewisse Maschinen bzw. Sondereinrichtungen gebunden ist, so ist es doch im Grunde unabhängig von der Maschinenart, und eine allgemeine Behandlung aller existierenden Maschinen mit einer gewissen kritisch abwägenden Tendenz hätte den Wert des Buches für die Praxis noch bedeutend erhöht, ohne daß dazu eine Vermehrung des Buchumfanges notwendig gewesen wäre. Die vielen, jetzt in dem Buch enthaltenen Bedienungs- und Einstellvorschriften scheinen nämlich durchaus entbehrlich, zumal sie größtenteils mit den Maschinen geliefert werden und man in Ermangelung einer eingehenderen technischen Darstellung doch nichts damit anzufangen weiß. Sofern man im übrigen technischen Teil an Stelle der teilweise sehr unbestimmt gehaltenen Beschreibungen nicht schematische Darstellungen und kurze Erläuterungen bringen will, erscheint es völlig ausreichend — wie dies auch in anschaulicher Weise in einer Reihe von Kapiteln geschehen ist — nur die wesentlichsten Maschinenoperationen und den Endeffekt anzugeben, so daß man sich die Verwendungsmöglichkeiten der Maschinen klar machen und daraus die Folgerungen für den einzelnen Anwendungsfall ziehen kann.

Die mit dem Lochkartenverfahren bereits Vertrauten werden viele wertvolle Anregungen aus dem Buch entnehmen können, und für denjenigen, der sich näher mit diesem sich rasch und kräftig entwickelnden Gebiet bekannt machen will, dürfte es den einzigen gegenwärtig in Betracht kommenden Führer bilden, der bei geringstem Zeitaufwand eine gediegene Kenntnis der Grundlagen des Lochkartenverfahrens vermittelt. Über bestimmte Sondergebiete, die bereits früher in der Fachliteratur behandelt worden sind, gibt ein reichhaltiges Schriftenverzeichnis Auskunft. M. Maul.

Reichsbahn und Binnenschiffahrt. (Denkschrift zu dem allgemeinen u. vorläufigen Programm des Arbeitsausschusses I des Ausschusses zur Prüfung der Fragen des binnenländischen Verkehrs.) Herausg. v. d. Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft, Hauptverwaltung. Berlin, Febr. 1930. Mit zahlr. Taf. u. Tab. u. 124 S. in 2°. Preis kart. kostenlos, im Buchhandel nicht erhältl.

Heute ist die Leistungsfähigkeit der Eisenbahnen infolge Verbesserung der Zugmittel, Wagen, Bahnhöfe derart gesteigert worden, daß sie sicher in der Lage wären, den gesamten Binnenwasserstraßenverkehr ohne neue Kapitalinvestitionen zu übernehmen. Die Reichsbahn ist aus der Reparations-Gesetzgebung mit jährlich 985 Mill RM belastet und trägt heute mehr als das Doppelte der Vorkriegslast. Gleichwohl verzinst und tilgt die Reichsbahn ihr Arbeitskapital, während dies die Schiffahrt bzw. die Wasserstraße bekanntlich nicht tut.

Der Denkschrift sind kurze Ausführungen der Hauptverwaltung der DRG zu der Denkschrift des Reichsausschusses der Deutschen Binnenschiffahrt angefügt. Im Schlußsatz wird betont, daß die Reichsbahn das Rückgrat aller Verkehrsmittel ist und es mit allen Maßnahmen bleiben muß. Przygode.

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Aus der Geschäftswelt. — Da das Eigenkapital der Vereinigten Elektrizitätswerke Westfalen G. m. b. H., Dortmund, zwecks Abdeckung der kurzfristigen Anleihen erhöht werden mußte, es aber z. Z. nicht möglich war, die erforderlichen Mittel aus einem weiteren Abschnitt der amerikanischen Anleihe zu beschaffen, die bisherigen Gesellschafter angesichts der immer schwieriger werdenden Finanznot der Kommunen die Verdopplung des Gesellschaftskapitals nicht übernehmen können und der Versuch der Finanzierung mittels einer kommunalen Sonderanleihe keinen Erfolg gehabt hat, mußte die Kapitalserhöhung um 60 Mill RM auf dem freien Markt begeben werden. Zu diesem Zweck haben Aufsichtsrat und Gesellschafterversammlung der VEW die Umbildung des Unternehmens in eine Aktiengesellschaft („Vereinigte Elektrizitätswerke Westfalen (VEW) AG.") mit 60 Mill RM Kapital und gleichzeitig die Erhöhung des letzteren auf 120 Mill RM beschlossen. Die bisherige G. m. b. H. dient nach Übergabe ihres Vermögens an die neue AG. als kommunale Holdinggesellschaft unter der Firma „Westfälische Elektrizitätswirtschaft G. m. b. H." lediglich der Verwaltung und Verfügung über den kommunalen Aktienbesitz. Mit Rücksicht auf die Ungunst der Börsenmärkte werden die 60 Mill RM neue Aktien zunächst dadurch beschafft, daß eine Bankengruppe unter Führung der Deutschen Bank und Disconto-Gesellschaft und unter Mitwirkung erster amerikanischer Finanzkreise (Public Utility Holding Corp. of America) der neuen AG. ein Schuldscheindarlehn (Notes) im Gesamtbetrage von 66 Mill RM gibt, das mit 6,5 % jährlich zu verzinsen und anfangs 1934 zurückzuzahlen ist. Den ersten Vorstand der Vereinigten Elektrizitätswerke Westfalen (VEW) AG. bilden die Generaldirektoren Dr. Fischer und Dr. Krone, Dortmund. — Die Telephonfabrik Berliner AG., Berlin-Steglitz, hatte 1929 weiter unter den außerordentlich gedrückten Preisen ihrer Artikel zu leiden. Da die früheren Sanierungsmaßnahmen größere Verluste als vorausgesehen ergeben haben und die Gesellschaft sich außerdem veranlaßt sah, die durch die Auflösung des Werkes Hannover und des Berliner Abbaues entstandenen Verpflichtungen auf der Passivseite zu kapitalisieren, ist der vorjährige Verlust auf 4 130 760 RM gestiegen. Er gelangt zum Vortrag auf neue Rechnung, und zu seiner Tilgung werden die Stammaktien von nom. 6,9 Mill RM im Verhältnis von 5 : 2 zusammengelegt. 1930 ist die Aktienmajorität des Unternehmens in den Besitz der Standard Elektrizitäts-Gesellschaft AG., Berlin, übergegangen. Da der Konkurrenzkampf in den von der Berichterstatterin hergestellten Erzeugnissen nach wie vor stark weitergeht und die Reichspost ihre Aufträge eingeschränkt und die Preise herabgesetzt hat, befürchtet der Vorstand, neben der Arbeitszeitverkürzung weitere Entlassungen der Belegschaft vornehmen zu müssen.

Deutschlands elektrotechnischer Außenhandel[1]. — Der Elektroaußenhandel Deutschlands hat sich im Juni 1930 innerhalb des Tarifunterabschnitts 18 B wie folgt verteilt:

Waren	Mengen dz		Werte 1000 RM	
	Juni	Jan./Juni	Juni	Jan./Juni
Einfuhr				
Elektrische Maschinen (einschl. Teile)	2 036	16 564	698	4 970
Elektrot. Erzeugnisse	2 852	18 382	2 187	16 070
Ausfuhr				
Elektrische Maschinen (einschl. Teile)	28 931	201 008	8 255	56 401
Elektrot. Erzeugnisse	86 281	597 865	31 405	224 466

Die Einfuhr weist gegen den Vormonat (6706 dz bzw. 3,678 Mill RM) eine Verringerung um 1818 dz (27 %) und 0,793 Mill RM (fast 22 %) auf und ist auch im Vergleich mit dem Parallelmonat des Vorjahres (8438 dz bzw. 4,356 Mill RM) um 3550 dz (42 %) bzw. 1,471 Mill RM (34 %) gesunken. Die Ausfuhr, einschl. 8176 dz Reparationssachlieferungen im Wert von 2,656 Mill RM, hat ebenfalls abgenommen, u. zw. gegenüber dem Vormonat (149 046 dz bzw. 48,954 Mill RM) um 33 834 dz (23 %) bzw. 9,294 Mill RM (20 %) und, verglichen mit dem Juni 1929 (129 344 dz bzw. 42,331 Mill RM), um 14 132 dz (11 %) bzw. 2,671 Mill RM (6 %). Im ersten Halbjahr 1930 war der Import, wenn man ihn dem der gleichen Periode des Vorjahres gegenüberstellt, um 15 510 dz (31 %) und 4,067 Mill RM (16 %) schwächer. Der Stückzahl nach wurden in diesem Zeitabschnitt 2282 Lichtmaschinen (7711 i. V.), 47 608 Dynamos, Elektromotoren usw. (86 778 i. V.), 4293 Bogen- usw. Lampen (2739 i. V.), 2,709 Mill Me-

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1179; 1930, S. 1023.

Digitized by Google

Stat. Nr.	Erzeugnisse	Einfuhr in dz			Ausfuhr in dz		
		Juni 1930	Januar/Juni 1930	Januar/Juni 1929	Juni 1930	Januar/Juni 1930	Januar/Juni 1929
907 a	Lichtmaschinen und Lichtzündmaschinen für Motorfahrzeuge; Anlaßmotoren für Verbrennungsmotoren	34	218	562	743	3 937*	4 256*
907 b/g	Dynamomaschinen, Elektromotoren, Umformer; Transformatoren und Drosselspulen[1]	1 922	15 390	17 271	26 197*	184 796*	150 520*
907 h	Fertig gearbeitete Anker, Kollektoren[2]	80	956	1 208	1 991*	12 275*	9 912*
908 a, b	Elektrizitätssammler, deren Ersatzplatten (Elektroden)	109	1 428	3 220	3 670	25 410*	24 548*
909	Kabel zur Leitung elektrischer Ströme, zur Verlegung in Wasser oder Erde geeignet	740	3 769	[9] 12 275	40 535*	264 101*	288 268*
910 a/c	Bogenlampen, Quecksilberdampf-, Quarz- und ähnliche Lampen; Gehäuse dafür mit Glasglocken; Scheinwerfer, Reflektoren[3]	25	125	87	150	1 565*	2 418*
911 a	Metallfadenlampen	174	1 229	1 085	734	5 510*	5 770*
911 b	Kohlenfaden-, Nernst- und andere Glühlampen	9	57	21	17	160	210*
912 A1	Telegraphenwerke; Bestandteile davon	29	73	74	21	164	167*
912 A2	Fernsprecher, Fernsprech-, Wand- und Tischstationen, Fernsprechvermittlungseinrichtungen; Bestandteile davon	23	173	375	1 940*	11 810*	9 227*
912 A3	Vorrichtungen für die drahtlose Telegraphie und Telephonie; Bestandteile davon	407	2 621	3 057	3 605*	29 190*	24 921*
912 A4	Meß-, Zähl- und Registriervorrichtungen, auch in Verbindung mit Uhrwerken; Bestandteile davon	125	952	1 016	1 958*	15 208*	16 906*
912 B	Bügeleisen; in der Ausfuhr auch Bestandteile davon	12	12	13	631	4 149	3 667*
912 C	Heiz-, Koch- und sonstige Wärmeapparate; in der Ausfuhr auch Bestandteile davon	222	1 050	1 017	1 090*	7 567*	7 254*
912 D	Röntgenröhren; in der Ausfuhr auch Bestandteile davon	2	15	12	21	143*	97*
912 E	Magnetzündapparate und sonstige elektrische Zündsysteme sowie Teile davon (ausgenommen Magnete); elektrotechnisches Zubehör für Motorfahrzeuge	256	1 151	1 544	2 023*	12 774*	12 740*
912 F1	Sicherungs- und Signalapparate; Läutewerke; Bestandteile davon	10	65	96	1 103	5 824*	6 144*
912 F2	Vorrichtungen für Beleuchtung, Kraftübertragung, Elektrolyse; Vorschalte- und Nebenschlußwiderstände; sonst. a. n. g. Vorrichtungen; Bestandteile davon[4]	588	4 776	6 708	22 162*	158 850*	153 579*
912 F3	Vorrichtungen für ärztliche oder zahnärztliche Zwecke; Bestandteile davon (ausgenommen 912 D)	52	305	390	1 165	8 040*	9 173*
912 F4	Galvanische (auch Trocken-) Elemente, elektr. u. galvanische Batterien; Thermoelemente; Bestandteile davon	10	153	250	3 350	30 086*	30 835
912 F5	Isolationsrollen, -glocken, -knöpfe, Spulen, Taster, Schalter usw. aus Steingut, Porzellan oder Glas (ausgenommen 733 a)	59	422	143	[6]	[6]	
912 F6	Isolationsgegenstände aus Asbest, Asbestpappe, Glimmer oder Mikanit für die Elektrotechnik (Schutzkasten usw.)	—	6	32	44	357	300*
912 F7	Isolierröhren für elektr. Leitungen aus Papier oder Pappe; Verbindungsstücke dafür[5]	.	.	.	2 061	16 954*	15 650*
	Elektrotechnische Erzeugnisse, unvollständig angemeldet	—	—	—	1	3	6
	Summe von Tarifunterabschnitt 18B: Menge in dz	4 888	34 946	[9] 50 456	115 212*	798 873*	776 568*
	Summe von Tarifunterabschnitt 18B: Wert in 1000 RM	*2 885*	*21 040*	[9] *25 107*	*39 660**	*280 867**	*268 910**
648 a	Vorgepreßte Blöcke, Platten und Stangen aus Kohle für elektrotechnische Zwecke	21	171	184	738	5 230	6 275
648 b	Kohlenbürsten, Mikrophonkohlen usw.; Kohlenfäden für elektr. Beleuchtungskörper oder dgl., auch in Verbindung mit Platin	2	29	38	74	468*	418*
648 c	Brennstifte für Bogenlampen	177	436	625	718	4 205	4 366
648 d	Elektroden	105	1 922	3 585	18 848	128 737	139 338
733 a	Porzellanisolatoren für Telegraphen- oder Fernsprechleitungen[7]	2	2	178	5 107*	36 547*	34 598*
740 a	Glühlampenkolben	23	163	135	1 401	7 852	8 723
783 c	Bearbeitete Teile von elektrischen Maschinen der Nrn. 907 a/g und von Erzeugnissen der Nrn. 907 h/911 b aus nicht schmiedbarem Gußeisen	46	657	881	[8]	[8]	[8]
799 c	dsgl. aus schmiedbarem Eisen	106	733	353			
890 a	Isolierter Draht aus unedlen Metallen für die Elektrotechnik	164	1 148	1 251	10 015*	73 814*	68 488*

talldrahtlampen (2,434 i. V.) und 109 700 Kohlefadenlampen (34 800 i. V.) vom Ausland bezogen. Der Export hat gegen den des ersten Halbjahres 1929 um 22 305 dz (3 %) und 11,957 Mill RM (4,5 %) zugenommen. Er umfaßte nach den Angaben des Statistischen Reichsamts 63 291 dz Reparationssachlieferungen im Wert von 18,991 Mill RM und der Stückzahl nach 44 368 Lichtmaschinen (44,817 i. V.), 359 636 Dynamos, Elektromotoren usw. (344 558 i. V.), 15 889 Bogen- usw. Lampen (21 215 i. V.), 31,554 Mill Metalldrahtlampen (29,907 i. V.) und 0,498 Mill Kohlefaden- usw. Lampen (0,583 i. V.). Sein Überschuß betrug 763 927 dz im Wert von 259,827 Mill RM (726 112 dz bzw. 243,803 Mill RM i. V.).

[1] Die Ausfuhr von Quecksilberumformern ist in Nr. 912 F 2 enthalten. — [2] Die Ausfuhr umfaßt auch andere Teile von nicht vollständigen elektrischen Maschinen. — [3] Die Ausfuhr umfaßt auch Teile von Bogenlampen außer Brennstiften (648 c). — [4] Die Ausfuhr umfaßt auch Quecksilberumformer aus Nr. 907 b/g und Isolationsgegenstände, auch aus Ambroid, Hartkautschuk usw., der Nr. 912 F 5 außer Isolationsglocken (733 a). — [5] Einfuhr nach Beschaffenheit. — [6] Isolationsglocken unter 733 a, andere Waren, auch aus Ambroid, Hartkautschuk usw., unter 912 F 2. — [7] Die Ausfuhr umfaßt Isolatoren aller Art aus Steingut oder Porzellan. — [8] Für die Ausfuhr gelten die im Unterabschnitt 18 B bei den Maschinen angegebenen stat. Nrn. — [9] Berichtigte Zahl.
* Einschließlich der Reparationssachlieferungen.

Abschluß des Heftes: 2. August 1930.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Schutz von Einanker-Umformern.

Mitteilung der AEG.

Spannungsenkungen im Hochspannungsnetz machen sich beim Betrieb von Einankerumformern störend bemerkbar, wenn die Umformer durch die üblichen Schutzvorrichtungen vom Netz getrennt werden. Die Unterbrechung der Stromlieferung wird dann nicht durch die Dauer der Spannungsabsenkung, sondern durch die zum Wiederanlassen der Umformer erforderliche Zeit bestimmt; hierzu ist, besonders bei mehreren Umformern, viel Zeit erforderlich, da das Anlassen mehrerer Umformer in der Regel nicht gleichzeitig vorgenommen werden kann. Schwierigkeiten bietet dann weiter das Zuschalten mehrerer Umformer auf das unter Last stehende Gleichstromnetz.

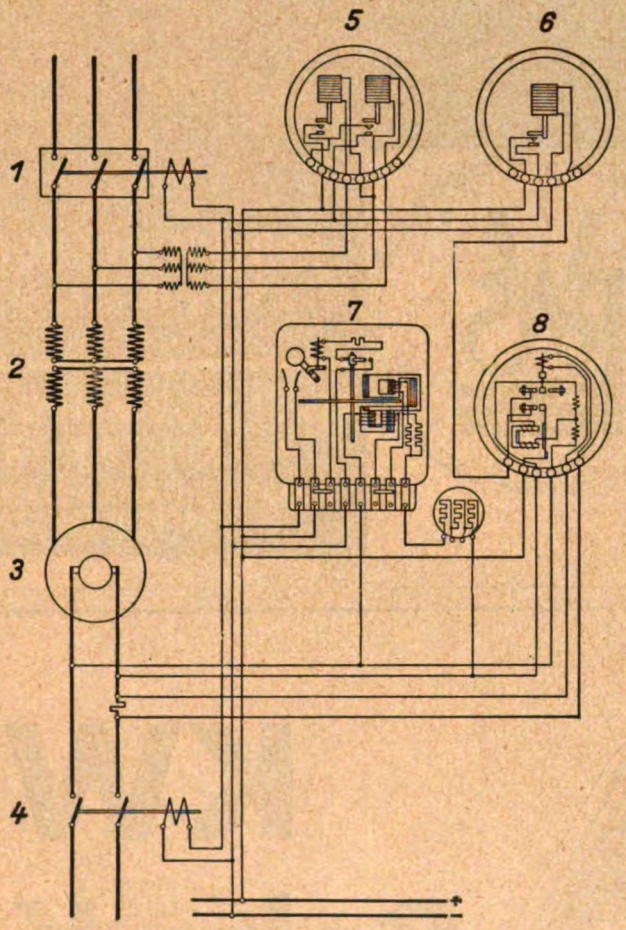
Die AEG hat daher schon seit längerer Zeit ihre besondere Aufmerksamkeit der Aufgabe zugewandt, durch eine Neuausgestaltung des Umformerschutzes die Zahl der zum Schutze der Umformer erforderlichen Abschaltungen zu vermindern.

Zu diesem Zwecke hat die AEG ausgedehnte Versuche im Prüffeld und im Betrieb ausgeführt und dadurch das Verhalten von Einankerumformern bei Hochspannungsnetzkurzschlüssen*) geklärt. Es wurde hierbei erkannt, daß der bisher übliche Schutz, der außer den dreh- und gleichstromseitigen Überstromschaltern ein Spannungsrückgangrelais für Auslösung bei etwa 70 vH Restspannung und ein sofort wirkendes Rückstromrelais für etwa 10 vH des Nennstroms enthielt, viel zu empfindlich ist für Einankerumformer neuerer Bauart, deren Stabilität bedeutend verbessert ist, und bei denen durch Verwendung von Wendepolen mit erheblich vergrößertem Luftspalt die Schwierigkeiten der Kommutierung beim Wechsel der Stromrichtung überwunden sind.

Im Schaltbild ist ein auf diesen Grundlagen von der AEG neu entwickelter Schutz dargestellt.

Ein zweiphasiges Spannungsrückgangsrelais 5 spricht erst bei einer Restspannung von etwa 30—45 vH in allen drei Phasen an, schaltet dann aber den Umformer momentan ab; denn die Untersuchungen haben gezeigt, daß der mit dem Gleichstromnetz verbundene Umformer noch bei diesen Spannungsabsenkungen genügend synchronisierendes Moment besitzt, um in Tritt zu bleiben. Bei Unterschreitung dieser Grenze muß aber die Abschaltung momentan erfolgen, da schon nach Zehntelsekunden eine derartige Abweichung in der Phasenlage entsteht, daß beim Wiederkommen der Drehstromspannung der Umformer gefährdet sein würde.

Da auch Störungsfälle denkbar sind, in denen die Stromzufuhr auf der Hochspannungseite ohne vorhergehenden Netzkurzschluß mit Spannungsabsenkung unterbrochen wird, muß auch für diesen Fall die Abschaltung vorgesehen werden. Das Nullspannungsrelais spricht nicht an, da die Spannung durch den auslaufenden bzw. vom Gleichstromnetz gespeisten Umformer aufrechterhalten wird. In diesem Falle tritt ein Rückstrom auf, der jedoch nur die Leerlaufverluste des Umformers und Transformators zu decken braucht; die AEG sieht daher ein hochempfindliches Rückstromrelais 8 für etwa 3 vH des Nennstromes vor, das den Umformer abschaltet. Zur Vermeidung unnötiger Stromunterbrechungen ist ein Zeitrelais 6 zwischengeschaltet. Es muß auf eine Zeit eingestellt werden, die länger ist, als die Dauer der Hochspannungsenkung — selten länger als 5 s — damit nicht jede derartige Senkung den Umformer abschaltet. Anderseits muß die Verzögerung kürzer sein als die zum Wiedereinschalten eines Ölschalters im Netz erforderliche Zeit, damit die wiederkehrende Hochspannung die Eigenspannung des Umformers nicht in Phasenopposition trifft.



1 = Drehstrom-Ölschalter,
2 = Transformatoren,
3 = Einankerumformer,
4 = Gleichstromautomat,
5 = Spannungsrückgangrelais,
6 = Zeitrelais,
7 = Schutzrelais gegen einphasige Kurzschlüsse,
8 = Rückstromrelais.

Relaisanordnung zum Schutz von Einankerumformern.

Den Schutz der Umformer gegen Rückstrom-Überstrom übernimmt der ohnehin vorhandene gewöhnliche Überstromschutz mit abhängig verzögerter Zeitauslösung.

Erheblich empfindlicher als gegen dreiphasige Spannungsenkung erweisen sich die Umformer gegen einphasige Senkungen. In diesem Falle muß der einphasig gespeiste Umformer auf den Kurzschluß in der andern Phase arbeiten. Das synchronisierende Moment des einphasig gespeisten Umformers ist schon bei geringen Spannungsenkungen an der Kippgrenze. Außerdem ruft die unsymmetrische Belastung Erscheinungen hervor, die äußerlich große Ähnlichkeit mit den Vorgängen beim asynchronen Anlauf haben: starkes Spritzfeuer an den Gleichstrombürsten, hohe Induktionspannungen in der Feldwicklung und eine starke Beanspruchung der Dämpferwicklung; eine durch das inverse Feld induzierte Wechselspannung ist der normalen Gleichspannung überlagert. Zum Schutz gegen diese einphasigen Kurzschlüsse dient ein Wechselstromrelais 7, das nach dem Ferrarisprinzip arbeitet und durch einen Vorwiderstand zum Ansprechen bei einer Wechselspannungsamplitude zwischen 30 und 40 vH der Gleichspannung eingestellt werden kann. Das Relais wird auf der Gleichstromseite angeschlossen; es ist mit einem Zwischenrelais vereinigt, das beim Ansprechen den Ölschalter sofort auslöst und somit den Umformer vom Drehstromnetz trennt.

Bei Verwendung dieses AEG-Schutzsystems bleiben Umformer bei vielen Netzkurzschlüssen auf der Hochspannungseite ungestört im Betrieb und werden nur dann abgeschaltet, wenn sie tatsächlich gefährdet sind. Der Betrieb des Gleichstromnetzes ist also gegenüber dem bisherigen Zustand ganz bedeutend weniger Störungen ausgesetzt.

Kommt eine Abschaltung vor, so müssen die Umformer von Hand angelassen werden. Dieses erfordert, besonders bei Stationen mit mehreren Einheiten, einen ziemlichen Zeitaufwand. Hierfür sind daher automatische Einrichtungen zu empfehlen, die ebenfalls von der AEG durchgebildet worden sind.

*) Vgl. F. Hillebrand „Elektrizitätswirtschaft" Nr. 414, 1926.

Digitized by Google

Stat. Nr.	Erzeugnisse	Einfuhr in dz			Ausfuhr in dz		
		Juni 1930	Januar/Juni 1930	Januar/Juni 1929	Juni 1930	Januar/Juni 1930	Januar/Juni 1929
907 a	Lichtmaschinen und Lichtzündmaschinen für Motorfahrzeuge; Anlaßmotoren für Verbrennungsmotoren	34	218	562	743	3 937*	4 256*
907 b/g	Dynamomaschinen, Elektromotoren, Umformer; Transformatoren und Drosselspulen[1]	1 922	15 390	17 271	26 197*	184 796*	150 520*
907 h	Fertig gearbeitete Anker, Kollektoren[2]	80	956	1 208	1 991*	12 275*	9 912*
908 a, b	Elektrizitätssammler, deren Ersatzplatten (Elektroden)	109	1 428	3 220	3 670	25 410*	24 548*
909	Kabel zur Leitung elektrischer Ströme, zur Verlegung in Wasser oder Erde geeignet	740	3 769	[9] 12 275	40 535*	264 101*	288 268*
910 a/c	Bogenlampen, Quecksilberdampf-, Quarz- und ähnliche Lampen; Gehäuse dafür mit Glasglocken; Scheinwerfer, Reflektoren[3]	25	125	87	150	1 565*	2 418*
911 a	Metallfadenlampen	174	1 229	1 085	734	5 510*	5 770*
911 b	Kohlenfaden-, Nernst- und andere Glühlampen	9	57	21	17	160	210*
912 A1	Telegraphenwerke; Bestandteile davon	29	73	74	21	164	167*
912 A2	Fernsprecher, Fernsprech-, Wand- und Tischstationen, Fernsprechvermittlungseinrichtungen; Bestandteile davon	23	173	375	1 940*	11 810*	9 227*
912 A3	Vorrichtungen für die drahtlose Telegraphie und Telephonie; Bestandteile davon	407	2 621	3 057	3 605*	29 190*	24 921*
912 A4	Meß-, Zähl- und Registriervorrichtungen, auch in Verbindung mit Uhrwerken; Bestandteile davon	125	952	1 016	1 958*	15 208*	16 906*
912 B	Bügeleisen; in der Ausfuhr auch Bestandteile davon	12	12	13	631	4 149	3 667*
912 C	Heiz-, Koch- und sonstige Wärmeapparate; in der Ausfuhr auch Bestandteile davon	222	1 050	1 017	1 090*	7 567*	7 254*
912 D	Röntgenröhren; in der Ausfuhr auch Bestandteile davon	2	15	12	21	143*	97*
912 E	Magnetzündapparate und sonstige elektrische Zündsysteme sowie Teile davon (ausgenommen Magnete); elektrotechnisches Zubehör für Motorfahrzeuge	256	1 151	1 544	2 023*	12 774*	12 740*
912 F1	Sicherungs- und Signalapparate; Läutewerke; Bestandteile davon	10	65	96	1 103	5 824*	6 144*
912 F2	Vorrichtungen für Beleuchtung, Kraftübertragung, Elektrolyse; Vorschalte- und Nebenschlußwiderstände; sonst. a. n. g. Vorrichtungen; Bestandteile davon[4]	588	4 776	6 708	22 162*	158 850*	153 579*
912 F3	Vorrichtungen für ärztliche oder zahnärztliche Zwecke; Bestandteile davon (ausgenommen 912 D)	52	305	390	1 165	8 040*	9 173*
912 F4	Galvanische (auch Trocken-) Elemente, elektr. u. galvanische Batterien; Thermoelemente; Bestandteile davon	10	153	250	3 350	30 086*	30 835
912 F5	Isolationsrollen, -glocken, -knöpfe, Spulen, Taster, Schalter usw. aus Steingut, Porzellan oder Glas (ausgenommen 733 a)	59	422	143	6	6	
912 F6	Isolationsgegenstände aus Asbest, Asbestpappe, Glimmer oder Mikanit für die Elektrotechnik (Schutzkasten usw.)	—	6	32	44	357	300*
912 F7	Isolierröhren für elektr. Leitungen aus Papier oder Pappe; Verbindungsstücke dafür[5]	.	.	.	2 061	16 954*	15 650*
	Elektrotechnische Erzeugnisse, unvollständig angemeldet	—	—	—	1	3	6
	Summe von Tarifunterabschnitt 18B: Menge in dz	4 888	34 946	[9] 50 456	115 212*	798 873*	776 568*
	Summe von Tarifunterabschnitt 18B: Wert in 1000 RM	*2 885*	*21 040*	[9] *25 107*	*39 660**	*280 867**	*268 910**
648 a	Vorgepreßte Blöcke, Platten und Stangen aus Kohle für elektrotechnische Zwecke	21	171	184	738	5 230	6 275
648 b	Kohlenbürsten, Mikrophonkohlen usw.; Kohlenfäden für elektr. Beleuchtungskörper oder dgl., auch in Verbindung mit Platin	2	29	38	74	468*	418*
648 c	Brennstifte für Bogenlampen	177	436	625	718	4 205	4 366
648 d	Elektroden	105	1 922	3 585	18 848	128 737	139 338
733 a	Porzellanisolatoren für Telegraphen- oder Fernsprechleitungen[7]	2	2	178	5 107*	36 547*	34 598*
740 a	Glühlampenkolben	23	163	135	1 401	7 852	8 723
783 c	Bearbeitete Teile von elektrischen Maschinen der Nrn. 907 a/g und von Erzeugnissen der Nrn. 907 h/911 b aus nicht schmiedbarem Gußeisen	46	657	881	8	8	9
799 c	dsgl. aus schmiedbarem Eisen	106	733	353			
890 a	Isolierter Draht aus unedlen Metallen für die Elektrotechnik	164	1 148	1 251	10 015*	73 814*	68 488*

talldrahtlampen (2,434 i. V.) und 109 700 Kohlefadenlampen (34 800 i. V.) vom Ausland bezogen. Der Export hat gegen den des ersten Halbjahres 1929 um 22 305 dz (3 %) und 11,957 Mill RM (4,5 %) zugenommen. Er umfaßte nach den Angaben des Statistischen Reichsamts 63 291 dz Reparationssachlieferungen im Wert von 18,991 Mill RM und der Stückzahl nach 44 368 Lichtmaschinen (44,817 i. V.), 359 636 Dynamos, Elektromotoren usw. (344 558 i. V.), 15 889 Bogen- usw. Lampen (21 215 i. V.), 31,554 Mill Metalldrahtlampen (29,907 i. V.) und 0,498 Mill Kohlefaden- usw. Lampen (0,583 i. V.). Sein Überschuß betrug 763 927 dz im Wert von 259,827 Mill RM (726 112 dz bzw. 243,803 Mill RM i. V.).

[1] Die Ausfuhr von Quecksilberumformern ist in Nr. 912 F 2 enthalten. — [2] Die Ausfuhr umfaßt auch andere Teile von nicht vollständigen elektrischen Maschinen. — [3] Die Ausfuhr umfaßt auch Teile von Bogenlampen außer Brennstiften (648 c). — [4] Die Ausfuhr umfaßt auch Quecksilberumformer aus Nr. 907 b/g und Isolationsgegenstände, auch aus Ambroid, Hartkautschuk usw., der Nr. 912 F 5 außer Isolationsglocken (733 a). — [5] Einfuhr nach Beschaffenheit. — [6] Isolationsglocken unter 733 a, andere Waren, auch aus Ambroid, Hartkautschuk usw., unter 912 F 2. — [7] Die Ausfuhr umfaßt Isolatoren aller Art aus Steingut oder Porzellan. — [8] Für die Ausfuhr gelten die im Unterabschnitt 18 B bei den Maschinen angegebenen stat. Nrn. — [9] Berichtigte Zahl. * Einschließlich der Reparationssachlieferungen.

Abschluß des Heftes: 2. August 1930.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Schutz von Einanker-Umformern.

Mitteilung der AEG.

Spannungsenkungen im Hochspannungsnetz machen sich beim Betrieb von Einankerumformern störend bemerkbar, wenn die Umformer durch die üblichen Schutzvorrichtungen vom Netz getrennt werden. Die Unterbrechung der Stromlieferung wird dann nicht durch die Dauer der Spannungsabsenkung, sondern durch die zum Wiederanlassen der Umformer erforderliche Zeit bestimmt; hierzu ist, besonders bei mehreren Umformern, viel Zeit erforderlich, da das Anlassen mehrerer Umformer in der Regel nicht gleichzeitig vorgenommen werden kann. Schwierigkeiten bietet dann weiter das Zuschalten mehrerer Umformer auf das unter Last stehende Gleichstromnetz.

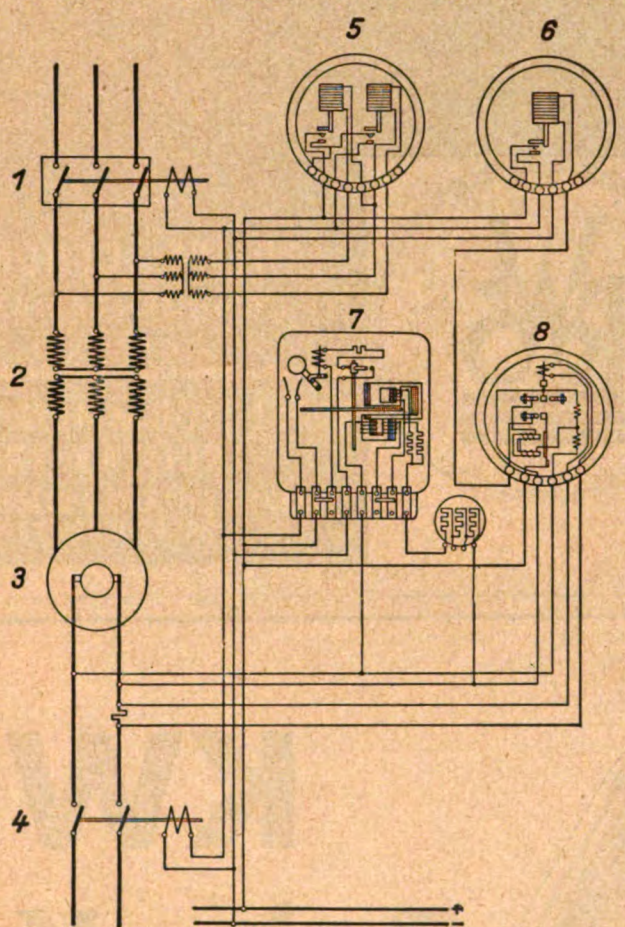
Die AEG hat daher schon seit längerer Zeit ihre besondere Aufmerksamkeit der Aufgabe zugewandt, durch eine Neuausgestaltung des Umformerschutzes die Zahl der zum Schutze der Umformer erforderlichen Abschaltungen zu vermindern.

Zu diesem Zwecke hat die AEG ausgedehnte Versuche im Prüffeld und im Betrieb ausgeführt und dadurch das Verhalten von Einankerumformern bei Hochspannungsnetzkurzschlüssen*) geklärt. Es wurde hierbei erkannt, daß der bisher übliche Schutz, der außer den dreh- und gleichstromseitigen Überstromschaltern ein Spannungsrückgangrelais für Auslösung bei etwa 70 vH Restspannung und ein sofort wirkendes Rückstromrelais für etwa 10 vH des Nennstroms enthielt, viel zu empfindlich ist für Einankerumformer neuerer Bauart, deren Stabilität bedeutend verbessert ist, und bei denen durch Verwendung von Wendepolen mit erheblich vergrößertem Luftspalt die Schwierigkeiten der Kommutierung beim Wechsel der Stromrichtung überwunden sind.

Im Schaltbild ist ein auf diesen Grundlagen von der AEG neu entwickelter Schutz dargestellt.

Ein zweiphasiges Spannungsrückgangsrelais 5 spricht erst bei einer Restspannung von etwa 30—45 vH in allen drei Phasen an, schaltet dann aber den Umformer momentan ab; denn die Untersuchungen haben gezeigt, daß der mit dem Gleichstromnetz verbundene Umformer noch bei diesen Spannungsabsenkungen genügend synchronisierendes Moment besitzt, um in Tritt zu bleiben. Bei Unterschreitung dieser Grenze muß aber die Abschaltung momentan erfolgen, da schon nach Zehntelsekunden eine derartige Abweichung in der Phasenlage entsteht, daß beim Wiederkommen der Drehstromspannung der Umformer gefährdet sein würde.

Da auch Störungsfälle denkbar sind, in denen die Stromzufuhr auf der Hochspannungseite ohne vorhergehenden Netzkurzschluß mit Spannungsabsenkung unterbrochen wird, muß auch für diesen Fall die Abschaltung vorgesehen werden. Das Nullspannungsrelais spricht nicht an, da die Spannung durch den auslaufenden bzw. vom Gleichstromnetz gespeisten Umformer aufrechterhalten wird. In diesem Falle tritt ein Rückstrom auf, der jedoch nur die Leerlaufverluste des Umformers und Transformators zu decken braucht; die AEG sieht daher ein hochempfindliches Rückstromrelais 8 für etwa 3 vH des Nennstromes vor, das den Umformer abschaltet. Zur Vermeidung unnötiger Stromunterbrechungen ist ein Zeitrelais 6 zwischengeschaltet. Es muß auf eine Zeit eingestellt werden, die länger ist, als die Dauer der Hochspannungsenkung — selten länger als 5 s — damit nicht jede derartige Senkung den Umformer abschaltet. Anderseits muß die Verzögerung kürzer sein als die zum Wiedereinschalten eines Ölschalters im Netz erforderliche Zeit, damit die wiederkehrende Hochspannung die Eigenspannung des Umformers nicht in Phasenopposition trifft.



1 = Drehstrom-Ölschalter,
2 = Transformatoren,
3 = Einankerumformer,
4 = Gleichstromautomat,
5 = Spannungsrückgangrelais,
6 = Zeitrelais,
7 = Schutzrelais gegen einphasige Kurzschlüsse,
8 = Rückstromrelais.

Relaisanordnung zum Schutz von Einankerumformern.

Den Schutz der Umformer gegen Rückstrom-Überstrom übernimmt der ohnehin vorhandene gewöhnliche Überstromschutz mit abhängig verzögerter Zeitauslösung.

Erheblich empfindlicher als gegen dreiphasige Spannungsenkung erweisen sich die Umformer gegen einphasige Senkungen. In diesem Falle muß der einphasig gespeiste Umformer auf den Kurzschluß in der andern Phase arbeiten. Das synchronisierende Moment des einphasig gespeisten Umformers ist schon bei geringen Spannungsenkungen an der Kippgrenze. Außerdem ruft die unsymmetrische Belastung Erscheinungen hervor, die äußerlich große Ähnlichkeit mit den Vorgängen beim asynchronen Anlauf haben: starkes Spritzfeuer an den Gleichstrombürsten, hohe Induktionspannungen in der Feldwicklung und eine starke Beanspruchung der Dämpferwicklung; eine durch das inverse Feld induzierte Wechselspannung ist der normalen Gleichspannung überlagert. Zum Schutz gegen diese einphasigen Kurzschlüsse dient ein Wechselstromrelais 7, das nach dem Ferrarisprinzip arbeitet und durch einen Vorwiderstand zum Ansprechen bei einer Wechselspannungsamplitude zwischen 30 und 40 vH der Gleichspannung eingestellt werden kann. Das Relais wird auf der Gleichstromseite angeschlossen; es ist mit einem Zwischenrelais vereinigt, das beim Ansprechen den Ölschalter sofort auslöst und somit den Umformer vom Drehstromnetz trennt.

Bei Verwendung dieses AEG-Schutzsystems bleiben Umformer bei vielen Netzkurzschlüssen auf der Hochspannungseite ungestört im Betrieb und werden nur dann abgeschaltet, wenn sie tatsächlich gefährdet sind. Der Betrieb des Gleichstromnetzes ist also gegenüber dem bisherigen Zustand ganz bedeutend weniger Störungen ausgesetzt.

Kommt eine Abschaltung vor, so müssen die Umformer von Hand angelassen werden. Dieses erfordert, besonders bei Stationen mit mehreren Einheiten, einen ziemlichen Zeitaufwand. Hierfür sind daher automatische Einrichtungen zu empfehlen, die ebenfalls von der AEG durchgebildet worden sind.

*) Vgl. F. Hillebrand „Elektrizitätswirtschaft" Nr. 414, 1926.

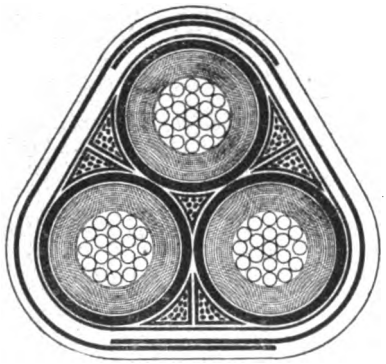
Digitized by Google

RHEINISCH-WESTFÄLISCHE SPRENGSTOFF-ACTIEN-GESELLSCHAFT · ABT. KUNSTSTOFFE · TROISDORF, BEZ. KÖLN

RWS

ISOLIER-U. FORMSTÜCKE
FÜR ALLE ZWECKE DER TECHNIK

TROLIT · GUMMON · TROLITAN
TROLITAX · TROLON
PRESSTEILE · PLATTEN · STÄBE · ROHRE · PROFILE
PRESS-U. SPRITZPULVER



KWR
Delta Kabel
mit metallisierten Zwickeln DRGM

25 % höher belastbar, daher wirtschaftlicher als Normalkabel

KABELWERK RHEYDT A-G RHEYDT (RHLD.)

Digitized by Google

Engineering Library

E T Z

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

INHALT

Belastungsgebirge eines Zechenkraftwerkes. Von C. Körfer. 1157

Über die Tränkung v. Isolierstoffen. Von M. Michailov. 1158

Durchschlag der Luft im unhomogenen el. Felde bei versch. Spannungsarten. Von E. Marx. 1161

Temperaturanstieg in el. Masch. Von H. Jehle. 1166

Die Wasserkraftanl. am Niagara. 1169

Das Wünschelrutenproblem — ein elektrisch-physiologischer Vorgang. Von Buth. 1171

Mitt. d. PTR. Nr. 283. 1172

Rundschau

Apparat z. direkten Mess. magnet. Feldstärken. 1173

Anschluß v. Speiseleit. an Doppelsammelsch. 1173

Leuchtschaltbilder m. Fehlschaltungschutz f. Warten v. Hochspannungs-Schaltanl. 1173

Bewert. v. Beleuchtungsanl. 1174

Eine neue Art Rohrdraht-Installation. 1175

Gleichstrom-Hochspann.-Kleinbahn. 1175

Die Elektrotechnik auf der 36. Wanderausstell. der Dt. Landwirtschafts-Ges. in Köln (27. V. / 1. VI. 1930). 1176

Elektromagnet. Störungen. 1176

Telegraphie im Fernkabelnetz. 1176

Fernmeldekabel-Abschlußgerät. 1177

Leistungsfaktor u. Dielektrizitätskonstante in viskosen Dielektriken. 1177

Jahresversamml., Kongresse, Ausstell. 1178

Energiewirtschaft. 1178

Vereinsnachrichten. 1180

Sitzungskalender. 1185

Persönliches. 1186

Literatur: C. H. Dencker u. K. Vormfelde, F. zur Nedden, H. Reichenbach u. F. Noack, Reichs-Rundfunk-Ges., R. O. Kapp, A. L. Bernoulli, R. Courant. Eingegang. Doktordissertationen. 1186

Geschäftl. Mitteilungen. 1188

Bezugsquellenverzeichn. 1188

SPART! SPART!

durch Verwendung von

A. H.-Holzschutzbandagen

Die Mastenschutz-Bandage bringt furchtbar mich in Rage.

Durch keine Imprägnierung, weder durch die Original-Kyanisierung, die sogenannte verbesserte Kyanisierung, Tiefenkyanisierung, nicht einmal durch eines der bekannten Vakuum- und Druckverfahren kann, namentlich bei schwer durchtränkbaren Hölzern, wie z. B. bei Fichte und Tanne, eine auch nur annähernd so gute Durchtränkung der gefährdeten Zone der Leitungsmaste und Telegraphenstangen erzielt werden, als durch die

A. H.-Holzschutzbandage.

Dabei ist dieses Verfahren das denkbar einfachste und billigste und kostet pro Mast weniger als durchschnittlich für einen imprägnierten Mast allein für Frachten zur Tränkanstalt und von dieser bis an die Verwendungsstelle aufgewendet werden muß.

Die A. H.-Holzschutzbandagen werden mit WOLMAN-Salzen gefüllt geliefert.

WOLMAN-Salze gehören zu den anerkannt besten Imprägniersalzgemischen, die heute auf den Markt kommen.

WOLMAN-Salze sind die einzigen Imprägniersalzgemische, die zu einem hohen Prozentsatz von der Holzfaser festgehalten werden.

Jeder Versuch überzeugt!

A. H.-Holzschutzbandagen sind zu beziehen von der

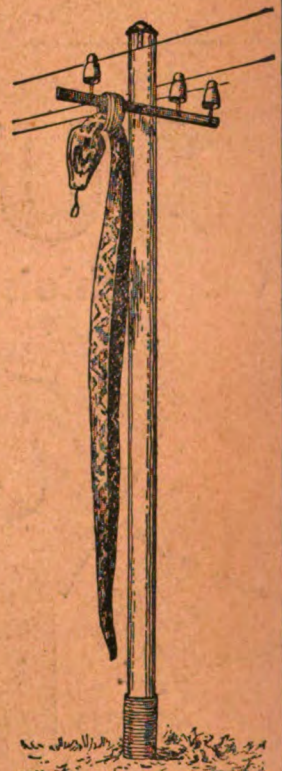
Allgemeine Holzimprägnierung G.m.b.H

Fernsprecher: B 1, Kurfürst 2303

Berlin W 35

Lützowstraße 33/36

Telegrammanschrift: Imprägnierung Berlin



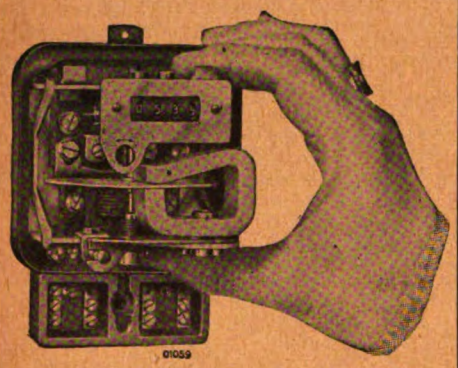
Kann künftig nichts mehr erben, will drum am Mast hier sterben.

33. HEFT · 51. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

(1157-1188) 14. August 1930

Digitized by Google

Der kleine Qualitäts-



ZÄHLER

Type **CE** für Einphasen-Zweileiter-Wechselstrom
Type **DE** für Einphasen-Dreileiter-Wechselstrom

Abmessungen: ca. 9,5×10,5×14 cm

Gewicht: ca. 1,05 Kilogramm

Ausführung bis 260 V und 15 A

Paul Firchow Nachfgr.-Landis & Gyr
Apparate- und Uhren-Fabrik Aktiengesellschaft
Berlin SW 61, Belle-Alliance-Straße 3

AUDIMETER

Sprechleistungsmesser nach Dr.-Ing. E. Asch
D. R. P. angemeldet

Audimeter nach Dr.-Ing. Asch

Ein Instrument zur wattmetrischen Messung von **Hörfrequenz-Gemischen** und **Einzelfrequenzen**

Besuchen Sie Stand 391, Halle VIII auf der

GROSSEN DEUTSCHEN FUNKAUSSTELLUNG

Generalvertrieb:
Dipl.-Ing. D. Bercovitz & Söhne
BERLIN-SCHÖNEBERG

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

51. Jahrgang **Berlin, 14. August 1930** **Heft 33**

Belastungsgebirge eines Zechenkraftwerkes.

Von Dr.-Ing. C. Körfer, Essen.

Im Schrifttum sind bisher fast ausschließlich Belastungsgebirge stromerzeugender öffentlicher Elektrizitätswerke mitgeteilt und besprochen worden. Bekanntlich ermöglicht die Analyse eines Belastungsgebirges die Ermittlung von Betriebswerten, welche rein rechnungsmäßig schwierig zu erfassen sind. Weiter gibt ein derartiges Belastungsgebirge die einzige Möglichkeit, um den zeitlichen Verlauf, die Form und die Ausmaße der Lastspitzen und -täler über beliebige Zeiträume übersichtlich darzustellen und die Ausnutzung der Anlagen zu veranschaulichen[1].

Die genaue Kenntnis derartiger Betriebsverhältnisse ist jedoch nicht nur wertvoll für den öffentlichen Stromerzeuger, sondern ebenfalls für manchen Großabnehmer sowie für alle Industriekraftwerke, auch wenn ihre Stromerzeugung im wesentlichen in den eigenen Verbrauch geht. Großabnehmer besitzen heute in vielen Fällen überhaupt noch keine Meßvorrichtungen, um den zeitlichen Verlauf ihrer Belastung festzustellen, und doch wird der Abnehmer erst bei fortlaufender Registrierung seiner Belastungsverhältnisse in Form eines Belastungsgebirges in die Lage versetzt, durch betriebsmäßige Maßnahmen den Belastungsverlauf auf günstigste Strompreise einzustellen.

Ähnliche Überlegungen gelten auch für industrielle Kraftwerke, die ja bekanntlich in Deutschland noch einen sehr erheblichen Anteil an der Gesamtstromerzeugung haben. In der Abb. 1 ist nun ein über ein Jahr laufendes Belastungsgebirge eines Zechenkraftwerkes von 6500 kW Maschinenleistung dargestellt. Das Kraftwerk arbeitete ausschließlich für den eigenen Bedarf der Zeche, deren Jahresförderung rd. 1 Mill t betrug. Fremdstrombezug und Stromabgabe an Dritte fanden in dem betrachteten Jahre nur in unwesentlicher Menge statt.

Die hauptsächlichsten Kennzahlen für das Kraftwerk waren:

Jahreserzeugung P	15 094 000 kWh
Installierte Leistung L	6 500 kW
Höchstbelastung S	3 325 „
Mittlere Jahresbelastung $L_m = \frac{P}{8760}$	1 720 „
Jährliche Benutzungsdauer der gesamten installierten Leistung $h_L = \frac{P}{L}$	2320 Std.
Benutzungsdauer der Spitzenleistung $h_S = \frac{P}{S}$	4530 „
Belastungsfaktor $m = \frac{L_m}{S}$	0,517 %
Ausnutzungsfaktor $n = \frac{L_m}{L}$	0,265 „
Reservefaktor $r = \frac{L}{S}$	0,195 „

[1] Vgl. ETZ 1927, S. 5.

Der Zechenbetrieb gliederte sich im vorliegenden Fall in:

den Übertagebetrieb der Zeche
mit einem Anschlußwert von 3211 kW
und einem Strombezug ab Kraftwerk
von . . . . . 7 478 656 kWh

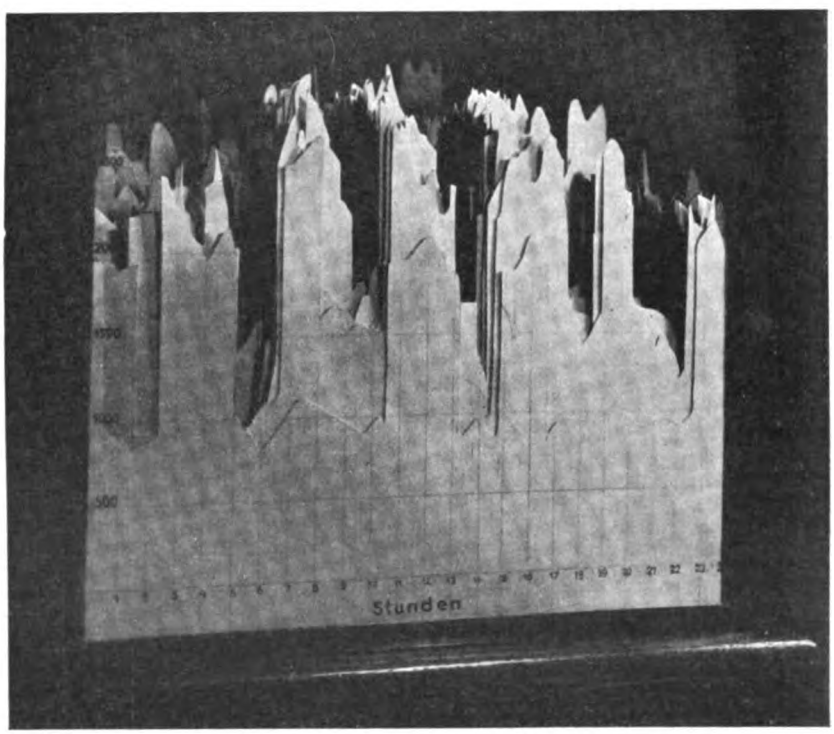


Abb. 1. Belastungsgebirge eines Zechenkraftwerkes von 6500 kW.

den Untertagebetrieb der Zeche
mit einem Anschlußwert von 4511 kW
und einem Strombezug von . . . . 4 431 066 kWh
den Kokereibetrieb einschl. Nebengewinnung
mit einem Anschlußwert von 1154 kW
und einem Strombezug von . . . . 3 184 278 „

Die Hauptschachtförderung und Drucklufterzeugung geschah mit Dampfmaschinen. Da auch die Grubenventilatoren mit Dampfantrieb arbeiteten, fehlte dem Tagesbetrieb die durchlaufende Grundlast. Dagegen gab die durchlaufende Kokerei und Nebengewinnung dem Kraftwerk in der Hauptsache eine günstige Grundbelastung.

Der Anschlußwert der Grube setzte sich fast ausschließlich aus Pumpenleistung der Hauptwasserhaltung zusammen. Diese im Verhältnis außerordentlich hohe Pumpenleistung, die sogar den Anschlußwert des Tagesbetriebes, einschl. Kokerei und Nebengewinnung, übertraf, war bedingt durch die starken untertägigen Wasserzuflüsse. Da die gesamte Pumpenleistung der Hauptwasserhaltung nur in wenige und dafür naturgemäß große Ein-

Digitized by Google

heiten von nicht unter 626 kW unterteilt war, machte sich schon das Arbeiten einer einzigen Pumpe im Belastungsverlauf des Kraftwerkes außerordentlich stark bemerkbar. Die breiten, im Belastungsgebirge regelmäßig über das ganze Jahr auftretenden Spitzen waren auf diesen Wasserhaltungsbetrieb zurückzuführen. Mit Rücksicht auf die

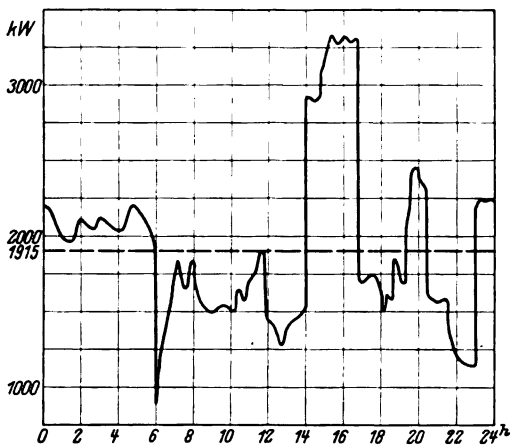


Abb. 2. Verlauf der maximalen Jahresbelastung.

Belastungsverhältnisse des Kraftwerkes hätte sich in dem betrachteten Jahr eine andere Unterteilung der Pumpenleistung der Hauptwasserhaltung günstig bemerkbar gemacht. In dem Grubenbetrieb der Zeche sind jedoch Fälle möglich, wo wegen vermehrter Wasserzuflüsse der Betrieb sämtlicher Pumpen erforderlich ist. Auf jeden Fall bietet in einem Zechenbetrieb gerade die Wasserhaltung eine viel benutzte Möglichkeit, um bei eigenem Kraftwerk einen günstigen Belastungsausgleich oder bei Fremdstrombezug einen auf Kosten des teuren Tagestrombezuges vermehrten Bezug von billigem Nachtstrom zu erzielen.

Ein Einfluß der Jahreszeit ist bei Betrachtung des vorliegenden Belastungsgebirges nicht festzustellen.

Die Abb. 2 und 3 geben ein Tagesdiagramm für den Tag der höchsten Belastung und einen Feiertag wieder.

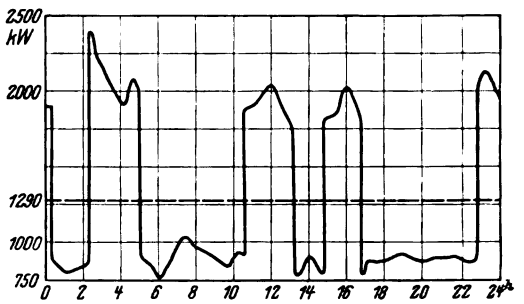


Abb. 3. Verlauf der minimalen Jahresbelastung.

Rückschlüsse von dem Belastungsverlauf eines Zechendampfkraftwerkes auf denjenigen des Zechenkesselhauses sind nur in den seltenen Fällen möglich, wo das Kraftwerk sein eigenes Kesselhaus besitzt. Im allgemeinen ist dieses jedoch nicht der Fall. Da in den Zechenbetrieben der Dampfbedarf für die Erzeugung elektrischer Arbeit im Durchschnitt nur ein Drittel des gesamten Dampfbedarfs ausmacht, müssen zur Beurteilung der Betriebsverhältnisse des Kesselhauses die Belastungsdiagramme der übrigen Dampfverbraucher mit herangezogen werden.

Über die Tränkung von Isolierstoffen.

(Mitteilung aus dem Physikalisch-Technischen Laboratorium in Leningrad.)

Von M. Michailov, Leningrad.

Übersicht. Es wird darauf hingewiesen, daß keines der bekannten Tränkungsverfahren faserige Isolierstoffe unhygroskopisch machen kann und diese vor einer starken Verschlechterung ihrer elektrischen Eigenschaften (des spezifischen Widerstandes und des Verlustwinkels) zu bewahren vermögen. Der Grund liegt darin, daß beim Liegen in feuchter Luft das atmosphärische Wasser sich zwar nicht in den Poren und Kapillaren des Isolierstoffes pflanzlichen Ursprungs kondensiert, aber vom Grundstoffe des Materials selbst (Kohlenwasserstoff-Zellulose) absorbiert wird. Die Füllung der Poren und Kapillaren mit wasserundurchlässigem Stoff kann daher nur die Geschwindigkeit des Eindringens des Wassers in Zellulose vermindern, aber nicht das Material völlig unhygroskopisch machen.

Eine der wichtigsten Gruppen der Isolierstoffe bilden die organischen Faserstoffe pflanzlichen Ursprungs, wie Papier, Fiber, Preßspan, Holz usw. Neben ihren allgemein bekannten Vorzügen besitzen diese Stoffe auch einen wesentlichen Nachteil; sie sind nämlich in bedeutendem Maße hygroskopisch, weshalb die elektrischen Eigenschaften von dem Feuchtigkeitsgrade der umgebenden Luft stark abhängen und in Luft von hohem Feuchtigkeitsgehalt eine schroffe Verschlechterung aufweisen. Zur Bekämpfung dieses Übels wird die Durchtränkung der Materialien mit verschiedenen isolierenden, wasserundurchlässigen Stoffen sowie ihre Überstreichung mit Speziallacken angewendet. Da die Tränkung ein universales Mittel bildet (die Überstreichung mit Isolierlack erweist sich nur bei Fertigerzeugnissen als zweckmäßig) und da sie außerdem zugleich die elektrische Festigkeit der Stoffe erhöht, wurde die Tränkung das am meisten verbreitete Verfahren zur Verbesserung der isolierenden Faserstoffe.

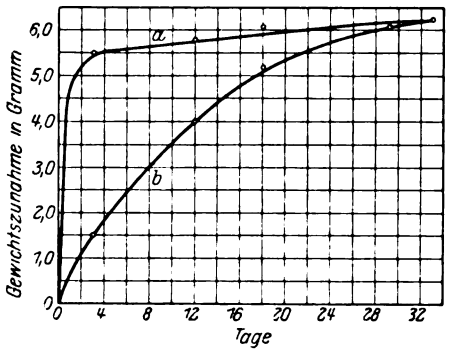
Während die Schutzwirkung des Lacküberzuges ohne weiteres verständlich ist (Einschließung des Materials in eine ununterbrochene wasserundurchlässige Hülle), kann die Erklärung der Tränkungsschutzwirkung nur auf Grund gewisser Annahmen und Anschauungen über den Aufbau der Faserstoffe erfolgen. Den am meisten verbreiteten Anschauungen entsprechend wird die gesamte Masse eines faserigen Isolierstoffes von einem Poren- und Kapillarsystem durchsetzt, wobei, falls das Material undurchtränkt ist, in allen diesen Poren und Kapillaren Luft, Wasserdampf und endlich auch Wasser vorhanden sind, da ein Teil der in die Kapillaren eingedrungenen Wasserdämpfe sich zu Wasser kondensiert. Dieses Wasser ist laut der allgemein anerkannten, von Evershed[1] aufgestellten Theorie teilweise in Form eines dünnen Häutchens, das die inneren Wandungen der Poren und Kapillaren auskleidet, teilweise in Form von Feuchtigkeitsanhäufungen und -bläschen verteilt. Das erwähnte Wasserhäutchen bildet nun den leitenden Weg für den Stromdurchgang.

Geht man von der genannten Vorstellung über den Aufbau der Faserstoffe aus, so können die Aufgaben, die bei der Tränkung zu erfüllen sind, folgendermaßen erklärt werden: Vor allem ist durch Erwärmung und Druckverminderung alle Feuchtigkeit aus den Poren und Kapillaren zu entfernen, worauf diese Poren mit irgendeiner Isoliermasse ausgefüllt werden. Sind nun die Poren sämtlich durch einen wasserundurchlässigen Stoff verstopft, so kann offenbar damit gerechnet werden, daß das Material vollkommen unhygroskopisch geworden ist. Einige Forscher weisen noch auf den Umstand hin, daß die Feuchtigkeit nicht nur von den Poren und Kapillaren, sondern auch von dem Grundstoff des vegetativen faserigen Materials, der Zellulose, eingesogen wird. Jedoch sind sie dabei der Meinung, daß die von der Zellulose aufgenommene Feuchtigkeit keine schroffe Verschlechterung der elektrischen Eigenschaften mit sich bringt; sie ist nicht so „gefährlich", wie die in den Poren und Kapillaren eingeschlossene Feuchtigkeit; übrigens wird auch diese Feuchtigkeit während des Trocknungsprozesses entfernt. Eine derartige Meinung wurde z. B. von Stäger[2] klar ausgesprochen. Eine ähnliche Anschauung hegte auch der Verfasser dieses Aufsatzes, bevor er im Auftrag der Industrie in Zusammenarbeit mit den Ingenieuren N. Bogorodizki und I. Maigeldinow an die Erforschung der Tränkungsverfahren für Holz und Preßspan heranging. Die bei diesen Untersuchungen gewonnenen

[1] Evershed, J. Inst. El. Engs., London, Bd. 52, S. 51 (1913).
[2] S. Handbuch d. kolloidchemischen Technologie, S. 287. Verlag Th. Steinkopff, Dresden u. Leipzig 1927.

Digitized by Google

Resultate zwangen uns jedoch, uns von der Anschauung, daß es möglich sei, mittels Tränkung ein unhygroskopisches Fasermaterial zu erhalten, in recht weitgehender Weise loszusagen und führten zu folgender Schlußfolgerung über den der Tränkung beizulegenden Wert: Die richtig ausgeführte Tränkung kann die elektrische Festigkeit des Isolierstoffes erhöhen, doch keines der bekannten Tränkungsverfahren kann das Material unhygroskopisch machen und dasselbe, falls es sich in feuchter Luft befindet, vor einer starken Verschlechterung seiner anderen elektrischen Eigenschaften, wie des spezifischen Widerstandes und des Verlustwinkels, bewahren.

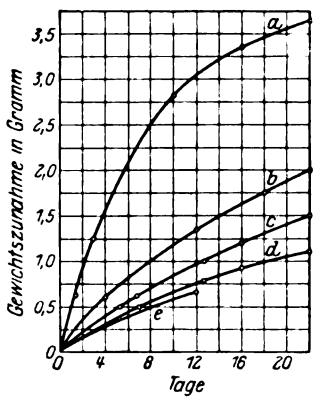


a ungetränkter Preßspan *b* paraffinierter Preßspan

Abb. 1. Gewichtszunahme bei 65% relativer Feuchtigkeit.

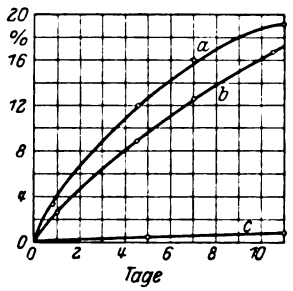
Es wurden von uns folgende Tränkungsverfahren untersucht: 1. Durchtränkung in Paraffin, 2. Durchtränkung mit Kabeltränkmasse, 3. Durchtränkung in gekochtem Leinöl und 4. Durchtränkung in Schellacklösung. Die größte Anzahl von Versuchen wurde an mit Paraffin und Leinöl durchtränkten Stoffen ausgeführt. Die Tränkung erfolgte in allen Fällen mit der größtmöglichen Sorgfalt.

Die durchtränkten Proben, von deren Oberfläche der überschüssige Tränkstoff vorerst entfernt worden war, wurden zwecks Feststellung ihrer hygroskopischen Eigenschaften in einen luftdicht verschließbaren Schrank gebracht, auf dessen Boden Wasser oder Schwefelsäure gegossen wurde, um diese oder jene gewünschte relative Feuchtigkeit zu erhalten. Die Proben wurden danach periodisch gewogen und ihre elektrischen Eigenschaften gemessen.



a ungetränktes Birkenholz
b in Leinöl getränktes Birkenholz
c bei 105° paraffiniertes Birkenholz
d bei 135° paraffiniertes Birkenholz
e Mikarta (bakelisierte Pappe)

Abb. 2. Gewichtszunahme bei 100% relativer Feuchtigkeit.

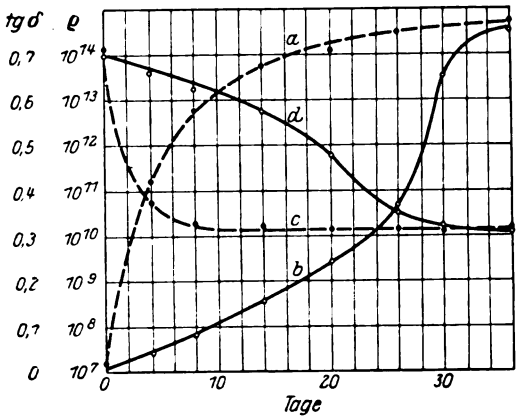


a in gekochtem Leinöl getränkter Preßspan
b paraffinierter Preßspan
c paraffinierte Asbestpappe

Abb. 3. Prozentuale Gewichtszunahme bei 100% relativer Feuchtigkeit.

Die Kurven der Abb. 1...5 bestätigen den oben ausgesprochenen Satz. Die Geschwindigkeit, mit welcher die Feuchtigkeitsaufnahme erfolgt, hängt von der Art des Materials und Tränkstoffes ab, doch ist der Hinweis wichtig, daß letzten Endes bei genügend langem Verbleiben der Proben in feuchter Luft sowohl die durchtränkten als auch die undurchtränkten Proben nach Erreichung des Sättigungszustandes gleichgroße Feuchtigkeitsmengen aufnehmen.

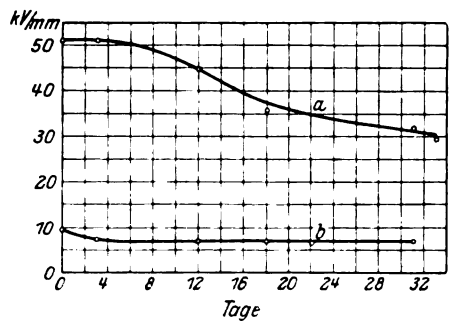
Diese Ergebnisse führen zu einem starken Zweifel an den von Evershed und Stäger vertretenen Anschauungen, welche darauf hinauslaufen, daß die Verschlechterung der elektrischen Eigenschaften von faserigen Isolierstoffen durch Einwirkung feuchter Luft hauptsächlich von der kondensierten Feuchtigkeit abhängt, welche in den Poren und Kapillaren des Materials stromleitende Wege schafft. Auf Grund der genannten Versuche wird vielmehr die Annahme sehr wahrscheinlich, daß die unter der Einwirkung von feuchter Luft hervorgerufene Verschlechterung nicht durch Poren und Kapillaren, sondern durch Verschlechterung der Eigenschaften des Grundstoffes selbst, der Zellulose, bestimmt wird. Der Widerstand des Faserstoffes sinkt bei Einwirkung feuchter Luft nicht deshalb, weil sich in den Kapillaren und Poren stromleitende Wasserhäutchen bilden, sondern weil die Zellulose Wasser aufnimmt und den Strom immer besser zu leiten beginnt.



$\left.\begin{matrix} a \\ c \end{matrix}\right\}$ ungetränkter Preßspan $\left\{\begin{matrix} \text{tg } \delta \\ \varrho \end{matrix}\right.$

$\left.\begin{matrix} b \\ d \end{matrix}\right\}$ paraffinierter Preßspan $\left\{\begin{matrix} \text{tg } \delta \\ \varrho \end{matrix}\right.$

Abb. 4. Änderung des Verlustwinkels und des spezifischen Widerstandes bei 65% relativer Feuchtigkeit.



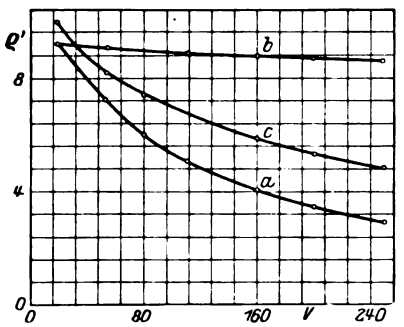
a paraffiniert *b* ungetränkt

Abb. 5. Änderung der elektrischen Festigkeit von Preßspan bei 65% relativer Feuchtigkeit.

Die Verschlechterung der elektrischen Eigenschaften des durchtränkten Stoffes durch Vorgänge zu erklären, die mit der Kondensation der Feuchtigkeit in den Kapillaren verknüpft sind, geht schon deshalb nicht an, weil in den Poren und Kapillaren nach der Tränkung überhaupt kein freier Raum mehr vorhanden ist, in welchem sich die Feuchtigkeit hätte kondensieren können. Im Gegenteil absorbiert ja sowohl getränktes als auch ungetränktes Material im Sättigungszustand nach längerem Aufenthalt in feuchter Luft gleichgroße Mengen von Feuchtigkeit. Der Versuch deutet nun auf die unserer Meinung nach einzig richtige Antwort bezüglich dieses Widerspruches hin. Wenn sich ein faseriger Isolierstoff organischen Ursprungs in Luft von einem gewissen Feuchtigkeitsgehalte befindet, ist Wasser in seinen Kapillaren und Poren überhaupt nicht vorhanden; die in den Poren eingeschlossenen Wasserdämpfe kondensieren in denselben nicht, sondern werden von den Zellenwandungen der Zellulose aufgesogen. Es ist daran zu erinnern, daß Zellulose sehr hygroskopisch ist. Vorstehende Anschauung macht übrigens auch die bekannte Hypothese sehr unwahrscheinlich, welche von Evershed zur Erklärung der bei Faserstoffen beobachteten Abhängigkeit des Widerstandes von der Spannung ent-

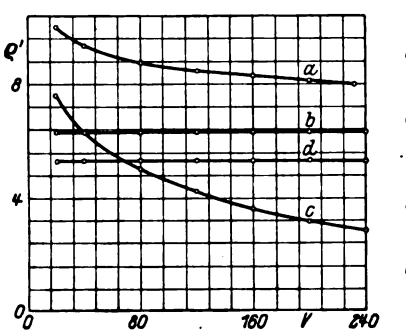
Digitized by Google

wickelt wurde und auf der Annahme beruht, daß unter der Einwirkung des elektrischen Feldes eine Neuverteilung der Feuchtigkeit in den Kapillaren stattfände. Die Unzulänglichkeit dieser Hypothese wurde von uns schon früher aus anderen Gründen festgestellt, als sich erwies, daß die Abhängigkeit des Widerstandes von der Spannung unter Beachtung zweier Umstände beobachtet werden muß: 1. eines schlechten Kontaktes zwischen Material und Elektroden, 2. eines niedrigen spezifischen Widerstandes des Isolierstoffes, etwa $10^6 \ldots 10^9\ \Omega$ cm. Die Besonderheiten der inneren Struktur des Materials spielen hierbei keine Rolle, was zum wenigsten schon daraus zu ersehen ist, daß man die erwähnte Abhängigkeit bei stark verschiedenartigen Stoffen, wie Leatheroid, Papier, Zellulose, erwärmtem Glas usw., erhalten kann (s. Abb. 6 u. 7).



a Kupferelektroden, $\varrho_v = \varrho' \cdot 0{,}5 \cdot 10^{11}$ [Ω cm]
b Quecksilberelektroden, $\varrho_v = \varrho' \cdot 0{,}5 \cdot 10^{8}$ [Ω cm]
c Quecksilberelektroden, zwei Lagen von Leatheroid, $\varrho_v = \varrho' \cdot 0{,}5 \cdot 10^{11}$ [Ω cm]

Abb. 6. Abhängigkeit des Widerstandes von Leatheroid von der Spannung.



a heißes Glas (160°), Kupferelektroden, $\varrho_v = \varrho' \cdot 10^{10}$ [Ω cm]
d heißes Glas (160°), Elektroden aus chemisch niedergeschlagenem Ag, $\varrho_v = \varrho' \cdot 0{,}5 \cdot 10^{8}$ [Ω cm]
c Zelluloid, Kupferelektroden, $\varrho_v = \varrho' \cdot 2 \cdot 10^{13}$ [Ω cm]
b Zelluloid, angeklebte Stanniolelektroden, $\varrho_v = \varrho' \cdot 10^{11}$ [Ω cm]

Abb. 7. Abhängigkeit des spezifischen Widerstandes von der Spannung.

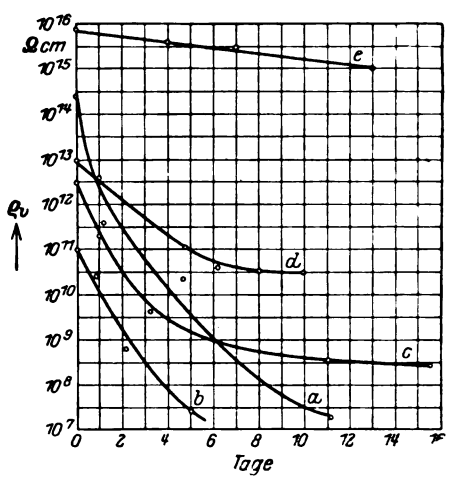
Die hygroskopischen Eigenschaften des Faserstoffes werden also vor allem durch die hygroskopischen Eigenschaften des Kolloids selbst bestimmt, welches den Grundstoff des Materials (Kohlenwasserstoff - Zellulose bei vegetativen Stoffen) bildet. Die Tränkung, durch die die Poren und Kapillaren ausgefüllt werden, vermindert die Berührungsfläche zwischen Kolloid und Luft und verlangsamt dadurch nur die Geschwindigkeit der Feuchtigkeitsaufnahme.

Die Feuchtigkeit kann in getränktes Material auf verschiedenen Wegen eindringen, so z. B. bei Paraffintränkung durch mikroskopische Risse, die sich infolge der großen Volumenverminderung des Paraffins beim Erstarren, infolge des Unterschiedes der Ausdehnungskoeffizienten von Isolierstoff und Paraffin sowie infolge der Brüchigkeit des letzteren bilden können. Hauptsächlich wird jedoch die Feuchtigkeit von der Oberfläche her durch die oberen Fasern eindringen.

Da die Durchtränkung gegen das Eindringen von Feuchtigkeit nicht schützt, so bleibt zur Beseitigung der hygroskopischen Eigenschaften faseriger Isolierstoffe nur ein Mittel übrig: ihre äußere Umkleidung mit dauerhaften wasserdichten Lacküberzügen. Dieses Mittel ist wirksam, wenn das Erzeugnis als Ganzes mit Lack überstrichen wird. Die einzelnen Materialplatten, welche z. B. zur Herstellung irgendwelcher isolierenden Teile bestimmt sind, mit Lack zu bedecken, wird wohl kaum zweckmäßig sein, da bei einer Beschädigung der Lackschicht deren Schutzwirkung stark vermindert wird und leicht ganz aufgehoben werden kann.

Auf den Tränkungsprozeß zurückkommend, müssen wir also zugeben, daß es gegenwärtig kein Tränkungsverfahren gibt, das die hygroskopischen Eigenschaften der Faserstoffe beseitigt (es verbleibt natürlich die wertvolle Beeinflussung der elektrischen Festigkeit durch die Tränkung). Um einen Isolierstoff pflanzlichen Ursprungs unhygroskopisch zu machen, muß man — die Ausdrucksweise der Kolloidchemie benutzend — das Kolloid (die Zellulose) irreversibel, unfähig zur Wasseraufnahme machen. Es ist jedoch zweifelhaft, ob dies gelingen kann, denn alle Verfahren, die Zellulose zu einem irreversiblen Kolloid zu machen (z. B. starke Erwärmung), bringen keinen wesentlichen Gewinn bezüglich Verhinderung der Feuchtigkeitsaufnahme. Durch die Erwärmung wird außerdem die mechanische Festigkeit des Materials stark verringert.

Außer den Stoffen organischen Ursprungs werden in der Elektrotechnik auch poröse hygroskopische Stoffe mineralischen Ursprungs, z. B. Asbest, Marmor, Schiefer und andere Mineralarten angewendet. Von den von uns dargelegten Gesichtspunkten aus betrachtet, sind jedoch deren hygroskopische Eigenschaften anderer Art. Während in den organischen Stoffen die Wasserdämpfe (wir legen Nachdruck darauf, daß es Wasserdämpfe sind; beim Eintauchen des Stoffes in Wasser spielen sich die Vorgänge etwas anders ab) von den Porenwandungen absorbiert werden, kondensieren sie sich tatsächlich in den Poren der anorganischen Stoffe. Verstopft man diese Poren durch Tränkung, so darf erwartet werden, daß das Material unhygroskopisch wird, und der Versuch bestätigt das. Die Kurven der Abb. 2 kennzeichnen die hygroskopischen Eigenschaften von paraffiniertem Preßspan und Asbestpappe. Die Absorption der Feuchtigkeit in Asbestpappe (paraffinierter) ist viel geringer als bei Preßspan, ungeachtet dessen, daß Asbestpappe dennoch teilweise Pflanzenfasern enthält. Der bei 1000 ° geglühte und danach mit Paraffin getränkte Topfstein (Steatit) wies einen wichtigen kleinen Gewichtszuwachs nach seiner Aufbewahrung in feuchter Luft auf. Dementsprechend werden auch die elektrischen Eigenschaften der durchtränkten anorganischen Stoffe in viel geringerem Maße von der Feuchtigkeit beeinflußt, was aus Abb. 8 zu ersehen ist.



a paraffinierter Preßspan
b in Leinöl getränkter Preßspan
c paraffinierte Asbestpappe
d gebrannter Steatit, mit Paraffin getränkt
e mit Kabeltränkmasse getränkter Marmor

Abb. 8. Änderung des spezifischen Widerstandes bei 100% relativer Feuchtigkeit.

Das Bestehen einer gewissen Abhängigkeit der letztgenannten Art für paraffinierte Steinproben läßt sich durch die unerwünschten Eigenschaften des Paraffins, seine Sinterung beim Erstarren und seine Brüchigkeit erklären, weshalb Paraffin die Poren nicht luftdicht ausfüllen kann. Günstiger erweist sich die Kabeltränkmasse; sie besitzt die erwähnten Nachteile nicht, und wie aus Abb. 8 (Kurve *e*) hervorgeht, kann dem mit Kabeltränkmasse imprägnierten Marmor in dem der Beobachtung unterzogenen Bereich die Feuchtigkeit beinahe gar nichts anhaben. Es kann also durch sorgfältige und vollständige Tränkung anorganischer poröser Stoffe erreicht werden, dieselben im Gegensatz zu den organischen unhygroskopisch zu machen und geringe Veränderlichkeit ihrer elektrischen Eigenschaften mit der Feuchtigkeit der Umgebung zu erlangen.

Digitized by Google

Der Durchschlag der Luft im unhomogenen elektrischen Felde bei verschiedenen Spannungsarten*.

Von Erwin Marx, Braunschweig.

Übersicht. Der Vorgang beim Durchschlag von Gasen im unhomogenen elektrischen Felde wird an Hand der Townsendschen Theorie erläutert. Durch das Vorherrschen der positiven Raumladung ergibt sich an der positiven Elektrode eine Feldschwächung und das Herauswachsen langer Entladungskanäle, die den Durchschlag einleiten. An der negativen Elektrode wird im Gegensatz dazu die Feldstärke durch die positiven Raumladungen erhöht. Dieses entgegengesetzte Verhalten von Anode und Kathode läßt die Verschiedenheit der positiven und negativen Entladungsfiguren sowie der Anfangs- und Durchschlagspannungen von unsymmetrischen Anordnungen bei Veränderung der Polarität zwanglos erklären. — Es werden Anwendungen dieser Erkenntnisse gemacht; insbesondere wird die Aufstellung von Schirmen untersucht und beschrieben, die bei richtiger Anordnung einen sehr großen praktischen Nutzen versprechen.

Der Durchschlagvorgang von Gasen ist durch die Townsendsche Theorie in den wesentlichsten Punkten geklärt. Ich will die Punkte der Theorie, die für die späteren Ausführungen von besonderer Wichtigkeit sind, kurz anführen[1]. Die Moleküle aller Stoffe bestehen aus mehreren Atomen. Jedes Atom besitzt einen positiven Kern und Elektronen mit negativer Ladung; die Summen der positiven und negativen Ladungen sind gleichgroß. In Gasen befinden sich stets einige Moleküle, denen ein Elektron fehlt (positive Ionen), ferner freie Elektronen und schließlich Moleküle, denen sich ein solches freies Elektron angelagert hat (negative Ionen). Liegt ein elektrisches Feld vor, so wird auf diese elektrisch nicht neutralen Teile eine Kraft ausgeübt und ihnen dadurch eine Geschwindigkeit erteilt. Rogowski[2] berechnet für eine Feldstärke von 30 kV/cm bei Atmosphärendruck für Elektronen eine Geschwindigkeit von $10^7 \ldots 10^8$ cm/s und für positive Ionen von 10^5 cm/s. Wenn die Geschwindigkeit und dadurch die Bewegungsenergie der Teilchen genügend groß ist, so können sie beim gelegentlichen Aufprall auf Moleküle diese in positive Ionen und Elektronen zerspalten (Stoßionisation). Die Elektronen kommen schon bei geringerer Feldstärke zur Stoßionisation als die positiven Ionen. Bei der Stoßionisation entstehen natürlich gleichviele positive und negative Ladungen. Da die Elektronen nach den oben angegebenen Zahlen viel rascher aus dem Felde herausgezogen werden als die positiven Ionen, so besteht stets in den Gebieten der Stoßionisation eine positive Raumladung. Im homogenen Felde entsteht durch die Raumladung eine Verringerung der Feldstärke vor der Anode und ein hoher Kathodenfall[3].

Aufbauend auf diesen bereits bekannten Tatsachen habe ich versucht, eine Erklärung für die vielfältigen und komplizierten elektrischen Durchschlagerscheinungen im unhomogenen Felde zu finden. Diese Erklärung, die die bisher bekannten Vorgänge in befriedigender Weise verständlich macht, möchte ich zunächst kurz vortragen.

A. Vorgänge beim Durchschlag im unhomogenen Felde[4].

Wenn die positive Elektrode einer Anordnung stärker gekrümmt ist als die negative, so werden bei wachsender Gleichspannung die im Zwischenraum zwischen den Elektroden befindlichen Elektronen, die nach der positiven Elektrode wandern, zuerst in deren Nähe zur Stoßionisation kommen. Es entstehen positive Ionen und Elektronen, von denen die Elektronen infolge ihrer größeren Geschwindigkeit rasch abwandern. Die positiven Ionen bilden Raumladungen, die längere Zeit nahe der Anode bleiben. Die Feldstärke an und in der Nähe der Anode wird dadurch erniedrigt, in dem übrigen Raum dagegen erhöht. Die Stoßionisation der Elektronen hängt von der freien Weglänge ab. Wenn zufällig an einer Stelle Elektronen schon in großer Entfernung von der Anode ionisieren, dann bleiben dort positive Ionen im Raum und erzeugen eine Erhöhung der Feldstärke nach der Kathode hin. Dadurch wird dort die Stoßionisation von weiteren ankommenden Elektronen begünstigt. Wenn also an einer solchen Stelle eine weiter vorgeschobene positive Raumladung vorhanden ist, dann muß sich diese Raumladung selbsttätig weiter verstärken: Die positiven Ionen erhöhen die Feldstärke nach der Kathode hin und dadurch die Stoßionisation, die Stoßionisation erhöht die Zahl der positiven Raumladungen und diese wieder die Feldstärke usw. Eine solche Unregelmäßigkeit ergibt demnach ein gegenseitiges Heraufschaukeln von Ursache und Wirkung. Das Stoßionisierungsgebiet muß an einzelnen, ursprünglich durch Zufall bevorzugten Stellen rasch nach der Kathode hin vorgeschoben werden. Es entsteht dadurch ein Entladungskanal. Ebenso wie an seiner nach der Kathode hin gerichteten Spitze wird dieser mit positiven Ionen angehäufte Kanal auch nach seinen Seiten hin ein hohes Spannungsgefälle erzeugen. Durch die von der Seite hereinwandernden Elektronen wachsen dem Kanal seitliche Äste. Diese Bildung von Entladungskanälen, die von der positiven Elektrode ausgehen, ist für die weiteren Besprechungen ganz besonders wichtig[5]. Die Abb. 1[6] zeigt deutlich diese Verhältnisse. Die von der positiven Spitze ausgehenden Kanäle erreichen z. T. die Kathode. Erst wenn auf der ganzen Länge des Kanals eine genügend große Erwärmung und Leitfähigkeit vorhanden ist, setzt der Durchschlag ein.

Ganz anders liegen die Verhältnisse, wenn die negative Elektrode viel stärker gekrümmt ist als die positive. Bei steigender Spannung kommen die Elektronen zuerst zur Stoßionisation, die zufällig in der Nähe der Kathode sind. Wieder bleiben die entstehenden positiven Ionen länger im Stoßionisierungsgebiet. Diese positive Raumladung erhöht jetzt die an sich schon hohe Feldstärke an und in der Nähe der Kathode; im übrigen Raum wird die Feldstärke verringert. Die Bildung von einzelnen Entladungskanälen ist hier ausgeschlossen. Liegt nämlich durch Zufall in größerer Entfernung von der Kathode Stoßionisation vor, so daß dort eine positive Raumladung entsteht, so wird an dieser Stelle die Feldstärke nach der Anode hin erniedrigt. Eine weitere Stoßionisation von dem vorgeschobenen Gebiet aus wird also verhindert; die positive Raumladung wandert nach dem normalen Ionisierungsgebiet zurück. Aus diesem Grunde wird hier die Grenze des Ionisierungsgebietes durch gleichmäßig breite Streifen gebildet, wie sie Abb. 2[7] zeigt. Das Entladungsgebiet ist trotz der höheren Spannung viel kleiner als in Abb. 1. Der Durchschlag setzt erst dann ein, wenn an der Anode die zur Stoßionisierung nötige Feldstärke herrscht, und wenn dort positive Entladungskanäle entstehen.

Aus dieser Erklärung heraus sind die folgenden durch Versuche bekannten Tatsachen verständlich[8]:

1. Bei Lichtenbergschen Figuren und Gleitfiguren enden die von der Anode ausgehenden Entladungen stets in einzelnen Kanälen mit scharfen Spitzen; die von der Kathode ausgehenden Entladungen enden in breiten Streifen. Die Entladungen an der Kathode sind bei sonst gleichen Verhältnissen viel kleiner als die an der Anode.

2. Die Verschiedenheit der Entladungsfiguren verschwindet, wenn eine hohe Elektronenaffinität besteht, denn durch die rasche Anlagerung der Elektronen an Moleküle fällt der Geschwindigkeitsunterschied zwischen Elektronen und positiven Ionen fast völlig fort.

3. Die Anfangspannung der Glimmentladungen liegt bei stark gekrümmter Kathode niedriger als bei umge-

---

* Vortrag, gehalten im Elektrotechnischen Verein am 18. III. 1930. Besprechung auf S. 1183 dieses Heftes.

[1] Vgl. Townsend, Die Ionisation der Gase, Bd. 1 des Handbuches der Radiologie. Schumann, Elektrische Durchbruchfeldstärke von Gasen. Roth, Hochspannungstechnik, S. 153.

[2] Rogowski, Arch. El. Bd. 16, S. 501 (1926).

[3] Vgl. Rogowski, wie Fußnote 2, S. 499. A. v. Hippel u. J. Franck, Z. Phys. Bd. 57, S. 696 (1929).

[4] Dieser Teil des Vortrages ist hier stark gekürzt wiedergegeben, da er bereits im Arch. El. Bd. 24, S. 61 (1930) veröffentlicht ist.

[5] Eine solche Bildung von einzelnen Kanälen tritt auch im homogenen Felde auf. Dadurch tritt eine Feldverzerrung nicht nur parallel sondern auch senkrecht zu den ursprünglichen Feldlinien ein. Diese Erscheinung erschwert die rechnerische Behandlung sehr.

[6] Entnommen aus Marx, Arch. El. Bd. 20, S. 603 (1928).

[7] Entnommen aus Marx, Arch. El. Bd. 20, S. 604 (1928).

[8] Literatur s. Marx, Arch. El. Bd. 24, S. 61 (1930).

Digitized by Google

kehrter Polarität. Das ergibt sich daraus, daß durch die zuerst einsetzende Stoßionisation der Elektronen die Feldstärke an der Kathode erhöht, dagegen die an der Anode herabgesetzt wird.

Für die Praxis besonders wichtig sind die folgenden Punkte:

4. Die Durchschlagspannung einer stark unhomogenen Anordnung liegt stets dann niedriger, wenn die stärker gekrümmte Elektrode positiv ist. Die Erklärung ist durch die bei starker Krümmung der Anode frühzeitig einsetzenden positiven Entladungskanäle gegeben, die den Durchschlag einleiten.

5. Durch Zwischenschirme können die von der positiven Elektrode ausgehenden Entladungskanäle aufgehalten werden, während die von der negativen Elektrode ausgehenden Entladungen durch die Schirme hindurchgehen. Abb. 3 und 4 zeigen diesen grundsätzlichen Unterschied. Durch den Schirm wird in Abb. 3 die Elektronenzufuhr unterbunden, deshalb können die Kanäle nicht durch den Schirm hindurchwachsen. Längs des Schirmes herrscht fast konstantes Potential. Bei Abb. 4 dagegen liegt in der Nähe der Spitze ein sehr hohes Spannungsgefälle vor, das auch auf die rechte Seite des dünnen Schirmes mit hoher Dielektrizitätskonstante hinübergreift und dort zur Stoßionisation führt.

Alle Punkte 1. ... 5. lassen sich also mit der angeführten Theorie ohne weiteres deuten; es ist deshalb nicht zu zweifeln, daß sich die Vorgänge wenigstens in den Hauptzügen so abspielen, wie es vorstehend erläutert wurde.

Grundsätzlich gelten die angestellten Betrachtungen in fast unveränderter Weise für Gleichspannung und für Spannungstöße. Bei Gleichspannung bewegen sich auch die positiven Ionen. Da jedoch die Elektronen sehr viel rascher sind, bleibt die positive Raumladung bestehen. Bei Spannungstößen können die positiven Ionen als stillstehend angesehen werden. Bei der Erklärung der Vorgänge war auf eine Bewegung der positiven Ionen keine Rücksicht genommen worden, so daß diese Erklärung auch für Spannungstöße zutrifft. Die Geschwindigkeit der Elektronen bei hoher Feldstärke ist so groß, daß sie auch in sehr kurzen Zeiten große Wege durchlaufen können. Die unter 1. ... 5. angeführten Tatsachen gelten deshalb für ruhende Gleichspannung und für Spannungstöße. Bei Wechselspannung wird jede Elektrode abwechselnd zur Anode und zur Kathode. Um die Verhältnisse zu studieren, untersucht man am besten nacheinander die Erscheinungen bei der einen und dann bei der anderen Polarität. Als neu tritt hier hinzu, daß die positiven Ionen und die u. U. vorhandenen negativen Ionen von einer bis zur nächsten Halbwelle z. T. im Gasraum verbleiben.

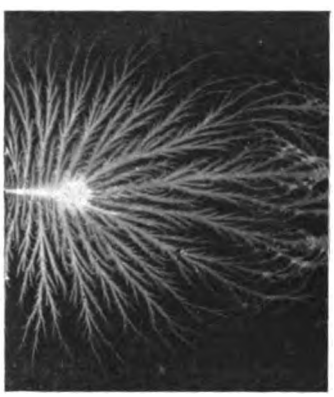


Abb. 1. Entladung zwischen einer positiven Spitze und einer negativen Platte auf einer photographischen Schicht bei einem Spannungstoß von 54 kV_{max}. Die Spitze liegt links auf der photographischen Schicht auf, die Elektrodenplatte steht rechts senkrecht zur photographischen Schicht, Elektrodenabstand 7 cm.
Maßstab 1 : 2.

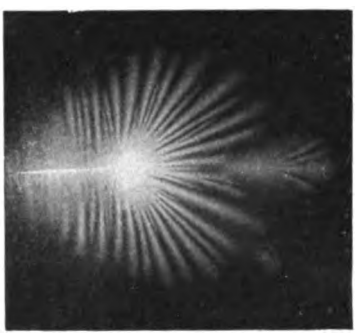


Abb. 2. Entladung zwischen einer negativen Spitze und einer positiven Platte bei 86 kV_{max}, sonst wie Abb. 1.
Natürl. Größe.

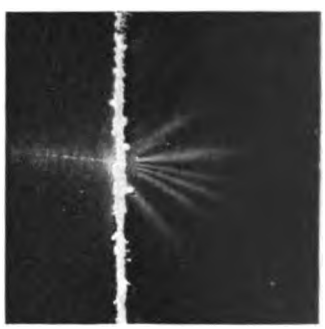


Abb. 4. Aufnahme wie Abb. 2, jedoch mit einem wie in Abb. 3 angebrachten Zwischenschirm.
Natürl. Größe.

B. Praktische Anwendungen.

In der Praxis sind fast ausschließlich Anordnungen mit unhomogenem Felde vorhanden; die Betrachtungen hierüber sind deshalb von besonderer Bedeutung. Es kommt im allgemeinen darauf an, die Durchschlagspannung einer Anordnung bei möglichst kleinem Abstand so hoch wie möglich zu machen. In Luft kann in manchen Fällen ein unvollkommener Durchschlag, also Glimmentladungen, auch bei normalem Betriebzustande zugelassen werden. — Nach dem unter A Gesagten wird der Durchschlag in allen Fällen eingeleitet durch Entladungskanäle, die von der Anode ausgehen. Verhindert man die Bildung oder das Wachsen dieser Entladungskanäle, so setzt man die Durchschlagspannung herauf. Es bestehen hierfür verschiedene Möglichkeiten, die getrennt behandelt werden mögen.

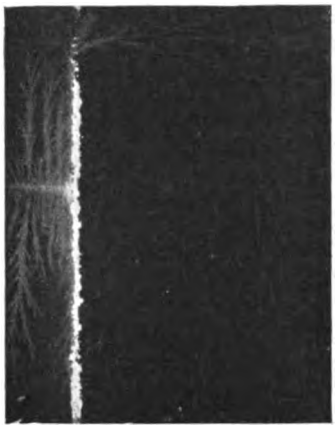


Abb. 3. Aufnahme wie Abb. 1, jedoch mit einem Zwischenschirm aus Glas, der senkrecht auf der photographischen Platte steht und auf diese mit Bakelitelack aufgeklebt ist. Abstand des Schirmes von der Spitze 2 mm.
Maßstab 1 : 2.

Elektrodenform. — Die Anode muß möglichst großen Krümmungsradius erhalten; je größer dieser ist, um so später werden im allgemeinen die Entladungskanäle einsetzen. Bei sehr kleinem Krümmungsradius der Anode treten oft Doppelwerte der Durchschlagspannung ein[9]. Es ist deshalb für die Praxis nicht zu empfehlen, die Anode zur Erhöhung der Durchschlagspannung mit besonders kleinem Krümmungsradius auszuführen, wie das gelegentlich versucht worden ist. Der Krümmungsradius der Kathode ist auf die Durchschlagspannung von viel geringerem Einfluß. Bei starker Krümmung setzen die Entladungen zeitig ein. Die sich bildende positive Raumladung erhöht jedoch die Feldstärke an der Kathode und entlastet somit den übrigen Raum. Dadurch wird die zum Durchschlag nötige Stoßionisation an der Anode erst bei erhöhter Spannung möglich. Bei manchen Anordnungen ergibt sich, daß die Durchschlagspannung von der Krümmung der Kathode ganz unabhängig wird[10]. Bei sehr starker Krümmung der Kathode wächst im allgemeinen die Durchschlagspannung beträchtlich an. Doppelwerte, wie bei starker Krümmung der Anode, wurden nicht beobachtet. Es kommt deshalb praktisch in Frage, die Durchschlagspannung durch sehr kleinen Krümmungsradius der Kathode zu erhöhen. Spezielle Fälle werden später angeführt.

Schirmung. — Ein weiteres Mittel, die Entladungskanäle zu verhindern oder einzuschränken, besteht in der Aufstellung von Schirmen oder Zwischenwänden. Versuche mit solchen Schirmen sind bereits von Steinmetz[11] angestellt worden. Die Tatsache ist bekannt, daß man in manchen Fällen mit Schirmen die Durchschlagspannung erhöhen kann. Nicht bekannt

[9] Vgl. Uhlmann, Arch. El. Bd. 23, S. 326 (1930), Bild 4...6; ähnliche Beobachtungen sind bei anderen Anordnungen gemacht worden.
[10] Vgl. Graf Rebinder, Dissertation T.H. Braunschweig.
[11] Vgl. Roth, Hochspannungstechnik, S. 177/78.

Digitized by Google

war jedoch bisher, wie solche Schirme aufgestellt werden müssen, um die günstigste Wirkung zu erreichen, und daß es bei jeder Anordnung im allgemeinen eine Schirmstellung gibt, bei der der Höchstwert der Durchschlagspannung vorliegt. Der Versuch bestätigt die nach der Theorie zu erwartende Tatsache, daß ein Schirm in einem geringen Abstand von der Anode so aufgestellt werden muß, daß die Entladungskanäle aufgehalten werden und ihr Hinübergreifen nach der Kathode verhindert wird. Auf die Beschaffenheit,

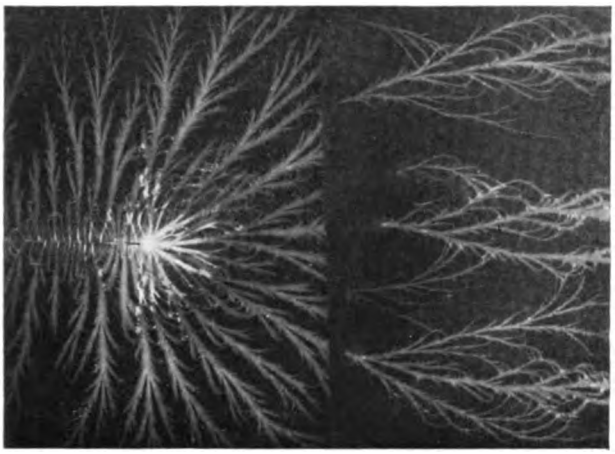
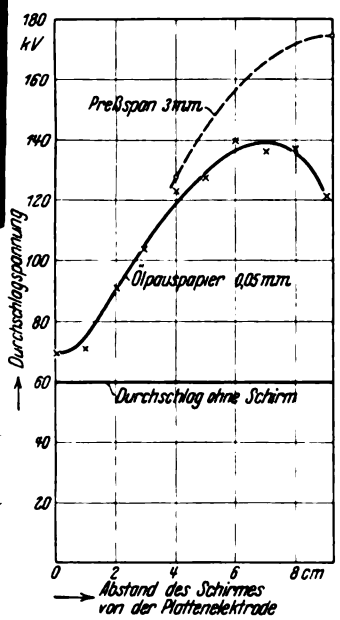


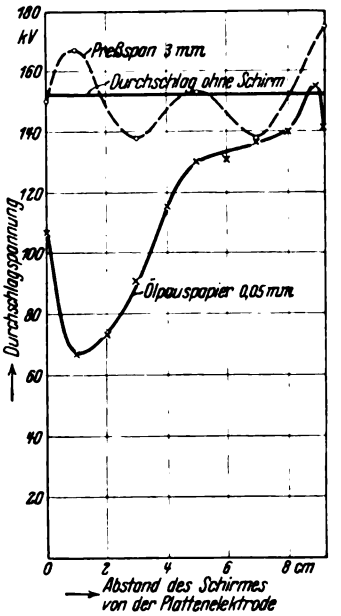
Abb. 5. Aufnahme wie Abb. 1, jedoch mit Zwischenschirm aus Fließpapier.

Leitfähigkeit, Dicke usw. der Schirme kommt es verhältnismäßig wenig an; die Schirme müssen lediglich so beschaffen sein, daß die Elektronenbewegung gehindert wird und daß die Entladungskanäle nicht durch Öffnungen hindurchwachsen können. Abb. 5 zeigt als Beispiel hierfür einen Versuch mit einem Zwischenschirm aus Fließpapier. Es zeigt



Abstand Platte—Spitze 9,3 cm

Abb. 6. Durchschlaggleichspannung zwischen negativer Platte und positiver Spitze mit und ohne Schirm.



Abstand Platte—Spitze 9,3 cm

Abb. 7. Durchschlaggleichspannung zwischen positiver Platte und negativer Spitze mit und ohne Schirm.

sich, daß rechts vom Schirm die Entladungen z. T. weiterlaufen. Dort, wo die Entladungen erst in einiger Entfernung vom Schirm wieder beginnen, haben die Öffnungen, durch die der Kanal gegangen ist, ein Stück oberhalb der photographischen Platte gelegen. Auch dieses Aussetzen der Entladungen rechts vom Schirm beweist, daß die Kanäle allmählich von der Anode aus herausgewachsen sind. Wenn die Kanäle etwa von ihrer Spitze aus nach der Elektrodenspitze hin entstanden wären, dann müßte die Lücke links vom Schirm liegen.

Starke Luftbewegung. — Die Durchschlagspannung läßt sich auch dadurch ganz erheblich erhöhen, daß in dem Zwischenraum zwischen den Elektroden eine starke Luftbewegung hervorgerufen wird. Wie bereits angegeben wurde, setzt der vollkommene Durchschlag erst dann ein, wenn ein von einer Elektrode zur anderen verlaufender Entladungskanal eine genügende Erwärmung und Leitfähigkeit erreicht hat. Durch die intensive Stoßionisation in einem Kanal geraten dort die Moleküle in sehr heftige Bewegung. Diese gesteigerte Bewegung entspricht einer höheren Temperatur, durch die die Luftdichte verringert und die Stoßionisation weiter begünstigt wird. Sorgt man durch Anblasen dafür, daß die Möglichkeit einer Erwärmung der Kanäle verringert wird, dann verringert man auch die Leitfähigkeit der Kanäle und erhöht die Durchschlagspannung.

Das sind z. Z. wohl die wesentlichsten Möglichkeiten, um die Durchschlagspannung in Luft von Atmosphärendruck zu erhöhen. Auf die Elektrodenform und die Schirmung will ich nun getrennt nach den einzelnen Spannungsarten etwas näher eingehen.

I. Gleichspannung.

Bei Gleichspannungsanlagen (Röntgen-, Gasreinigungs-, Prüfanlagen usw.) wird man die Elektrodenform sehr leicht nach den bereits gegebenen Gesichtspunkten wählen können. Der negative Leiter wird bei hoher Spannung sehr dünn, der positive Leiter sehr dick auszuführen sein. Oft wird es am günstigsten sein, den negativen Leiter als sehr dünnen Draht in einem positiven Zylinder zu führen.

Den Erfolg eines Schirmes bei Gleichspannung zeigen die Abb. 6 und 7[12]. Aus Abb. 6 ergibt sich, daß mit einem Schirm aus Ölpauspapier in 7 cm Abstand von der Platte eine Erhöhung der Durchschlagspannung von 60 auf 140 kV, also auf den 2,3fachen Wert erreicht wird. Der Schirm steht also hierbei in nicht zu großem Abstand von der positiven Spitze. Bei sehr geringem Abstand von der Spitze wird die Durchschlagspannung wieder niedriger. Wählt man einen 60mal dickeren Schirm aus Preßspan, so wächst die Durchschlagspannung auf etwa den 3fachen Wert derjenigen ohne Schirm. Bei negativer Spitze tritt nach Abb. 7 im allgemeinen eine Herabsetzung der Durchschlagspannung ein. Die Durchschlagspannung ohne Schirm liegt allerdings hier etwa 2,5mal höher als bei positiver Spitze. Die Herabsetzung der Durchschlagspannung kann man sich wie folgt erklären: Die in der Umgebung der spitzen Kathode auftretenden Entladungen kennzeichnen das Gebiet der positiven Raumladungen, die, wie schon mehrfach erwähnt wurde, die Durchschlagspannung der Anordnung erhöhen. In manchen Stellungen schränkt der Schirm die Entladungen ein und schwächt dadurch die verbessernde Wirkung der positiven Raumladungen ab. Ferner hält der Schirm die aus dem Gebiet der Spitze kommenden Elektronen auf und erhöht dadurch die zwischen Schirm und Anode bestehende Spannung. Bei einem dickeren Preßspanschirm spielt offensichtlich schon die eigene elektrische Festigkeit des Schirmes eine Rolle, so daß die stark herabsetzende Wirkung wegfällt.

II. Spannungstöße.

Die Starkstromanlagen werden hauptsächlich durch Spannungstöße gefährdet. Die betriebsmäßige Wechselspannung kann in den meisten Fällen nicht so hoch steigen, daß ein Überschlag von einem Leiter zum anderen oder von einem Leiter nach der Erde hin eintritt. Durch Aufnahmen mit dem Klydonographen weiß man recht gut Bescheid über die in der Praxis zu Störungen führenden Spannungen; es sind dies ausschließlich Spannungstöße, denen in manchen Fällen hochfrequente Schwingungen überlagert sind[13]. Diese Spannungstöße entstehen in der Hauptsache durch atmosphärische Entladungen, Schaltvorgänge oder Erdschlüsse. Bei der Wahl und Prüfung von Anordnungen und Isolatoren für Starkstromanlagen muß also hauptsächlich auf Spannungstöße Rücksicht genommen werden. Die Polarität dieser Stöße ist verschieden, die Anordnungen müssen also so gewählt werden, daß bei beiden Polaritäten die Durchschlagspannung so hoch wie möglich wird. Über die hierfür zweckmäßig-

[12] Aufnahme Roser, T. H. Braunschweig.
[13] Neuhaus, Siemens-Z. Bd. 9, S. 368 (1929).

Digitized by Google

sten Elektrodenformen wird unter Wechselspannung einiges gesagt werden.

Abb. 8 zeigt die Durchschlagstoßspannung zwischen Spitze und Platte bei verschiedener Polarität mit und ohne Schirm. Der Polaritätsunterschied ohne Schirm ist hier geringer als bei Gleichspannung[14], wieder tritt aber bei positiver Spitze eine ganz erhebliche Erhöhung der Durchschlagspannung durch einen Schirm ein. Im Maxi-

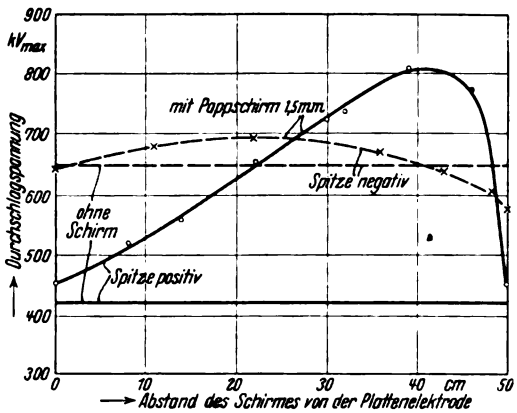


Abb. 8. Durchschlagstoßspannung zwischen Platte und Spitze mit und ohne Schirm.

mum wird die Durchschlagspannung um etwa 400 kV, das ist um etwa 95 %, erhöht. Wenn eine Anordnung Spitze—Platte mit 50 cm Abstand vorliegt, und bei dieser soll die Durchschlagstoßspannung unabhängig von der Polarität so groß wie möglich gemacht werden, so muß ein Schirm etwa in die Mitte zwischen Spitze und Platte gestellt werden. Die Durchschlagspannung liegt dann bei beiden Polaritäten bei etwa 700 kV, also um 67 % höher als im ungünstigeren Falle ohne Schirm.

III. Wechselspannung.

Die meisten Untersuchungen über die elektrische Festigkeit erfolgen heute noch mit Wechselspannung von 50 Hz, obgleich die eigentliche Gefährdung von Hochspannungsanlagen durch Spannungstöße erfolgt. Eine Überschlaggefahr bei Wechselspannung besteht nur bei sehr stark verschmutzten Isolatoren, insbesondere wenn Feuchtigkeit zu der Verschmutzung hinzukommt; ein Durchschlag von festen Stoffen kann auch bei Wechselspannung dann erfolgen, wenn diese Stoffe sich erwärmen oder sonst im Laufe der Zeit schadhaft werden. Trotzdem behalten die Durchschlaguntersuchungen mit Wechselspannung auch in Luft ihre Bedeutung, weil eine hohe Durchschlagwechselspannung auch auf eine hohe Durchschlagstoßspannung schließen läßt.

Bei grundsätzlichen Untersuchungen von Anordnungen mit Wechselspannung ist die Feststellung der Polarität, bei der der Durchschlag erfolgt, unbedingt nötig. Bei stark unsymmetrischen Anordnungen ist ja die Durchschlagspannung in sehr beträchtlichem Maße von der Polarität abhängig; will man die Verhältnisse bei Wechselspannung bessern, so muß man zuerst Maßnahmen zur Erhöhung der Durchschlagspannung bei der Polarität ergreifen, bei der die Durchschlagspannung niedriger liegt.

Die Polarität beim Wechselspannungs-Durchschlag läßt sich mit der in Abb. 9 dargestellten, von H. Buchwald, Braunschweig, angegebenen Schaltung[15] leicht bestimmen. Als Prüfobjekt ist als Beispiel in dieser Schaltung eine Funkenstrecke, bestehend aus gut abgerundeter Platte und Spitze, dargestellt. Bei allmählicher Steigerung der Wechselspannung erfolgt der erste Durchschlag dieser Funkenstrecke bei negativer Platte, d. h. wenn die Spitze gegenüber der Platte positiv ist. Solange der Lichtbogen besteht, fließt ein negativer Strom durch den Widerstand von 10^7 Ω nach der Erde. An der kalten Elektrode des Ventilrohres liegt ebenfalls eine negative Spannung gegen Erde, so daß der Strommesser keinen Strom anzeigen kann. Der Lichtbogen reißt infolge des großen Widerstandes und infolge eines kräftigen Luftstromes, der zwischen den Elektroden hindurchgeblasen wurde, wieder ab und entsteht in jeder Periode neu. Bei 30 cm Abstand zwischen Spitze und Platte trat der erste Durchschlag bei 166 kV_{max} ein (die Spannungsmessung erfolgte durch eine zu der Funkenstrecke Spitze—Platte parallel geschaltete Kugelfunkenstrecke). Eine weitere Steigerung der Spannung ergibt bei 456 kV_{max} plötzlich Durchschläge vom Plattenrande nach der Spitze hin; zugleich schlägt der Strommesser aus. Dieser Versuch beweist, daß von 166 bis 456 kV_{max} nur Durchschläge in der negativen Halbperiode erfolgten; die Durchschlagspannung in der positiven Halbperiode liegt bei 456 kV_{max}. Die verschiedenen Durchschlagwege zeigt Abb. 10. Bei positiver Platte treten Entladungen zuerst an dem gekrümmten Plattenrande (Lötrand) ein; von dort aus erfolgt trotz des viel größeren Weges der Durchschlag. Auch dieser Versuch bestätigt deutlich das unter A. Gesagte:

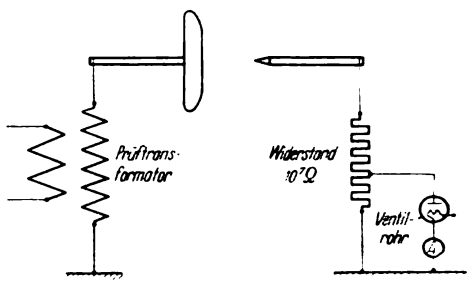


Abb. 9. Schaltung zur Bestimmung der Polarität bei einem Überschlag mit Wechselspannung.

Der Durchschlag einer Anordnung kann erst dann eintreten, wenn an der Anode die zur Stoßionisation durch Elektronen notwendige Feldstärke erreicht ist und wenn durch diese Stoßionisation positive Entladungskanäle von der Anode aus vorwachsen.

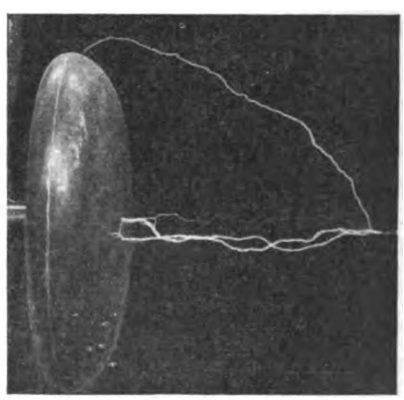


Abb. 10. Überschläge bei Wechselspannung zwischen Spitze und Platte. Die Überschläge zwischen Spitze und Plattenmitte erfolgten bei positiver Spitze, der Überschlag vom Plattenrande nach der Spitze bei negativer Spitze.

Bei anderen Anordnungen treten ebenfalls erhebliche Unterschiede in der Durchschlagspannung beider Halbperioden auf. Beispielsweise wurde an einer Isolatorenkette festgestellt, daß der Überschlag in der positiven Halbwelle des Leiters erfolgt; die negative Überschlagspannung lag erheblich höher. Durch Anbringung von feinen, von der Traverse ausgehenden Drahtspitzen, die nach Art eines Lichtbogenhornes angeordnet waren, also durch Verkleinerung des Krümmungsradius der im Überschlagszeitpunkt negativen Elektrode, wurde die positive Überschlagspannung erhöht. Durch diese Maßnahme wird jedoch zugleich die bei negativem Leiter vorliegende Überschlagspannung erniedrigt. Der Höchstwert der Überschlag-Wechselspannung liegt vor, wenn die positive und negative Überschlagspannung gleich groß sind.

Auch bei Wechselspannung hat die Aufstellung von Schirmen im Zwischenraum zwischen den Elektroden

[14] Vgl. Marx, wie Fußnote 6, Bild 5 ... 8.
[15] Nähere Veröffentlichung steht bevor.

Digitized by Google

eine sehr große Erhöhung der Durchschlagspannung zur Folge, wenn die Schirme in die günstigste Stellung gebracht werden. Bei symmetrischen Anordnungen müssen natürlich bei Wechselspannung beide Elektroden geschirmt werden. Abb. 11 gibt einen Versuch hierüber wieder. Die Durchschlagspannung zwischen 2 Spitzen beträgt bei 30 cm Abstand etwa 110 kV_{eff}; mit zwei dünnen Pappschirmen wird in dem günstigsten Abstand die Durchschlagspannung auf den 3fachen Wert erhöht. Dieser Versuch zeigt, welche außerordentlich große Verbesserung solche Schirme bringen können. Abb. 12 zeigt eine photographische Aufnahme der Elektroden mit den Schirmen. An der linken Spitze liegt die Spannung, die rechte ist geerdet. Der ganze linke Pappschirm ist kurz unterhalb der Durchschlagspannung mit einer stark leuchtenden Glimmhülle bedeckt; das Glimmen beginnt bereits über den oberen und unteren Rand des Schirmes hinauszuwachsen. Zwischen den ebenen Teilen der beiden Pappschirme ist kein Glimmen wahrzunehmen.

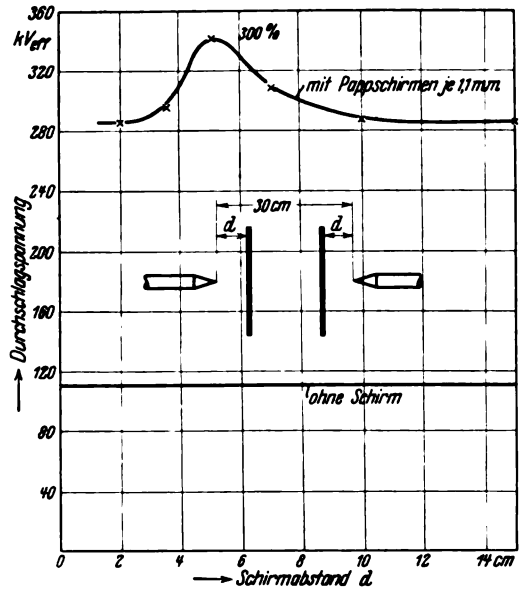


Abb. 11. Durchschlagwechselspannung zwischen zwei Spitzen mit und ohne Schirm.

Die praktische Anwendung eines solchen Schirmes in Luft stellt Abb. 13 dar. Vom 500 kV-Prüftransformator des Hochspannungsinstitutes der T. H. Braunschweig traten bei 480 kV_{eff} Überschläge nach der Decke des Versuchsraumes hin ein. Um sie zu vermeiden, wurde ein Schirm über dem Hochspannungsleiter aufgehängt, nachdem an einem Modell festgestellt worden war, daß die Durchschlagspannung dadurch leicht auf den doppelten Wert erhöht werden konnte.

Solche Schirme werden mit großem Vorteil in allen Hochspannungsanlagen Verwendung finden können. Besonders günstig ist die Wirkung dort, wo das elektrische Feld stark unhomogen ist, also an den Enden von Sammelschienen, an starken Leitungskrümmungen, an den Trennschaltermessern, Leitungskreuzungen usw. Auch die Überschlag- und Durchschlagspannung von Isolatoren läßt sich durch geeignete Schirme wesentlich erhöhen. Es wird dadurch möglich, die Abmessungen von Schaltanlagen erheblich zu verringern.

Auch unter Öl scheinen ganz ähnliche Verhältnisse vorzuliegen wie in Luft. Es wurde schon früher gezeigt, daß Polaritätsunterschiede von unsymmetrischen Anordnungen unter Öl in ähnlicher Weise wie in Luft vorhanden sind[16]. Offenbar spielen bei dem Öldurchschlag Lufteinschlüsse eine große Rolle, so daß die Einleitung des Durchschlages ähnlich wie in Luft vor sich geht. Unter Öl lassen sich auch Gleitfunkenbilder aufnehmen. Der Unterschied zwischen der positiven und negativen Gleitfigur verschwindet hier, wahrscheinlich wegen der hohen Elektronenaffinität, fast völlig. Ab. 14 zeigt eine solche Gleitentladung unter Öl[17]. An den konzentrischen Kreisen ist deutlich eine Rückstufenbildung zu sehen. Schirme können ebenfalls unter Öl mit Erfolg dazu benutzt werden, die Durchschlagspannung zu erhöhen[18]. Auch unter Öl ergibt sich im allgemeinen bei einer bestimmten Stellung der Schirme ein Höchstwert der Durchschlagspannung.

Ich hoffe, daß meine Ausführungen Interesse gefunden haben, und würde mich freuen, wenn sie die Anregung zu weiteren Untersuchungen bilden würden. — Der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft, die die Einrichtungen zur Durchführung der Versuche zur Verfügung stellte, sei herzlich hierfür gedankt[19].

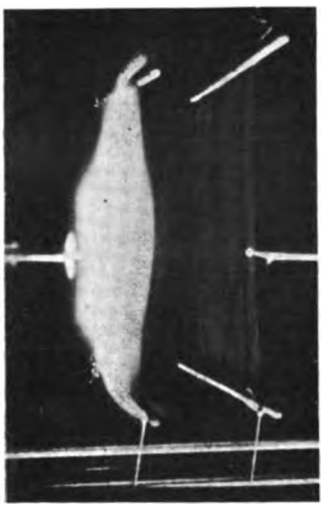


Abb. 12. Vorentladungen an einem Pappschirm bei 300 kV_{eff}. Anordnung nach Abb. 11.

Abb. 13. Schirm über einer Transformatorausführung zur Verhinderung von Überschlägen nach der Decke

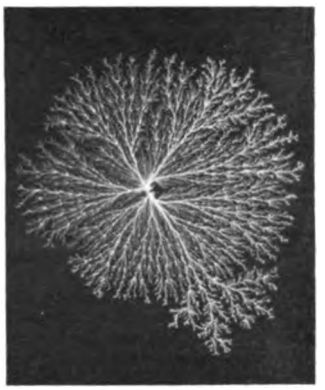


Abb. 14. Gleitfunken unter Öl.

[16] Marx, Arch. El. Bd. 20, S. 597 (1928).
[17] Aufnahme Staack, T. H. Braunschweig.
[18] Vgl. Roth, Hochspannungstechnik, S. 140. Die Schirme haben bekanntlich außerdem den Vorzug, die Faserbrückenbildung von einer zur anderen Elektrode zu verhindern.
[19] Der Vortrag wurde durch die Vorführung von Hochspannungsversuchen mit Gleichspannung, Spannungstößen und Wechselspannung ergänzt. Ich bin Herrn Prof. Matthias für die leihweise Überlassung von Versuchseinrichtungen sowie seinen Herren Assistenten Czemper, Hecht und Schaudin für ihre Unterstützung bei Aufbau und Ausführung der Versuche sehr dankbar.

Digitized by Google

Temperaturanstieg in elektrischen Maschinen.

(Mitteilung aus dem Elektrotechnischen Institut der Technischen Hochschule Stuttgart.)

Von **Herbert Jehle**, Berlin.

Übersicht. Der Versuch zeigt, daß die Erwärmungskurven oft auch nicht annähernd einfache Exponentialkurven sind. Die nach solchen bisher meist durchgeführten Erwärmungsberechnungen liefern für kurzzeitigen Betrieb (z. B. stoßweise Überlastung) um ein Vielfaches zu niedrige Erwärmungswerte gerade der empfindlichsten Maschinenteile. Die vorliegende, im Juli 1929 abgefaßte Arbeit gibt durch Rechnung und Versuche Anhaltspunkte für die tatsächlichen Verhältnisse[1].

I. Einleitung.

Wie läßt sich die Erwärmungskurve darstellen? Bei indirekt geheizten Körpern weist die Theorie darauf hin, daß die Erwärmungskurve durch Überlagerung von 2 Exponentialkurven entsteht. Daher kann man erwarten, in vielen Fällen die Erwärmungskurve genügend genau durch zwei Exponentialkurven wiederzugeben. In der Berechnung geschieht dies dadurch, daß man die Maschine in einen inneren und in einen äußeren, gegenüber dem inneren meist großen Teil zerlegt. Zeitkonstanten und Größen der beiden Exponentialkurven werden in einer Näherungsrechnung mit bekannten Größen verglichen. Es entsteht dann ferner die Aufgabe, eine vorgelegte Erwärmungskurve in zwei Exponentialkurven zu zerlegen und die Konstanten dieser Kurven zu bestimmen, was unter III an verschiedenen Beispielen durchgeführt ist. Im nachstehenden werden folgende Bezeichnungen benutzt werden:

A Wärmeableitung [kcal/°C, h],
C Wärmekapazität [kcal/°C],
Q erzeugte Wärme [kcal/h],
T Zeitkonstante [h],
b Wärmeerzeugungskonstante,
c konstanter Koeffizient,
i, k Indices,
t Zeit [h],
Θ Enderwärmung [°C],
ϑ Erwärmung [°C].

Als Beispiel für einen aus zwei e-Kurven bestehenden Erwärmungsvorgang diene der elektrische Tauchsieder. Das erwärmte Aggregat besteht aus einem inneren Teil, dem Tauchsieder, und einem äußeren, unvergleichlich größeren, dem Wasserbehälter. Zuerst erwärmt sich der Tauchsieder mit kleiner Zeitkonstante auf eine bestimmte Übertemperatur gegen das Wasser, das zuerst kalt ist. Mit der langsam ansteigenden Erwärmung desselben steigt auch noch die Temperatur des Tauchsieders an. In erster Näherung können wir sagen: die Erwärmungskurve setzt sich zusammen aus dem Temperaturanstieg des Tauchsieders bei konstanter Wassertemperatur und aus dem Temperaturanstieg des Wassers. Dieselben Verhältnisse liegen bei einer elektrischen Maschine, z. B. beim Transformator, vor. Da ist es bei hoher Überlast von großer Bedeutung, wie der Temperaturanstieg verläuft. Abb. 1, die den unten ausgewerteten Transformatorversuch darstellt, möge dies erläutern. Die zwei Komponenten der tatsächlichen Erwärmungskurve ϑ_1 sind punktiert gezeichnet. Die gestrichelte Linie zeigt den aus einer Zeitkonstante (Zeitkonstante des Transformators) berechneten Temperaturanstieg. Wir sehen, daß zu einer bestimmten Zeit t (strichpunktierte Linie) die tatsächliche Temperatur dreimal so groß wie die aus einer Zeitkonstante errechnete ist, d. h. auf den Fall der Überlastung übertragen, daß die Wicklung in dreimal so kurzer Zeit durchbrennt. Wir werden später sehen, daß in Wirklichkeit die Verhältnisse noch krasser sind. Aufgabe der vorliegenden Arbeit soll sein, diese Erwärmungsverhältnisse so zu beleuchten, daß es möglich ist, aus bekannten Werten den Temperaturanstieg für verschiedene Belastungsfälle praktisch übersehen zu können.

Eine elektrische Maschine besteht meistens aus mehreren Körpern, die, wenn man den Wärmestrom betrachtet, parallel und hintereinander geschaltet sind. Eine genaue Berechnung der Erwärmung eines solch komplizierten Gebildes hat deshalb wenig Zweck, weil die zur Ausrechnung nötigen Konstanten unbekannt sind. Wir werden sehen, daß die Aufteilung der Maschine in zwei Teile eine Näherungsauswertung gestattet, welche vor allem eine schnelle Übersicht über die Verhältnisse ermöglicht. Einen Motor spalten wir beispielsweise in: 1. Läufer und 2. Ständer mit Gehäuse auf, einen Transformator in: 1. Eisenkern mit Wicklung und 2. Öl mit Kasten, einen Topfmagneten in: 1. Wicklung und 2. Eisen usw. 1. soll dabei immer die Gruppe mit

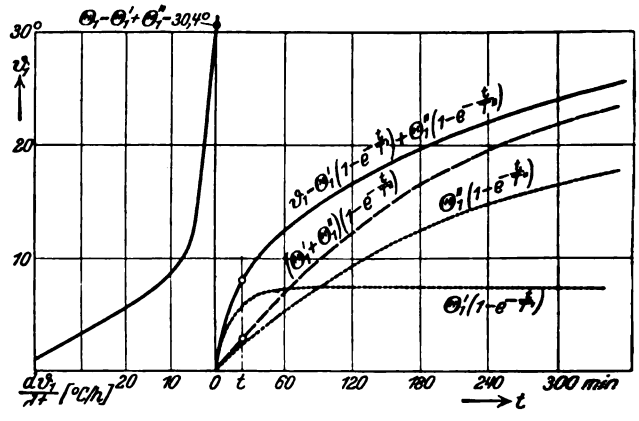
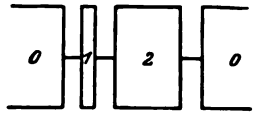


Abb. 1. Aufteilung der gemessenen Wicklungserwärmung eines Öltransformators in zwei Exponentialkurven (punktiert) und Vergleich mit der Darstellung durch eine einzige (gestrichelt).

kleiner, 2. die mit großer Wärmekapazität sein. Außerdem soll in großen Zügen der Wärmestrom den in Abb. 2 aufgezeichneten Verlauf haben. *0* bedeutet das Kühlmittel von konstanter Temperatur 0. Ein Transformator entsteht z. B. dadurch, daß A_{10} und Q_2 je gleich Null sind.



Wärmeableitung	A_{10}	A_{12}	A_{20}
Wärmekapazität	∞	C_1	C_2	∞
erzeugte Wärme	0	Q_1	Q_2	0

Abb. 2. Erwärmungsschema.

Der Gang der Berechnung ist nun folgender: Nach der exakten Rechnung werden für die Zeitkonstanten T' und T'' sowie für die Größen Θ' und Θ'' Näherungswerte gesucht. Eine Reihenentwicklung nach den bekannten Größen T_1 (s. unten) usw. war nicht möglich. Schließlich wird die Rechnung mit den Versuchen verglichen.

II. Berechnung der Erwärmungskurven.

Wir wollen konstante Belastungen Q zugrundelegen. Die Indices 0, 1, 2, i, k unten an den Größen A, C, Q, ϑ, Θ, b beziehen sich auf die in obigem Erwärmungsschema angegebenen Körper. Die Striche oben beziehen sich auf die beiden Komponenten der resultierenden Erwärmungskurve (s. Abb. 1). Da die nächsten Gleichungen sich so gut auf Körper 1 wie auf 2 beziehen, werden die Indices i und k eingeführt, so daß nur die halbe Anzahl Gleichungen geschrieben werden muß. Jede Gleichung stellt also ein Gleichungssystem von zwei Gleichungen dar, entsprechend den Wertepaaren

$$\left\{\begin{matrix} i=1 \\ k=2 \end{matrix}\right\} \quad \text{und} \quad \left\{\begin{matrix} i=2 \\ k=1 \end{matrix}\right\}.$$

Die Wärmebilanz liefert

$$Q_i = C_i \frac{\mathrm{d}\,\vartheta_i}{\mathrm{d}\,t} + A_{i0}\,\vartheta_i + A_{ik}(\vartheta_i - \vartheta_k); \quad \ldots \quad (1)$$

nach einer Zeile Zwischenrechnung ergibt die Elimination von ϑ_k aus dem Gleichungssystem (1):

$$C_i C_k \frac{\mathrm{d}^2\,\vartheta_i}{\mathrm{d}\,t^2} + [(A_{k0} + A_{ki})\,C_i + (A_{i0} + A_{ik})\,C_k] \frac{\mathrm{d}\,\vartheta_i}{\mathrm{d}\,t} + (A_{i0}\,A_{k0} + A_{i0}\,A_{ki} + A_{k0}\,A_{ik})\,\vartheta_i = (A_{k0} + A_{ki})\,Q_i + A_{ik}\,Q_k.$$

[1] Literatur: Ölschläger, Wiss. Veröff. Siem.-Konz. Bd. 3, S. 29. S. a. Osborne, ETZ 1930, S. 902.

Digitized by Google

Wegen Symmetrie dieser Koeffizienten definieren wir:

$$\left.\begin{aligned} C_i\,C_k &= C_1\,C_2 \\ [(A_{k0}+A_{ki})\,C_i+(A_{i0}+A_{ik})\,C_k] &= [(A_{20}+A_{12})\,C_1+(A_{10}+A_{12})\,C_2] \equiv c_2 \\ (A_{i0}\,A_{k0}+A_{i0}\,A_{ki}+A_{k0}\,A_{ik}) &= (A_{10}\,A_{20}+A_{10}\,A_{12}+A_{20}\,A_{12}) \equiv c_3 \end{aligned}\right\} \equiv c_1$$

$$(A_{k0}+A_{ki})\,Q_i+A_{ik}\,Q_k=(A_{k0}+A_{12})\,Q_i+A_{12}\,Q_k \equiv b_i. \quad (3)$$

Damit wird

$$\left(c_1\frac{\mathrm{d}^2}{\mathrm{d}\,t^2}+c_2\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}\,t}+c_3\right)\vartheta_i=b_i. \quad \ldots\ldots (4)$$

Der Lösungsansatz der homogenen Gleichung

$$\vartheta_i=e^{-\frac{t}{T}} \quad \ldots\ldots\ldots (5)$$

liefert aus

$$\frac{c_1}{T^2}-\frac{c_2}{T}+c_3=\left(\frac{1}{T}-\frac{1}{T'}\right)\left(\frac{1}{T}-\frac{1}{T''}\right)=0 \quad . (6)$$

zwei Werte T' und T'', welche sowohl für die Erwärmungs- als auch für die Abkühlungskurve, sowohl für Körper 1 als auch für Körper 2 gelten.

Für die Erwärmungskurve machen wir den Ansatz

$$\vartheta_i=\Theta_i'\left(1-e^{-\frac{t}{T'}}\right)+\Theta_i''\left(1-e^{-\frac{t}{T''}}\right) \ldots (7)$$

Die Größen Θ_i' und Θ_i'' ergeben sich aus den Randbedingungen (s. unten).

Als Ergebnis einer kurzen Zwischenrechnung sei noch bemerkt, daß die Abkühlungskurve für den Fall, daß dieselbe nach Erreichung des stationären Erwärmungszustandes beginnt, die Gleichung

$$\vartheta_i=\Theta_i'\,e^{-\frac{t}{T'}}+\Theta_i''\,e^{-\frac{t}{T''}} \quad \ldots\ldots (8)$$

hat. Dabei sind Θ_i' und Θ_i'' dieselben Werte wie in Gl. (7).

Der erste Teil der nun folgenden Näherungsrechnung beschäftigt sich damit, die Größen T' und T'' zu untersuchen. Da in der folgenden Rechnung zwischen dem Teil 1 und Teil 2 der Maschine unterschieden wird, verschwinden die Indices i und k.

Wir definieren zwei Größen:

$$T_1=\frac{C_1}{A_{10}+A_{12}} \quad \ldots\ldots\ldots (9)$$

$$T_2=\frac{C_2}{A_{20}+\dfrac{1}{\dfrac{1}{A_{10}}+\dfrac{1}{A_{12}}}}=\frac{C_2\,(A_{10}+A_{12})}{(A_{10}\,A_{20}+A_{10}\,A_{12}+A_{20}\,A_{12})}. \quad (10)$$

Denken wir uns einmal C_1 unendlich klein gegenüber C_2, so können wir diese Größen wie folgt interpretieren:

T_1 ist die Zeitkonstante der Erwärmung, wenn der Körper 1 allein erhitzt wird ($Q_2=0$), denn wegen der Größe des Körpers 2 bleibt dieser kalt.

T_2 ist die Zeitkonstante der Erwärmung, wenn der Körper 2 allein erhitzt wird ($Q_1=0$), denn wegen der geringen Kapazität des Körpers 1 können wir uns denselben als Metallfolie vorstellen. Der Körper 2 gibt seine Wärme beiderseits an das Kühlmittel 0 ab.

Die nun folgende Rechnung stützt sich auf die Voraussetzung

$$T_1 \ll T_2,$$

was bei elektrischen Maschinen ungefähr der Bedingung

$$C_1 \ll C_2$$

gleichkommt.

Wir behaupten nun, daß

$$T' \approx T_1 \quad \text{und} \quad T'' \approx T_2. \quad \ldots\ldots (11)$$

Dies ist der Fall, wenn T_1 und T_2 die Bestimmungsgleichung (6) erfüllen. Es ist

$$\left(\frac{1}{T}-\frac{1}{T_1}\right)\left(\frac{1}{T}-\frac{1}{T_2}\right)=\frac{1}{T^2}-\left(\frac{1}{T_1}+\frac{1}{T_2}\right)\frac{1}{T}+\frac{1}{T_1\,T_2};$$

ferner ist

$$T_1\,T_2=\frac{c_1}{c_3}$$

und

$$\frac{1}{T_1}+\frac{1}{T_2}\approx$$

$$\frac{(A_{10}+A_{12})\,C_2+\dfrac{A_{10}\,A_{20}+A_{12}\,A_{20}+A_{10}\,A_{12}+\overbrace{A_{12}\,A_{12}}}{A_{10}+A_{12}}\,C_1}{C_1\,C_2}=\frac{c_2}{c_1}.$$

Die hier durch Hinzufügen des Gliedes $\overbrace{\quad}$ vorgenommene Näherung ist sehr gut, weil das hinzugefügte Glied nur einen Bruchteil von $\frac{1}{T_2}$ ausmacht $\left(\frac{1}{T_2} \ll \frac{1}{T_1}\right)$. Damit wird

$$\left(\frac{1}{T}-\frac{1}{T_1}\right)\left(\frac{1}{T}-\frac{1}{T_2}\right)\approx\frac{1}{c_1}\left\{\frac{c_1}{T^2}-\frac{c_2}{T}+c_3\right\}=0. \quad (6a)$$

Die Werte T' und T'' können vor dem Bau einer Maschine somit nach Gl. (11), (9) und (10) leicht berechnet oder auch experimentell aus einer beliebigen Erwärmungskurve bestimmt werden (s. Abschn. III).

Der zweite Teil der Näherungsrechnung soll sich mit den Werten Θ_i' und Θ_i'' befassen. Die Randbedingungen für den Erwärmungsvorgang sind:

1) $t=\infty$, $\quad \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}\,t}=0$, $\quad \frac{\mathrm{d}^2}{\mathrm{d}\,t^2}=0$;

Gl. (4) liefert:

$$\text{Enderwärmung } \frac{b_i}{c_3}=\underline{\Theta_i=\Theta_i'+\Theta_i''}. \quad (12)$$

2) $t=0$, $\quad \vartheta_i=\vartheta_k=0$;

Gl. (1) und (7) liefern:

$$Q_i=C_i\frac{\mathrm{d}\,\vartheta_i}{\mathrm{d}\,t}=C_i\left(\frac{\Theta_i'}{T'}+\frac{\Theta_i''}{T''}\right). \quad \ldots\ldots (13)$$

Θ_i' und Θ_i'' können für einen normalen Betriebsfall experimentell bestimmt werden (s. unten), können aber auch, da Q_i und C_i bekannt sind, im voraus berechnet werden.

Uns interessiert nun, wie sich die als bekannt vorausgesetzte Endtemperatur Θ_i auf die beiden Komponenten Θ_i' und Θ_i'' verteilt. Wir berechnen deren Verhältnis aus Gl. (12) und (13) und erhalten nach einiger Zwischenrechnung unter Benutzung der Näherung $T'=T_1$ und $T''=T_2$:

$$\frac{\Theta_i'}{\Theta_i''}=-\frac{c_1\,Q_i-b_i\,C_i\,T_1}{c_1\,Q_i-b_i\,C_i\,T_2}. \quad \ldots\ldots (14)$$

Da nur der Temperaturanstieg des schnell sich erwärmenden Körpers 1 interessant ist, werten wir Gl. (14) mit $i=1$ aus:

$$\frac{\Theta_1'}{\Theta_1''}=\frac{A_{10}\,A_{20}+A_{10}\,A_{12}+A_{20}\,A_{12}}{(A_{10}+A_{12})\,Q_2+A_{12}\,Q_1} \times\frac{[(A_{10}+A_{12})\,C_2-(A_{20}+A_{12})\,C_1]\,Q_1-A_{12}\,C_1\,Q_2}{C_2\,A_{12}\,(A_{10}+A_{12})}. \quad (15)$$

Um einen notdürftigen Begriff von diesem Verhältnis zu bekommen, vergleichen wir es in einigen Sonderfällen mit dem Verhältnis

$$\frac{\text{Endtemperatur von Körper 1 über Körper 2}}{\text{Endtemperatur von 2}}$$

$$(\Theta_1=(\Theta_1-\Theta_2)+\Theta_2).$$

Analog $\frac{\Theta_1'}{\Theta_1''}$ $\quad (\Theta_1=\Theta_1'+\Theta_1'')$ bilden wir also

$$\frac{\Theta_1-\Theta_2}{\Theta_2}=\frac{b_1-b_2}{b_2}=\frac{A_{20}\,Q_1-A_{10}\,Q_2}{(A_{10}+A_{12})\,Q_2+A_{12}\,Q_1}. \quad (16)$$

[vgl. Gl. (12)].

Bei den nun folgenden Vergleichen von Sonderfällen muß leider vorausgesetzt werden, daß die Wärmeableitungen A_{10}, A_{20}, A_{12} sowie die erzeugten Wärmemengen Q_1, Q_2 je von gleicher Größenordnung sind, abgesehen von den gleich Null gesetzten Größen. Außerdem ist, im Gegensatz zu der gleichen Größenordnung von A und Q, wieder $T_1 \ll T_2$, d. h. unter obiger Voraussetzung auch $C_1 \ll C_2$. Da diese Voraussetzungen oft nicht zutreffen, müssen die folgenden Näherungen sehr mit Vorsicht gebraucht werden.

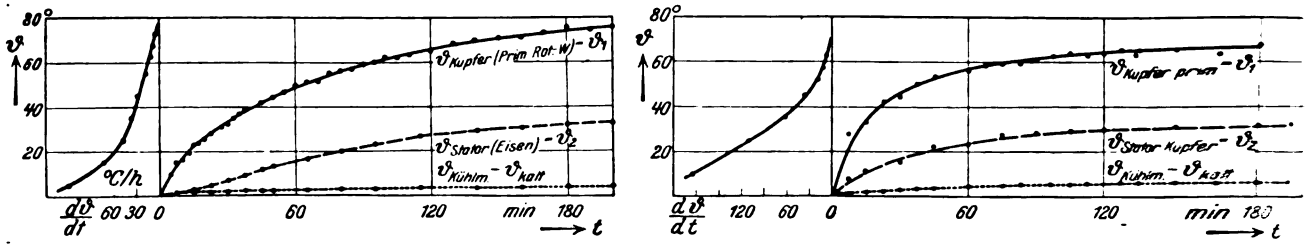
1) $\underline{Q_1=0}$:

$$\frac{\Theta_1-\Theta_2}{\Theta_2}=\frac{-A_{10}}{A_{10}+A_{12}}, \qquad \frac{\Theta_1'}{\Theta_1''}\approx 0.$$

2) $\underline{Q_2=0}$:

$$\frac{\Theta_1-\Theta_2}{\Theta_2}=\frac{A_{20}}{A_{12}}, \quad \frac{\Theta_1'}{\Theta_1''}\approx\frac{A_{20}}{A_{12}}+\frac{A_{10}}{A_{12}}+\frac{A_{10}\,A_{20}}{A_{12}^2}>\frac{\Theta_1-\Theta_2}{\Theta_2}$$

Digitized by Google



a) b)

a) $n = 650$ U/min, Maschine geschlossen
$Q_1 = 0{,}95 \times$ Nennwert, $Q_2 = 1{,}5 \times$ Nennwert
$\Theta_1 = 78°$, $\Theta_1' = 10{,}6°$, $\Theta_1'' = 67{,}4°$
$T' = 6{,}5$ min, $T'' = 71$ min

b) $n = 1275$ U/min, Maschine geöffnet
$Q_1 = 1{,}2 \times$ Nennwert, $Q_2 = 1{,}5 \times$ Nennwert
$\Theta_1 = 70°$, $\Theta_1' = 30°$, $\Theta_1'' = 40°$
$T' = 8$ min, $T'' = 50$ min

Abb. 3. Erwärmung eines Drehstrom-Nebenschlußmotors 3,3/7,5 kW mit Drehzahlregelung.

3) $\underline{A_{10} = 0}$ (völlig gekapselter Motor, Grenzfall des Drehstrom-Nebenschlußmotors):

$$\frac{\Theta_1 - \Theta_2}{\Theta_2} = \frac{A_{02}\, Q_1}{A_{12}(Q_2 + Q_1)}, \qquad \frac{\Theta_1'}{\Theta_1''} \approx \frac{A_{02}\, Q_1}{A_{12}(Q_2 + Q_1)} = \frac{\Theta_1 - \Theta_2}{\Theta_2}$$

4) $\underline{A_{12} = 0}$ (Erwärmung zweier getrennter Körper):

$$\frac{\Theta_1 - \Theta_2}{\Theta_2} = \frac{A_{20}\, Q_1 - A_{10}\, Q_2}{A_{10}\, Q_2}, \qquad \frac{\Theta_1'}{\Theta_1''} \approx \infty.$$

5) $\underline{A_{20} = 0}$ (Erwärmung eines Rotors: 1 = Kupferwicklung, 2 = Eisenkörper):

$$\frac{\Theta_1 - \Theta_2}{\Theta_2} = \frac{-A_{10}\, Q_2}{(A_{10} + A_{12})\, Q_2 + A_{12}\, Q_1},$$

$$\frac{\Theta_1'}{\Theta_1''} \approx \frac{A_{10}\, Q_1}{(A_{10} + A_{12})\, Q_2 + A_{12}\, Q_1} = -\frac{Q_1}{Q_2}\,\frac{\Theta_1 - \Theta_2}{\Theta_2}.$$

6) $\underline{A_{01} = 0,\ Q_2 = 0}$ (Transformator, Tauchsieder, Gleichstrom-Topfmagnet, Kabel)

$$\frac{\Theta_1 - \Theta_2}{\Theta_2} = \frac{A_{02}}{A_{12}}, \qquad \frac{\Theta_1'}{\Theta_1''} \approx \frac{A_{02}}{A_{12}} = \frac{\Theta_1 - \Theta_2}{\Theta_2}.$$

7) $\underline{Q_1 = Q_2}$:

$$\frac{\Theta_1 - \Theta_2}{\Theta_2} = \frac{A_{20} - A_{10}}{A_{10} + 2\,A_{12}},$$

$$\frac{\Theta_1'}{\Theta_1''} \approx \frac{A_{20} + A_{10} + \dfrac{A_{10}\, A_{20}}{A_{12}}}{A_{10} + 2\,A_{12}} > \frac{\Theta_1 - \Theta_2}{\Theta_2}.$$

8) $\underline{A_{10} = A_{20} = A_{12}}$:

$$\frac{\Theta_1 - \Theta_2}{\Theta_2} = \frac{Q_1 - Q_2}{2\,Q_2 + Q_1}, \qquad \frac{\Theta_1'}{\Theta_1''} \approx \frac{3\,Q_1}{2\,Q_2 + Q_1} > \frac{\Theta_1 - \Theta_2}{\Theta_2}.$$

9) $\underline{Q_1 = Q_2,\ A_{10} = A_{20} = A_{12}}$:

$$\frac{\Theta_1 - \Theta_2}{\Theta_2} = 0, \qquad \frac{\Theta_1'}{\Theta_1''} \approx 1.$$

Die Werte $\frac{\Theta_1 - \Theta_2}{\Theta_2}$ sowie $\Theta_1 = \Theta_1' + \Theta_1''$ können entweder berechnet oder noch besser bei beliebiger Belastung gemessen und im Verhältnis der bekannten Größen Q umgerechnet werden.

Wir bekamen einen Überblick über den Temperaturanstieg und wollen nun die Meßergebnisse betrachten.

III. Auswertung der Messung.

Um aus den Versuchen die Werte T' und T'' sowie Θ_1' und Θ_1'' zu erhalten, tragen wir die Erwärmungskurven in logarithmischem Maßstab auf (s. unten; vgl. A. Oelschläger[2]).

Es ist

$$\vartheta = \Theta'\left(1 - e^{-\frac{t}{T'}}\right) + \Theta''\left(1 - e^{-\frac{t}{T''}}\right); \quad \ldots \quad (17)$$

zur Zeit $t \gg T'$ ist $e^{-\frac{t}{T'}} \approx 0$ und

$$\vartheta = \Theta - \Theta'' e^{-\frac{t}{T''}},$$

$$\ln(\Theta - \vartheta) = \ln \Theta'' - \frac{t}{T''}, \quad \ldots \ldots \quad (18)$$

$$\frac{\mathrm{d} \ln(\Theta - \vartheta)}{\mathrm{d}\, t} = -\frac{t}{T''}. \quad \ldots \ldots \quad (19)$$

[2] Ölschläger, wie Fußnote 1.

Wir tragen $\ln(\Theta - \vartheta)$ in Funktion von t auf und erhalten nach Gl. (19) aus dieser bei großem t als Gerade verlaufenden Erwärmungskurve T'' und aus Gl. (18) durch Verlängern dieser Geraden den Ordinatenabschnitt $\ln \Theta''$.

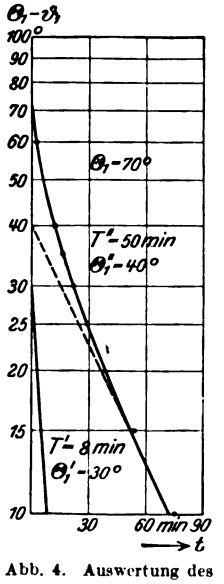


Abb. 4. Auswertung des Versuchs Abb. 3 b.

Bei kleinem t läßt sich

$$\Theta' e^{-\frac{t}{T'}} = (\Theta - \vartheta) - \Theta'' e^{-\frac{t}{T''}}$$

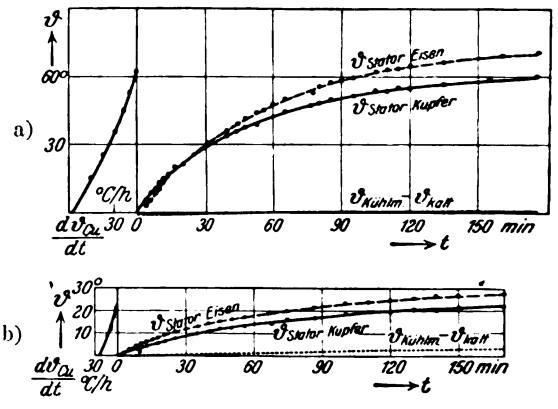
als Abschnitt zwischen Erwärmungskurve und verlängerter Gerade ablesen, T' bestimmen wir aus

$$\frac{\mathrm{d} \ln \Theta' e^{-\frac{t}{T'}}}{\mathrm{d}\, t} = -\frac{1}{T'}, \quad (19$$

Θ' aus Gl. (12).

Die mit dem Drehstrom-Nebenschlußmotor angestellten Versuche (Abb. 3 u. 4) zeigen, daß Θ_1' bei hohen Belastungen beinahe gleich der Übertemperatur des Rotors über den Stator ist. Die Zeitkonstanten nehmen bei zunehmender Lüftung ab. Bei sehr hoher Überlast wird $\frac{\Theta_1'}{\Theta_1''}$ noch etwas größer, weil dann die Rotorwicklung allein den Körper 1 darstellt.

Die an einem offenen Drehstrom-Asynchronmotor angestellten Versuche (Abb. 5), bei welchem 1 das Statorkupfer, 2 das Statoreisen darstellen sollte, hatten



a) Kupferwärme $Q_1 = 2{,}9 \times$ Nennwert, b) $Q_1 = 0{,}4 \times$ Nennwert, Eisenwärme (Q_2) und Lüftung (A) bei a) und b) gleich

Abb. 5. Erwärmungskurven eines offenen Drehstrom-Käfigankermotors 2,2 kW, 1500 U/min.

insofern ein negatives Ergebnis, als die Verteilung der Belastung auf 1 und 2 auch bei hoher Belastung keinen

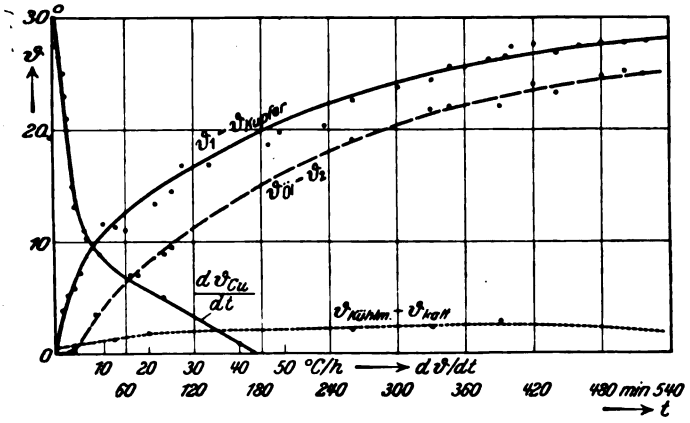
[3] Als ϑ wurde immer der Wert

$$\vartheta = \frac{R_w - R_k}{R_k}(235 + \vartheta_{kalt}) \quad \text{bzw.} \quad \vartheta = \tau_{warm} - \tau_{kalt}$$

aufgetragen.

Digitized by Google

meßbaren Einfluß auf die Form der Erwärmungskurve hatte. Wir können also bei solchen Maschinen bei nicht zu hoher Überlast das Eisen und die darin eingebettete Wicklung als ein Stück ansehen. Die Krümmung der jeweils links aufgezeichneten Temperaturanstiegkurve rührt von der Erwärmung des Läufers her



Q_1 Stromwärme = Nennwert, Eisenwärme = 0,18 × Nennwert. $Q_2 = 0$

Abb. 6. Erwärmungskurve eines dreiphasigen luftgekühlten Öltransformators in Sparschaltung, 27 kW, 500 V.

Endlich zeigt der mit einem Öltransformator angestellte Versuch (Abb. 6 u. 7) ein dem Drehstrom-Nebenschlußmotor ähnliches Verhalten. Eisenkern und Wicklung stellen den Körper 1 dar. Bei hoher Überlastung tritt auch hier die Wicklung allein an die Stelle des Körpers 1, wobei die entsprechend geringere Wärmeableitung das Verhältnis $\frac{\Theta_1'}{\Theta_1''}$ vergrößert.

Alle diese Versuche zeigen, daß die Aufspaltung der normalen elektrischen Maschinen kleiner und mittlerer

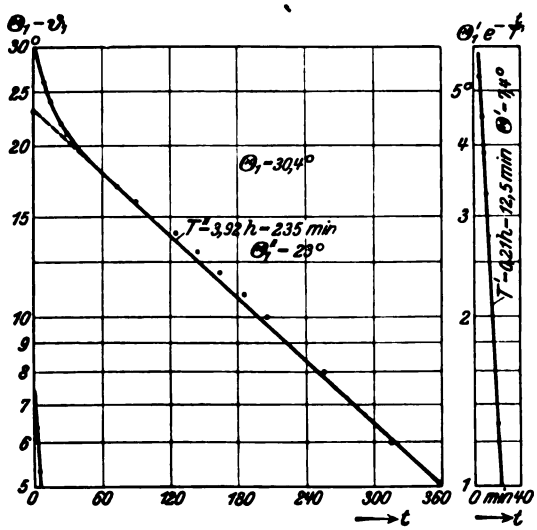


Abb. 7. Auswertung des Versuchs Abb. 6.

Größe in zwei Teile zur Beschreibung des Temperaturanstiegs genügt, bei den meisten aber auch nötig ist, um den Temperaturanstieg beurteilen zu können, falls die Maschine im Betrieb sehr hohen Belastungstößen unterworfen ist.

Die Wasserkraftanlagen am Niagara.

Wohl keine Kraftanlage der Welt hat in dem Maße an der Gesamtentwicklung der Elektrizität und des deren Zwecken dienenden Wasserbaues teilgenommen und gibt ein so getreues Abbild derselben von den kleinsten Anfängen ab bis zum heutigen Tage als jene an den Niagarafällen. Es dürfte daher nicht unangebracht sein, über dieselbe an Hand einer vor kurzem erschienenen, die bisherige Entwicklung und die Zukunftsmöglichkeiten behandelnden Arbeit von Norman R. Gibson zu berichten[1]. Die Frage der z. Z. zulässigen Wasserentnahme wird durch einen zwischen den V. S. Amerika und England, letzterem im Namen von Canada, abgeschlossenen Vertrag aus dem Jahre 1910 geregelt, gemäß welchem auf der nordamerikanischen Seite eine größte Entnahme von 566 m³/s im Tagesmittel, auf kanadischer Seite eine solche von 1019 m³/s zugelassen wird, die in den bereits ausgebauten Anlagen auch voll zur Ausnutzung gelangt.

Von den bestehenden sechs großen Anlagen, über deren Lage Abb. 1 Aufschluß gibt[2], werden drei von der Niagara Falls Power Co., einer nordamerikanischen Gesellschaft, die anderen drei von der kanadischen Hydro-Electric Power Commission of Ontario[3] betrieben. Während die letzterwähnten Werke alle am kanadischen Ufer liegen, wurden zwei Anlagen der Niagara Falls Power Co. am nordamerikanischen und nur ein Werk dieser Gesellschaft am kanadischen Ufer erbaut. Der Anfang der ganzen Kraftausnutzung wurde im Jahre 1875 mit der Erbauung eines Kanals von Port Day, unmittelbar oberhalb der Fälle, bis zu einem ungefähr 800 m unterhalb der Fälle gelegenen Punkt gemacht, an welchem Wasserräder für den Antrieb kleiner Fabrikanlagen angeordnet wurden. Im Jahre 1877 erwarb J. F. Schoellkopf in Verbindung mit einigen Gesellschaftern diesen Kanal und gründete die Niagara Falls Hydraulic Power & Manufacturing Co., welche in Anschluß an diesen das erste öffentliche Elektrizitätswerk mit 2000 PS Gesamtleistung errichtete und Gleichstrom für die unmittelbare Umgebung geliefert hat. Der ursprünglich mit einer Breite von 6,1 ... 11 m und 2,4 ... 3,1 m Tiefe ausgeführte Kanal wurde in der Folge wiederholt verbreitert und vertieft bis zu den heutigen 30,5 m Breite und 6,1 m Tiefe betragenden Maßen. Bald wurde der Bau eines zweiten Kraftwerkes von derselben Gesellschaft in Angriff genommen, welches 1904 in Betrieb kam und bis zu einer Gesamtleistung von 23 600 PS ausgebaut wurde. In diesem Werk wurden sowohl Gleichstrom als auch Einphasenwechselstrom und Drehstrom erzeugt; der Betrieb desselben wurde 1921 eingestellt und das Werk selbst 1925 niedergerissen. An Stelle desselben trat das Schoellkopf-Werk *a* I, mit dessen Bau 1903 begonnen wurde, und in dem von Anfang an nur Drehstrom, 25 Hz, zur Erzeugung gelangte. Nach wiederholten Erweiterungen desselben wurden noch zwei weitere Werke, *a* II und *a* III, errichtet, die zusammen die bedeutendsten Anlagen auf dem nordamerikanischen Ufer bilden. Nähere Angaben über dieselben befinden sich in der Zahlentafel 1; an dieser Stelle sei nur noch erwähnt, daß die Krafthäuser sämtlicher Werke unmittelbar am Flußufer erbaut sind, und das Wasser den Turbinen über eiserne Druckrohrleitungen zugeführt wird. Im Jahre 1918 hat sich die Gesellschaft mit der Niagara Falls Power Co. vereinigt.

Letztere, gegründet im Jahre 1886, hat ihre erste, Edward-Dean-Adams-Kraftwerk genannte Anlage (*b*) in der Zeit von 1890 bis 1900 auf eine Leistung von 50 000 PS ausgebaut und in der Folge noch ein zweites Werk mit 55 000 PS errichtet. Sie hat auch als erste bereits im Jahre 1896 eine Kraftübertragungsleitung für 11 kV nach Tonawanda im Staate New York und Buffalo ausgeführt. In diesen Anlagen kam das erste Mal die später noch wiederholt gewählte Anordnung von Schachtturbinen zur Anwendung, bei welcher die Turbinen in tiefe Schächte eingebaut und mittels langer senkrechter Wellen mit den oberhalb derselben aufgestellten Generatoren verbunden wurden. Auf diese Weise war es möglich, das Krafthaus im Niveau des Oberwasserspiegels zu errichten. Die Abführung des Wassers von den Turbinen erfolgt über einen 2,3 km langen Stollen, welcher unterhalb der Fälle in das Flußbett einmündet. Nach Fertigstellung des Schoellkopf-Werkes *a* III im Jahre 1924 wurden diese beiden Werke stillgesetzt und dienen seither als Reserveanlagen.

Bereits 1900 erwarb diese Gesellschaft auch Wasserrechte auf der kanadischen Seite und erbaute dort das William-B.-Rankine-Werk (*c*), welches allmählich bis auf 121 000 PS erweitert wurde. Auch in dieser Anlage wurde die Anordnung mit Schachtturbinen gewählt; dieselbe ist durch den Umstand besonders bemerkenswert, daß hier zum erstenmal 10 000 PS-Einheiten eingebaut wurden.

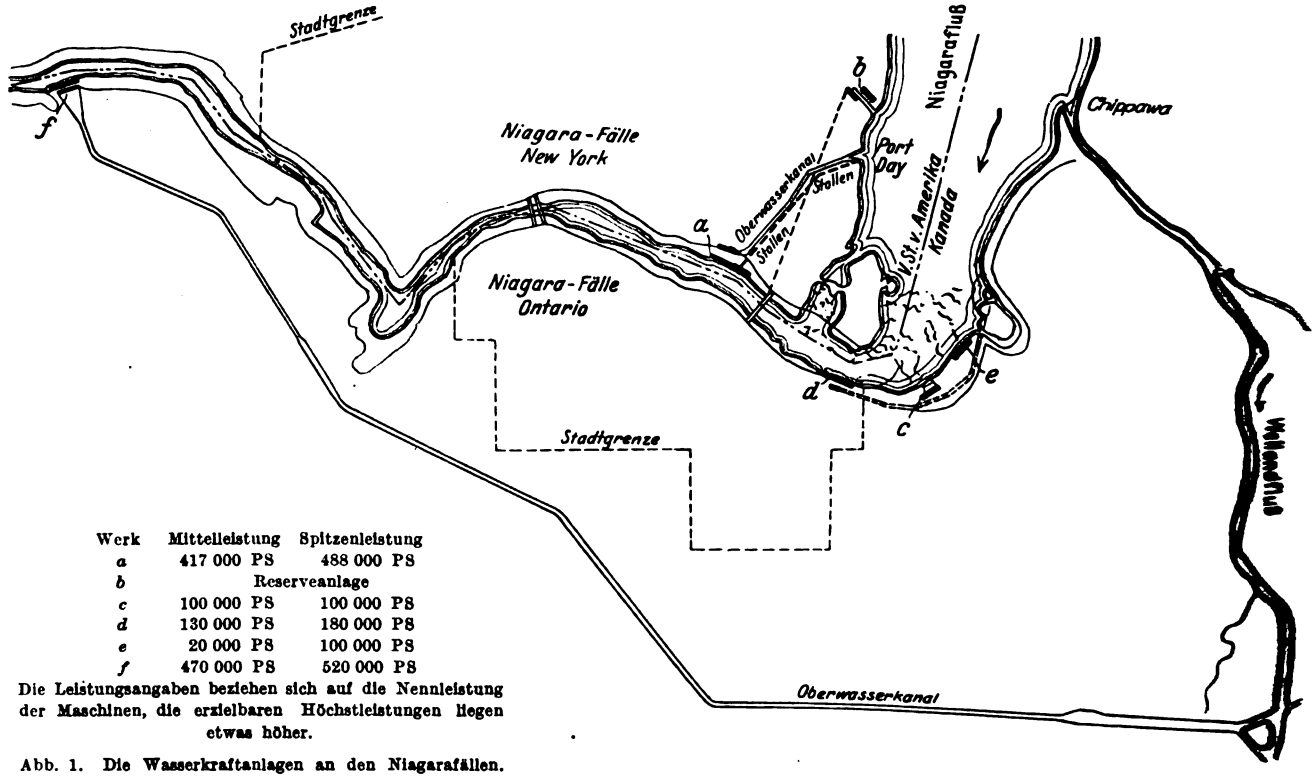
Zu Anfang des 20. Jahrhunderts gingen auch kanadische Gesellschaften an die Ausnutzung der Niagara. Das Kraftwerk der Toronto Power Co. (*e*) weist eine den

[1] N. R. Gibson, Proc. Am. Soc. Civ. Engs. Bd. 55, S. 1719. — Wir verweisen hier auch auf das zweibändige Werk „Niagara Power" von E. D. Adams (Bespr. ETZ 1929, S. 1538).
[2] Vgl. ETZ 1920, S. 755.
[3] Vgl. ETZ 1927, S. 325.

Digitized by Google

vorbeschriebenen Werken ähnliche Anordnung auf und ist für 157 000 PS ausgebaut. Dasselbe wurde 1918 von der Hydro-Electric Power Commission of Ontario aufgekauft. Diese hat auch die Anlagen der Ontario Power Co. of Niagara Falls (*d*) erworben, welche abweichend von der seitherigen Bauart für die Oberwasserführung einen über 1,8 km langen Druckstollen ausgeführt hat. Nach Vereinigung dieser Anlagen in einer Hand schritt die Hydro-Electric Power Co. zum Ausbau des neuesten Werkes Queenston-Chippawa[4] (*f*), welches 1925 vollendet wurde. In dieser Anlage wurde das erste Mal nicht nur das Gefälle der eigentlichen Wasserfälle sondern auch jenes der anschließenden, Lower Rapids genannten, Steilstufe ausgenutzt und derart das Bruttogefälle auf 95,1 m erhöht.

Wie die Zusammenstellung zeigt, ist die z. Z. zugelassene Gesamtwasserentnahme, welche 1585 m³/s im Mittel beträgt, bis auf einen geringfügigen Rest bereits in Anspruch genommen, so daß die Frage, inwieweit den Flusse noch weitere Wassermengen ohne Beeinträchtigung der Naturschönheiten entnommen werden können, dringend einer Lösung zugeführt werden muß. Hierbei ist aber noch zu beachten, daß auch mit der bereits zugelassenen Wasserentnahme eine erhöhte Leistung erzielbar ist, wenn das Gefälle der Lower Rapids mit verarbeitet wird, was bisher nur in der Anlage Queenston-Chippawa der Fall ist. Allerdings wird im Hinblick auf die letztere Ausnutzungsmöglichkeit die Forderung gestellt, daß im Flußbett noch genügend Wasser zur Bewirkung der ungehinderten Eisabfuhr im Winter verbleiben muß.



Werk	Mittelleistung	Spitzenleistung
a	417 000 PS	488 000 PS
b	Reserveanlage	
c	100 000 PS	100 000 PS
d	130 000 PS	180 000 PS
e	20 000 PS	100 000 PS
f	470 000 PS	520 000 PS

Die Leistungsangaben beziehen sich auf die Nennleistung der Maschinen, die erzielbaren Höchstleistungen liegen etwas höher.

Abb. 1. Die Wasserkraftanlagen an den Niagarafällen.

Außer den genannten ist noch ein kleineres Kraftwerk mit 3600 PS von mehr örtlicher Bedeutung zu erwähnen; es ist dies jenes der International Railway Co., welches Gleichstrom für Bahnzwecke liefert.

Zahlentafel 1 enthält die wesentlichen Angaben über die Werke.

Zahlentafel 1.

Kraftwerk	verarbeitete Wassermenge im Mittel m³/s	Nutzgefälle m	ausgebaut	Leistung im Mittel PS	Leistung Spitze PS
Schoellkopf I	558	62	13×10 000		
Schoellkopf II		62	3×37 500		
Schoellkopf III		62	3×70 000		
	zusammen	.....	45 2500	417 000	488 000
Edward D. Adams	283	41,2	105 000	Reserveanlage	
Rankine		41,2	5×10 250		
			2×12 750		
			3×10 750		
			1×12 000		
	zusammen	.....	121 000	100 000	100 000
Toronto Power Co.	57	42	7×15 000		
			4×13 000		
	zusammen	.....	157 000	20 000	100 000
Ontario Power Co.	226	54,9	3×12 350		
			4×13 250		
			4×13 500		
			3×14 000		
			1×19 300		
	zusammen	.....	205 350	130 000	180 000
Queenston-Chippawa	453	93,0	5×55 000		
			4×58 000		
	zusammen	.....	507 000	470 000	520 000
zusammen	1577	—	1547 850	1137 000	1388 000

[4] Vgl. ETZ 1924, S. 531

Eine von den beiderseitigen Regierungen im Jahre 1926 eingesetzte Kommission ist zur Zeit mit der Untersuchung dieser Fragen beschäftigt und dürfte ihren abschließenden Bericht in nächster Zeit vorlegen. Soweit bisher bekannt, wird dieselbe die den Fällen entnehmbare größte Wassermenge mit 2830 m³/s vorschlagen, von welchen 1132 m³/s auch den Lower Rapids entzogen werden können. Damit könnte die mittlere Leistung aller Anlagen auf 2,1 Mill PS, die Spitzenleistung bei Annahme des z. Z. zugelassenen Verhältnisses zwischen mittlerer Leistung und Spitze mit 1 : 1,2 auf 2,52 Mill PS gesteigert werden. Die Verwertung wäre etwa in der Weise möglich, daß für die in Hinblick auf die Ausnutzung des Gesamtgefälles von 95,1 m noch freien 679 m³/s (453 m³/s werden bereits im Queenston-Chippawa-Werk verarbeitet) ein neues Werk erbaut wird, wogegen zur Verarbeitung der unmittelbar unterhalb der Fälle in das Flußbett zurückzuführenden 1698 m³/s die bereits vorhandenen Werke ausreichen würden. Eine noch weitere Leistungssteigerung wäre durch neuzeitliche Ausgestaltung einzelner bereits veralteter und unwirtschaftlich arbeitender Werke und Einbeziehung einer oberhalb der Fälle liegenden Gefällstufe bis auf 2,5 Mill PS im Mittel bzw. 3 Mill PS Spitze möglich. Ferner könnte die Energieerzeugung auch noch dadurch erhöht werden, daß zur Nachtzeit, wo es auf die Erhaltung des Naturschauspiels weniger ankommt, mehr Wasser verarbeitet und der Strom an Industrieanlagen, die sich im Verbrauch entsprechend anpassen können, abgegeben oder zum Ersatz von Dampfstrom herangezogen wird.

Die große wirtschaftliche Bedeutung der Niagaraanlagen wird am besten durch den Umstand gekennzeichnet, daß im Jahre 1926 die gesamte Energieerzeugung in denselben sich auf über 7,3 Mrd kWh belief, aus deren Verkauf 67,65 Mill $ (284 Mill RM) vereinnahmt wurden. Das gesamte in diesen Anlagen arbeitende Kapital betrug zu jenem Zeitpunkt 458 Mill $ = rd. 1,9 Mrd RM. *Bp.*

Digitized by Google

Das Wünschelrutenproblem — ein elektrisch-physiologischer Vorgang.

Von Direktor Dr.-Ing. **Buth**, Weimar.

Übersicht. **Auf Grund von Versuchen wird eine Hypothese aufgestellt, wonach im Erdboden sickerndes Wasser ein elektrostatisches Feld in der darüber befindlichen Luft erzeugt. Kreuzt man mit der Wünschelrute dieses Feld, so fließt ein Ladestrom in den menschlichen Körper, der eine Kontraktion der Handmuskeln und damit einen Ausschlag der Wünschelrute bewirkt. Auch elektrostatische Felder, die durch elektrische Kabel oder durch Hochspannungs-Freileitungen erzeugt werden, kann man mit der Wünschelrute nachweisen.**

Im Jahre 1928 suchte ein Wünschelrutengänger für das Wasserwerk der Stadt Weimar nach Wasser. Ich ließ mir die Handhabung der Wünschelrute zeigen, und nach anfänglichem Mißlingen zeigte sich bei mir selbst ein Ausschlag der Wünschelrute, sobald ich über Gelände hinwegschritt, in dem Wasser im Erdboden sickerte. Ich machte daraufhin denselben Versuch bei einer ganzen Reihe von Personen, und bei etwa einem Drittel aller dieser Personen zeigte sich ein Wünschelrutenausschlag. Die Tatsache des Wünschelrutenausschlages stand hiernach für mich fest. Es interessierte mich aber nun, nach den Ursachen dieses altbekannten und doch bis jetzt rätselhaften Vorganges zu forschen.

Auf Grund zahlreicher eigener Versuche und Beobachtungen bin ich zu folgender Hypothese gekommen. Wenn Wasser durch das Erdreich hindurchsickert, so entsteht Reibungselektrizität. Die Elektrizität teilt sich dem umgebenden Erdreich und auch der darüber liegenden Luftschicht mit. An den Stellen, wo Wasser im Erdboden sickert, ist also ein anderes elektrisches Potential in der Luft vorhanden als im übrigen Luftraum. Schreitet man über einen unterirdischen Sickerwasserlauf hinweg, so durchquert man Luftraum von verschiedener elektrischer Feldstärke. Geht man rechtwinklig zum unterirdischen Wasserlauf, so hat man anfangs in der Luft das Potential Null; das Potential nimmt zu, je mehr man sich dem Wasserlauf nähert, erreicht das Maximum über dem Wasserlauf und nimmt wieder ab, wenn man sich auf der anderen Seite von dem Wasserlauf entfernt. Die mit beiden Händen gehaltene elektrisch leitende Wünschelrute dient als Auffangvorrichtung für die verschiedenen elektrischen Potentiale. Der menschliche Körper wird also beim Überschreiten eines unterirdischen Sickerwasserlaufs elektrisch aufgeladen und wieder entladen. Der Ladestrom und der Entladestrom, die durch Hände und Arme hindurchfließen, wirken auf die Nerven der Hand- und Armmuskeln und bewirken ein Zusammenziehen der Muskeln. Dadurch krampfen sich die Hände zusammen, und dieses Zusammenkrampfen der Hände bewirkt einen Ausschlag der Wünschelrute, die mit Untergriff horizontal in labilem Gleichgewicht gehalten wird. Mit der Wünschelrute kann man also eine Änderung der elektrischen Feldstärke in der Luft nachweisen. Für den Wünschelrutenausschlag sind zwei Faktoren erforderlich, erstens eine elektrische Feldänderung in der Luft und zweitens ein Mensch, dessen Muskelnerven auf ganz geringe Ströme reagieren. Es handelt sich also um einen elektrischen und um einen physiologischen Vorgang. Die Wünschelrute selbst wirkt erstens als Auffangvorrichtung für die elektrische Ladung und zweitens als Anzeigevorrichtung für die Kontraktion der Handmuskeln.

Die einzelnen Beobachtungen, die mich zu dieser Hypothese geführt haben, sind folgende. Es ist eine bekannte physikalische Tatsache, daß Reibungselektrizität entsteht, wenn man Druckwasser durch die Poren von Holz hindurchtreibt. Ähnlich kann man sich hier vorstellen, daß Reibungselektrizität entsteht, wenn Wasser durch die Poren des Erdreichs hindurchsickert. Verwendet wurde im vorliegenden Falle eine Wünschelrute aus Kupferdraht, doch kann die Wünschelrute auch aus anderen Metallen bestehen. Hauptsache ist, daß die Wünschelrute elektrisch leitend ist. Nach Beobachtungen anderer Wünschelrutengänger sollen sich auch Gabeln aus Weiden- oder Haselnußzweigen als Wünschelrute eignen, allerdings nicht so gut wie die Metallwünschelrute. Daß es sich nicht um einen Strom handelt, der von der Luft zur Erde fließt, sondern um einen Ladestrom, der den menschlichen Körper auflädt, geht aus der Tatsache hervor, daß ich einen Wünschelrutenausschlag auch dann verspürte, wenn ich Gummischuhe anhatte, oder wenn ich im fahrenden Kraftwagen saß, der durch Gummireifen gegen Erde isoliert war. Daß ein elektrischer Strom, der durch Hände und Arme fließt, eine Kontraktion der Muskeln, also ein Zusammenkrampfen der Hände bewirkt, ist eine bekannte Tatsache. Bei Starkströmen geht dieses Zusammenkrampfen der Hände so weit, daß man unter Umständen eine mit den Händen angefaßte elektrische Leitung nicht wieder loslassen kann. Daß ein Zusammenkrampfen der Hände einen Ausschlag der Wünschelrute hervorruft, kann man ohne weiteres erkennen, wenn man willkürlich die Hände zusammenkrampft. Die Handgriffe der Wünschelrute müssen zu diesem Zweck entsprechend gebogen sein.

Die wichtigste Tatsache aber, die die vorstehende Hypothese zur Gewißheit werden läßt, ist folgende Beobachtung. Als ich mit Hilfe der Wünschelrute in einer Straße einen Rohrbruch an einer unterirdischen Wasserleitung suchen wollte, stieß ich bei der Aufgrabung anstatt auf den gesuchten Wasserrohrbruch auf ein elektrisches Kabel. Den Rohrbruch habe ich zwar später noch mit der Wünschelrute einwandfrei festgestellt und aufgefunden, doch das Interessante war die Tatsache, daß die Wünschelrute auf ein elektrisches Kabel angesprochen hatte[1]. Ich forschte nun systematisch weiter und stellte fest, daß die Wünschelrute nur dann ausschlug, wenn ich über ein elektrisch geladenes Einleiterkabel hinwegging, dagegen nicht, wenn Hin- und Rückleitung in einem Kabel zusammenlagen. Die Erklärung ist einfach. Im ersten Falle beim Einleiterkabel kann sich ein elektrostatisches Feld ausbilden, das sich der benachbarten Erde und der darüber liegenden Luftschicht mitteilt. Im zweiten Falle bei zusammenliegender Hin- und Rückleitung bilden sich zwei elektrostatische Felder, die sich in ihrer Wirkung nach außen aufheben. Es gilt dies sowohl für Gleichstromkabel als auch für Wechselstromkabel. Beispielsweise schlug die Wünschelrute aus, wenn ich quer über ein Drehstromkabel hinwegging, das eine Phasenspannung von 220 V gegen Erde hatte und bei dem nur eine Phase eingeschaltet war. Waren dagegen alle drei Phasen eingeschaltet, so schlug die Wünschelrute nicht aus, weil sich die drei Felder gegenseitig aufhoben. Daß die Wünschelrute nur auf elektrostatische und nicht auf elektromagnetische Felder anspricht, geht aus der Tatsache hervor, daß die Wünschelrute ausschlägt, wenn das Kabel unter Spannung gesetzt wird, ohne daß Strom durch das Kabel hindurchfließt. Die Wünschelrute spricht also auf Spannung, nicht auf Strom im Kabel an. Ein Gleichstromkabel von 550 V, das zur Straßenbahnoberleitung führte, konnte ich durch Ausschlag der Wünschelrute finden, weil das Kabel ein anderes Potential als die Erde hatte. Beim Überschreiten der Straßenbahnschienen und des an die Schienen angeschlossenen stromdurchflossenen Rückleitungskabels zeigte sich dagegen kein Ausschlag der Wünschelrute, weil Schienen und Rückleitungskabel nicht gegen Erde isoliert waren, also das Potential Null hatten. Ein Ausschlag der Wünschelrute erfolgt auch nur dann, wenn das unter Spannung stehende Kabel in der Erde liegt, weil sich durch die Erdüberdeckung das elektrostatische Feld einem größeren Luftraum mitteilen kann. Unter Hochspannungs-Freileitungen bemerkte ich einen Wünschelrutenausschlag, bei Niederspannungs-Freileitungen dagegen nicht. Dies wurde durch eine Reihe von Versuchen festgestellt. Um subjektive Fehler bei den Beobachtungen nach Möglichkeit auszuschalten, habe ich meine Wünschelrutenausschläge durch einen Bekannten, bei dem sich ebenfalls Wünschelrutenausschläge zeigten, nachprüfen lassen. Die Ergebnisse waren übereinstimmend.

Ich sagte mir nun, wenn die Hypothese richtig ist, daß ein Ladestrom, der durch Hände und Arme hindurchgeht, eine Muskelkontraktion und damit einen Ausschlag der Wünschelrute bewirkt, so muß auch jeder andere Strom, der durch Hände und Arme hindurchgeht, einen Ausschlag der Wünschelrute hervorrufen. Zur Nachprüfung dieser Annahme leitete ich mit Hilfe einer Trockenbatterie von 14,4 V einen Strom von $^1/_{25}$ mA durch meinen Körper in der Weise, daß der Strom von der Wünschelrute durch Hände und Arme hindurchging. Beim Einschalten des Stromes schlug die Wünschelrute langsam aber deutlich aus.

Ich versuchte nun, ob es möglich sei, den Ladestrom, der beim Überschreiten eines unterirdischen Sickerwasser-

[1] Vgl. ETZ 1923, S. 1039.

Digitized by Google

laufs von der Wünschelrute zum menschlichen Körper fließt, durch Messung mit einem physikalischen Meßinstrument festzustellen. Zu diesem Zweck isolierte ich die Handgriffe der Wünschelrute und schaltete zwischen Wünschelrute und Hand ein Galvanometer. Obwohl die Wünschelrute beim Überschreiten des Wasserlaufs ausschlug, konnte ich am Galvanometer einen Ausschlag nicht feststellen. Da das Galvanometer eine Empfindlichkeit von 0.001 mA hatte, so mußte der Ladestrom kleiner sein. In diesem Falle ist der menschliche Körper ein empfindlicheres Instrument als die gebräuchlichen physikalischen Meßgeräte. Der Versuch, die subjektive Meßmethode durch eine objektive Meßmethode zu ersetzen, führte also im vorliegenden Falle nicht zum Erfolg. Es ist indessen nicht ausgeschlossen, daß es später gelingt, die Ladeströme auch mit physikalischen Meßinstrumenten nachzuweisen, wenn feinere Instrumente oder Methoden angewendet werden.

Ich möchte nun noch einige Beobachtungen mitteilen, die ich beim Aufsuchen von Wasser mit der Wünschelrute gemacht habe. Die Beobachtungen decken sich zum Teil mit bereits bekannten Erfahrungen anderer Wünschelrutengänger, ohne daß es bisher möglich war, die Ursache einwandfrei zu ermitteln. Ruhendes Wasser kann man im Erdboden nicht nachweisen. Dies ist erklärlich, denn nach der vorher aufgestellten Hypothese ist die Vorbedingung für die Entstehung eines elektrostatischen Feldes in der Luft, daß bewegtes Wasser durch die Poren des Erdreichs hindurchsickert. Ausschlaggebend für die Entstehung des elektrostatischen Feldes in der Luft und damit für die Stärke des Wünschelrutenausschlags ist die Reibung des Wassers im Erdboden oder an der umgebenden Wandung. Im allgemeinen wächst die Reibung mit der Wassermenge, so daß der Ausschlag der Wünschelrute bei größerer Wassermenge stärker wird. Es gibt aber auch andere Fälle. Wenig Wasser, das mit verhältnismäßig großer Geschwindigkeit von einem Bergabhang herunter im Erdboden sickert, kann unter Umständen einen stärkeren Wünschelrutenausschlag hervorrufen als viel Wasser, das sich in der Ebene nur ganz langsam im Erdboden bewegt.

Wesentlich ist ferner die Geschwindigkeit, mit der man die Wünschelrute vorwärts bewegt. Je schneller ich ging, um so stärker merkte ich den Wünschelrutenausschlag. Dies ist erklärlich, denn der Ladestrom, der von der Wünschelrute zum menschlichen Körper fließt, ist um so größer, je schneller die Änderung des elektrischen Feldes in der Zeiteinheit erfolgt. Auch die Tiefe des unterirdischen Sickerwasserlaufs im Erdreich spielt eine Rolle. Das elektrostatische Feld in der Luft wird um so breiter, je tiefer der Wasserlauf im Erdreich liegt.

Auch die Richtung des Wasserlaufs läßt sich mit der Wünschelrute bestimmen. Geht man gegen den Wasserstrom, so hat man starken Wünschelrutenausschlag; geht man mit dem Wasserstrom, so hat man schwachen oder gar keinen Ausschlag; geht man senkrecht zum Wasserstrom, so hat man einen Ausschlag mittlerer Stärke. Dies deutet darauf hin, daß das elektrostatische Feld in der Richtung des Wasserstroms wandert. Bekräftigt wird diese Annahme durch die Tatsache, daß man einen ganz langsamen schwachen Wünschelrutenausschlag auch dann verspürt, wenn man stillsteht und die Wünschelrute gegen die Richtung des Wasserlaufs hält. Eine Relativbewegung zwischen dem sich bewegenden elektrischen Feld und der ruhenden Wünschelrute ist auch in diesem Falle vorhanden. Den Lauf eines unterirdischen Wasserstromes kann man mit Hilfe der Wünschelrute mit verhältnismäßig großer Genauigkeit feststellen und verfolgen, wenn man an einer ganzen Reihe verschiedener Stellen quer über den Wasserlauf hinwegschreitet. In diesem Falle stellt man im Grunde genommen den Richtungslauf eines elektrostatischen Feldes in der Luft fest. Dagegen kann man nicht mit derselben Genauigkeit Schlüsse bezüglich der Wassermenge und Wassertiefe ziehen, da die Stärke und Breite des elektrostatischen Feldes in der Luft nicht allein von diesen beiden Faktoren abhängt. Auch andere Ursachen können zu Trugschlüssen führen, denn es ist, obwohl ich Versuche in dieser Richtung nicht gemacht habe, wohl denkbar, daß in Erdspalten strömende Luft oder Kohlensäure oder andere durch den Erdboden strömende Gase oder Dämpfe Reibungselektrizität und damit ein elektrostatisches Feld erzeugen. Mit der Auswertung von Wünschelrutenausschlägen muß man daher sehr vorsichtig sein. Wenn vielfach Zweifel an der Verwendbarkeit der Wünschelrute laut geworden sind, so liegt dies zu einem großen Teil daran, daß manche Wünschelrutengänger weitergehende Angaben gemacht haben, als sie das Verfahren zuläßt.

Es interessierte mich nun die Frage, ob Metalle mit Hilfe der Wünschelrute aufgefunden werden können. Ich bin mit der Wünschelrute über einen großen freiliegenden Stapel eiserner Straßenbahnschienen hinweggegangen, ohne einen Wünschelrutenausschlag zu bemerken. Ich bin über ein in der Erde liegendes großes eisernes Hauptgasrohr hinweggegangen, ohne einen Wünschelrutenausschlag zu bekommen. Dagegen konnte ich kleine im Erdboden liegende eiserne Rohre feststellen, wenn Wasser in diesen floß, also ein Strömungsvorgang mit starker Reibung stattfand. Nur die Reibung des Wassers an den Wandungen des Rohres verursachte den Wünschelrutenausschlag, nicht das Metall des Rohres selbst, denn der Ausschlag erfolgte auch, wenn die Rohre aus anderen Stoffen, Ton oder Holz, bestanden. Von Bedeutung ist die Frage, ob man Mineralien, wie Kohle, Kali usw., mit der Wünschelrute finden kann. Ich habe keine diesbezüglichen Versuche angestellt, doch scheint mir nach der vorgenannten Hypothese ein Erfolg wenig wahrscheinlich. Ein Strömungsvorgang, also eine Reibung, die ein elektrisches Feld hervorrufen könnte, ist bei ruhenden Mineralien nicht vorhanden. Ein Auffinden von Mineralien mit der Wünschelrute wäre nur denkbar, wenn auch durch andere Ursachen als durch Reibung elektrostatische Felder erzeugt werden[2]. Dagegen erscheint es mir wahrscheinlich, daß man Erdöl mit der Wünschelrute auffinden kann, denn bei Erdöl können unter Umständen Strömungsvorgänge in der Erde stattfinden.

Das Ergebnis der vorstehenden Untersuchungen läßt sich kurz dahin zusammenfassen: Mit der Wünschelrute kann man Änderungen elektrostatischer Felder in der Luft nachweisen. Diese elektrostatischen Felder können durch Strömungsvorgänge in der Erde hervorgerufen werden oder durch unter Spannung stehende in der Erde liegende elektrische Kabel.

[2] Vgl. Versuche, die von Dr. Hascheck, Wien, und Dr. Herzfeld, München, im Physikalischen Institut der Universität Wien ausgeführt worden sind. Z. Wünschelrutenforschung 1930 H. 1 VDI-Nachr. vom 21. V. 1930.

Mitteilungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

Bekanntmachung über Prüfungen und Beglaubigungen durch die Elektrischen Prüfämter[1].

Nr. 283.

Auf Grund des § 10 des Gesetzes vom 1. Juni 1898, betreffend die elektrischen Maßeinheiten wird dem System A 18 folgende Stromwandlerform als Zusatz eingereiht.

Zusatz zu System A 18, die Form AE 35, Stromwandler für einphasigen Wechselstrom, hergestellt von den **Siemens-Schuckertwerken Aktiengesellschaft** in Nürnberg.

Berlin-Charlottenburg, den 5. V. 1930.

Der Präsident
der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt
Paschen.

Beschreibung.

Zusatz zu System A 18,

die Form AE 35, Stromwandler für einphasigen Wechselstrom, hergestellt von den Siemens-Schuckertwerken Aktiengesellschaft in Nürnberg.

Von den unter dem Systemzeichen A 18 zur Beglaubigung zugelassenen Stromwandlern können die Stromwandler der Form AE 35 auch primär umschaltbar für zwei Nennstromstärken, die im Verhältnis 1 : 2 stehen, ausgeführt und in dieser Ausführung bis zu Nennstromstärken von 150/300 A beglaubigt werden. Die Ausführung entspricht hinsichtlich der Umschaltbarkeit den durch Bekanntmachung Nr. 274 (ETZ 1929, H. 33) zur Beglaubigung zugelassenen umschaltbaren Wandlern der Form AE 12 und AE 24.

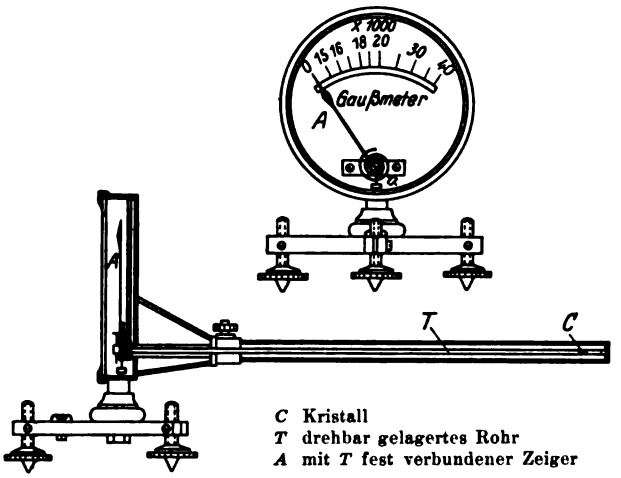
[1] Reichsministerialblatt 1930, S. 375.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Meßgeräte und Meßverfahren.

Apparat zur direkten Messung magnetischer Feldstärken. — Das Meßprinzip des neuen Feldstärkemessers ist folgendes: Wenn man einen magnetisch anisotropen Kristall um eine geeignet gewählte Achse drehbar anordnet und in ein homogenes Magnetfeld bringt, so wird auf ihn ein Drehmoment ausgeübt, proportional dem Quadrat der Feldstärke. Diesem Drehmoment setzt man ein Richtmoment entgegen in Gestalt eines Torsionsfadens oder einer Spiralfeder und erhält dann für jede Feldstärke eine bestimmte Einstellung. Als Kristall wird der rhomboedrisch kristallisierende Spateisenstein verwendet ($FeCO_3$), er ist paramagnetisch, die Permeabilität ist in zwei aufeinander senkrechten Achsenrichtungen $0{,}104 \cdot 10^{-3}$ bzw. $0{,}057 \cdot 10^{-3}$ bei 16,7 °. Es ist gar nicht wünschenswert, daß die Magnetisierbarkeit wesentlich höher ist, weil sonst das zu messende Magnetfeld gestört würde Das Volumen



C Kristall
T drehbar gelagertes Rohr
A mit *T* fest verbundener Zeiger

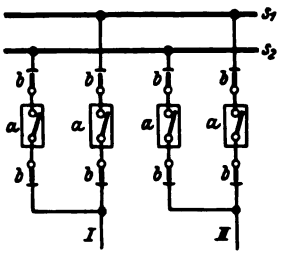
Abb. 1. Feldstärken-Meßgerät von Chauvin & Arnoux.

der verwendeten Kristalle bewegt sich zwischen 2 und 10 mm^3. Diese geringen Abmessungen gestatten an sich die punktförmige Ausmessung von Magnetfeldern. Leider sind aber auch die Richtkräfte sehr gering, so daß die Meßgeräte nicht in jeder Lage brauchbar sind, sondern auf einer Unterlage nach der Wasserwaage aufgestellt werden müssen. Die mitgeteilten Versuchsergebnisse beziehen sich auf eine Ausführung mit Bandaufhängung des beweglichen Organs und Zeigerablesung. Der Endausschlag wurde mit etwa 6000 Gauß erreicht, wobei der Skalenverlauf durch Änderung der Anfangs-Achsenstellung in weiten Grenzen geändert werden konnte, so daß auch symmetrische Skalen (etwa 2500 Gauß in der Mitte, Anfang und Ende) gedrängt erreicht wurden. Der Aufhängefaden war 124 mm lang und hatte 0,05 bzw. 0,1 mm Dmr. Die Genauigkeit soll rd. ± 1 % betragen. Für eine robustere Ausführung der Firma Chauvin & Arnoux (Abb. 1) werden keine Versuchsergebnisse mitgeteilt. Das gezeigte Instrument dieser Art hat den Meßbereich 0 ... 40 000 Gauß, beginnend mit 10 000 Gauß. Man kann damit noch in Luftspalten von mindestens 3 mm Weite Messungen ausführen.

Der einzige Vorzug der neuen Meßeinrichtung scheint dem Berichterstatter in der unmittelbaren Anzeige der Feldstärke zu liegen, der schwerste Nachteil liegt darin, daß das Meßorgan in einer bestimmten Lage sein muß und bei weitem nicht so handlich ist wie eine Tauchspule in Verbindung mit einem hochempfindlichen Galvanometer oder das Saitenmeßgerät nach Schröter[1]. (M. G. Dupouy, Bull. Soc. Franç. des El. Bd. 9, S. 348.) *Kth.*

Apparate.

Anschluß von Speiseleitungen an Doppelsammelschienen. — Die Amerikaner pflegen in ihren Schaltanlagen mit Doppelsammelschienen-System gemäß Abb. 2 jede Speiseleitung über 2 Öl- und 4 Trennschalter an die Sammelschienen anzuschließen. 2 Speiseleitungen erfordern also 4 Ölschalter. Um die Anlage für gewisse Fälle zu verbilligen, geht man jetzt in den V. S. Amerika dazu über, einen Schalter fortzulassen, wie Abb. 3 zeigt. Dann sind allerdings nicht mehr 4 sondern nur noch 3 Schalt-



a Ölschalter
b Trennschalter
s_1, s_2 Sammelschienen
I, *II* Speiseleitungen

Abb. 2.

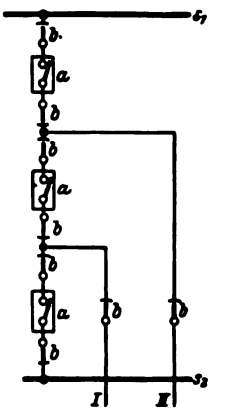
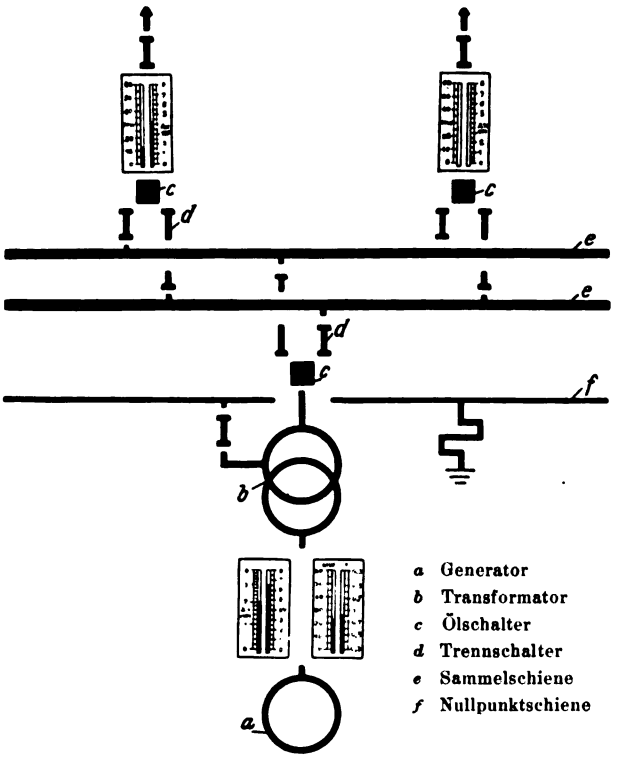


Abb. 3.

kombinationen möglich. Die Methode ist aber brauchbar, wenn z. B. beide Speiseleitungen immer auf eine und dieselbe Sammelschiene geschaltet werden sollen. (El. World Bd. 94, S. 617.) *Ka.*

Leuchtschaltbilder mit Fehlschaltungsschutz für Warten von Hochspannungs-Schaltanlagen. — Die Bedienung größerer Hochspannungs-Schaltanlagen wird im allgemeinen durch Fernsteuerung von der Warte aus vorgenommen. Als Hilfsmittel zur Bedienung sieht man Übersichtschaltbilder vor. Von einem solchen Übersichtschaltbild muß gefordert



a Generator
b Transformator
c Ölschalter
d Trennschalter
e Sammelschiene
f Nullpunktschiene

Abb. 4. Ausschnitt aus einem Leuchtschaltbild Bauart Brown, Boveri & Cie.

werden, daß es mit einem Blick klar und deutlich erkennen läßt, ob eine Schalthandlung erlaubt ist. Es muß also den Schalt-, Spannungs- und Belastungszustand der Anlage zugleich und in vollkommen unverkennbarer Weise darstellen. Bei den durch Fehlschaltungen möglichen schweren Folgen sollte man sich jedoch nicht mit einer

[1] Schröter, Arch. El. Bd. 14, S. 354 (1925); ETZ 1925, S. 197.

Digitized by Google

einwandfreien Rückmeldeanlage allein begnügen. Es müssen vielmehr Wege gefunden werden, die überhaupt die Durchführung einer Fehlschaltung verhindern und die Sicherheit der Anlage in weitestgehendem Maße unabhängig von der Aufmerksamkeit des Bedienungspersonals machen.

Eine Rückmeldeanlage, die die vorstehenden Bedingungen erfüllt, hat Brown Boveri in Form eines Leuchtschaltbildes durchgebildet. Außer der Rückmeldung ermöglicht dieses Leuchtschaltbild beabsichtigte Schalthandlungen vor der Durchführung aufzuzeichnen, so daß man ihre Folgen im voraus vor Augen hat. Darüber hinausgehend sperrt der mit dem Leuchtschaltbild verbundene Fehlschaltungsschutz fehlerhafte Schalthandlungen. Das gesamte Schaltbild der Anlage wird durch leuchtende Linienzüge und Symbole wiedergegeben. Die Form der hauptsächlichen Symbole ist aus Abb. 4 ersichtlich. Im Leuchtschaltbild erscheinen sämtliche spannungführenden Teile der Anlage bei ruhigem Zustand — d. h. wenn keine Schaltungen stattfinden — in weißem, alle spannungslosen Teile, soweit es sich nicht um Schalter handelt, in grünem Licht. Die Symbole eingeschalteter Trenn- und Ölschalter leuchten ebenfalls, je nachdem ob die Schalter unter Spannung stehen oder nicht, in weißem oder grünem Licht. Dagegen zeigt ihr Erscheinen in

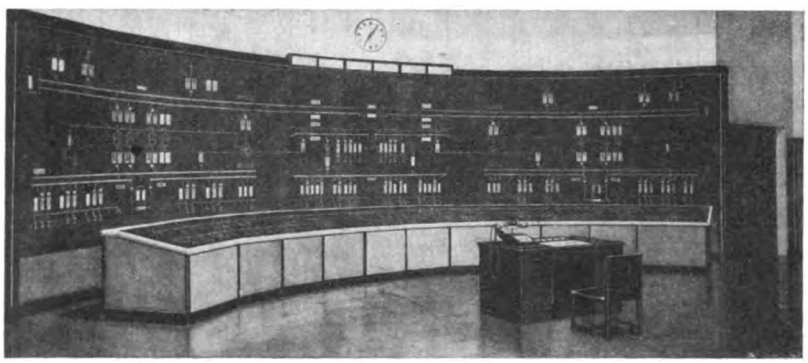


Abb. 5. Warte eines Umspannwerkes mit Leuchtschaltbild, Bauart Brown, Boveri & Cie.

rotem Licht eine Unterbrechung an dieser Stelle, d. h. einen geöffneten Schalter an. Im Zuge der Leitungen des Leuchtschaltbildes sind die Meßinstrumente an den Stellen eingebaut, auf die sich ihre Messung bezieht. Sie sind als Schattenpfeilinstrumente ausgebildet, d. h. es erscheint auf einer weißleuchtenden Skala ein Schattenpfeil, dessen Länge der Meßgröße entspricht. Die Meßinstrumente sind nur erleuchtet, solange der zugehörige Anlageteil in Betrieb ist. Zusammengehörige Meßwerte, wie Wirk- und Blindleistung, sind der Übersichtlichkeit halber zu Doppelinstrumenten vereinigt, so daß ihre Schattenpfeile dicht nebeneinander auf derselben Skala liegen.

Beim selbsttätigen Auslösen eines Ölschalters, etwa infolge Auslösung eines Schutzrelais, macht ein Hörsignal auf den Vorgang aufmerksam. Der gefallene Schalter geht dabei in rotes Licht über. Anlageteile, die bisher unter Spannung standen und etwa nun spannungslos geworden sind, erscheinen in grünem Licht. Um den Wärter jedoch sofort auf die Veränderung im Schaltzustand aufmerksam zu machen, leuchten der gefallene Schalter und der spannungslos gewordene Anlageteil zunächst mit Unterbrechungen (hell — dunkel) in ihrer neuen Farbe auf. Der Wärter hat durch Bestätigen das intermittierende Licht des gefallenen Schalters und des betroffenen Anlageteiles in ruhiges Licht zu überführen.

Die Steuerung der Anlage und das Bestätigen selbsttätiger Schalthandlungen erfolgen mittels der Steuerquittungschalter von einem Pult aus, das vor dem Leuchtschaltbild steht. Die Steuerquittungschalter liegen im Zuge eines dem Leuchtschaltbild genau entsprechenden, durch Bronzeleisten dargestellten Schaltbildes an den Stellen der ihnen zugehörigen Öl- oder Trennschalter. Das Bestätigen eines Schalterfalles geschieht durch Drehung des zu dem Schalter gehörenden Steuerquittungschalters in die „Aus"-Stellung.

Willkürliche Schaltungen werden in dem Leuchtschaltbild zunächst vorgezeichnet. Beim Drehen des betreffenden Steuerquittungschalters wird zunächst eine Mittelstellung erreicht. Dabei leuchtet der Anlageteil, dessen Spannungszustand bei der Durchführung der Schaltung geändert wird, immer noch in seiner bisherigen Farbe, jedoch intermittierend durchsetzt von rotem Licht. Gleichzeitig tritt der Fehlschaltungschutz in Tätigkeit. Der Fehlschaltungschutz stellt mittels Relaisabfrage die Zustände rechts und links von dem zu betätigenden Schalter fest und prüft sie auf Zulässigkeit der beabsichtigten Schalthandlung. An unzulässigen Schalthandlungen seien für Trennschalter nur erwähnt das Ziehen unter Last, das Einschalten von Leistung oder das Schalten eines spannungführenden Anlageteils auf einen geerdeten. Letzterer Fall ist auch für den Ölschalter unzulässig, hinzu kommt das Zusammenschalten asynchroner Netzteile.

Der Blockapparat führt die Prüfung, ob derartige unzulässige Handlungen beabsichtigt sind, vollkommen selbsttätig und in der kurzen Zeit von rd. 1 s durch. Vor Ablauf der Prüfung ist die Ausführung der Schaltung gesperrt, d. h. bei Durchschalten des Steuerquittungschalters über die Vorzeichenstellung hinaus ist die betreffende Steuerleitung unterbrochen, so daß die Schaltung nicht durchgeführt werden kann. Erweist sich bei der Prüfung die beabsichtigte Schalthandlung als unzulässig, so bleibt die Sperre bestehen, andernfalls wird sie aufgehoben. Bei einer beabsichtigten Parallelschaltung durch einen Ölschalter muß die Sperre des Steuerquittungsschalters durch Einschaltung der Synchronisierinstrumente aufgehoben werden. Es ist also erst möglich durchzuschalten, nachdem bereits die ersten Schritte zur Synchronisierung getan sind. Das Ergebnis der Prüfung durch den Blockapparat kann durch eine Leuchtschrift mitgeteilt werden. Jeder Versuch der Durchführung einer Fehlschaltung wird durch eine Leuchtschrift „Fehlschaltung" angezeigt. Dieser Versuch kann auch registriert werden.

Das Leuchtschaltbild selbst (Abb. 5) besteht aus einer Tafel, die rückseitig lichtdicht und spiegelungsfrei abgedeckt ist. In dieser Abdeckung sind die Symbole des Schaltbildes ausgespart. Die Lampen für die Beleuchtung sind so angeordnet, daß sie, von vorn nicht sichtbar, die Flächen der Symbole gleichmäßig beleuchten. Sie sind von der Rückseite der Tafel leicht zugänglich und auswechselbar. Die rückseitige Ausrüstung der Tafel ist aus lauter gleichen Einheiten zusammengesetzt, so daß sich ein einfacher Aufbau ergibt. Durch die gedrungene Bauart dieser Bestandteile sowie durch die Verwendung der erwähnten Schattenpfeil-Mehrfachinstrumente lassen sich auch sehr umfangreiche Schaltanlagen in verhältnismäßig kleinen Leuchtschaltbildern darstellen.. Ein Größenvergleich zeigt, daß das beschriebene Leuchtschaltbild nur ein Drittel der Fläche der bisher üblichen Rückmeldeanlagen einnimmt, obwohl es bedeutend mehr anzeigt als diese. Die Relaisapparatur wird zweckmäßig im Kabelboden der Warte aufgestellt. Erwähnt sei noch, daß das Leuchtschaltbild keinen Mehrbedarf an Spannungswandlern oder irgendwelchen zusätzlichen Apparaten in der Hochspannungsanlage verlangt.

Ap.

Beleuchtung.

Bewertung von Beleuchtungsanlagen. — Die Bewertung von Beleuchtungsanlagen erfolgte bisher fast nur auf quantitativer Grundlage, d. h. sie bestand in der reinen Ermittlung der Beleuchtungstärke. In neuerer Zeit erst wird versucht, die Beleuchtung auch hinsichtlich ihrer qualitativen Eigenschaften zu beurteilen. Bestimmend für die Güte der Beleuchtung ist die Erfüllung bestimmter Forderungen, die durch den Bau und die Funktion des menschlichen Auges bedingt sind. Es handelt sich hierbei um physiologische Fragen, wie Blendungsverhütung und richtig bemessene Diffusität und Schattigkeit der Raumaufhellung. Diese Fragen lassen sich auf Grund der bisher bekannten Bewertungsmethoden nicht zahlenmäßig und eindeutig erfassen. Ausgehend von den in jüngster Zeit von W. Arndt gemachten grundsätzlich neuen Vorschlägen, die das Beleuchtungsproblem nicht mehr als Flächen-, sondern als Raumproblem behandeln, hat H. Hellmann erstmalig praktische Versuche mit Hilfe dieses Systems der räumlichen Beleuchtungsbeurteilung angestellt. Es wurde eine Reihe von Beleuchtungsanlagen, die von Geleuchten mit verschiedenen lichttechnischen Eigenschaften, d. h. mit gerichteter, richtungsloser, großflächiger sowie zusammengesetzter Lichtstrahlung gebildet werden, mit Hilfe mehrerer Wertungsmethoden untersucht. Während die Methoden, die sich auf die Ermittlung von Beleuchtungstärken auf ebenen Flächen stützen, versagen oder hinsichtlich ihrer Allgemeingültigkeit starken Einschränkungen unterliegen, erhält man bei der räumlichen Auffassung des Beleuchtungsproblems überraschend aufschlußreiche und

Digitized by Google

eindeutige Ergebnisse. Die Messungen werden mit einem gewöhnlichen Photometer, das mit einem neuen, von Arndt angegebenen, kugelförmigen Auffangschirm versehen ist, ausgeführt, u. zw. nicht mehr in einer Fläche des Raumes, sondern die Messungen werden auf systematisch festgelegte Punkte im ganzen Raum ausgedehnt. Es wird also ein Helligkeitspotential, die „Raumhelligkeit", gemessen. Die Einheit hierfür ist das „Raumlux", d. i. die integrierte Beleuchtungstärke auf der räumlich geschlossenen Oberfläche eines Raumelementes, welche die Lichtwirkung ohne Richtungsangabe wiedergibt. Aus der Gleichmäßigkeit, also dem Verhältnis des Kleinstwertes zum Größtwert der Raumhelligkeit, sowie aus der Diffusität, dem Verhältnis des diffusen Anteils zum Gesamtwert der mittleren Raumhelligkeit, läßt sich die Güte der Beleuchtung beurteilen. Die Werte für diese beiden Verhältniszahlen müssen innerhalb von Grenzen liegen, die durch eingehende Versuche festgelegt worden sind. Die Grenzen werden von H. Hellmann für die räumliche Gleichmäßigkeit mit 1 : 200 und 1 : 30, für die Diffusität mit 30 und 50 % angegeben. Durch diese Werte wird die Erkenntnis von Blendung und der für das „körperliche Sehen" erforderlichen Schattenbildung bei zweckmäßiger Diffusität ermöglicht. Beleuchtungsanlagen, die außerhalb dieser Grenzen liegende Resultate ergaben, wurden von Versuchspersonen auch als mangelhaft empfunden, so daß die Ergebnisse aus diesem Wertungsystem die qualitativen Eigenschaften der Beleuchtung einwandfrei wiedergeben. (H. Hellmann, Die Bewertung von Beleuchtungsanlagen auf meßtechnischer Grundlage. Dissertat. T. H. Berlin 1929.) *Sb.*

Installation.

Eine neue Art Rohrdraht-Installation. — Die Installation von Licht- und Kraftanlagen, besonders in Wohnungen, macht zuweilen nicht den guten Eindruck, den man von solchen Anlagen erwarten darf; zurückzuführen ist dies vielfach auf die sorglose und unsachgemäße Behandlung des bei der Installation verwendeten Leitungsmaterials. Besonders unvorteilhaft wirken beispielsweise Anlagen, in welchen Rohrdrähte unsauber und unsachgemäß verlegt werden. Bei dieser Verlegungsart unterliegen die Monteure nur zu leicht der Versuchung, die bei der Montage von Rohrdraht erforderliche Biegezange beiseite zu lassen oder nicht ausgiebig zu benutzen. Wenn nun die guten Eigenschaften des Rohrdrahtes häufig schon durch Beschädigungen (Knickungen) des Mantels auf dem Transport beeinträchtigt werden, muß eine unzulässige Formveränderung durch mangelhafte Montage besonders streng vermieden werden, wenn nicht Brüche und Risse im Schutzmantel entstehen sollen, die auch noch zur Verschlechterung des Isolierzustandes Anlaß geben können.

Um Mängeln dieser Art wirksam abzuhelfen, erhalten die Mäntel dieser neuen Rohrdrähte, die unter der Bezeichnung Rapid-Rohrdrähte in den Verkehr gebracht werden, während der fabrikatorischen Herstellung schraubenförmige Rillen, wie Abb. 6 veranschaulicht. Die Rillen

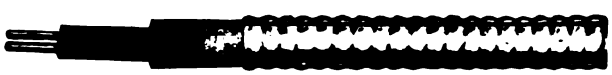


Abb. 6. Rapid-Rohrdraht.

nehmen gewissermaßen die sonst bei normalen Rohrdrähten mittels Biegezange vorzunehmende Einkerbung vorweg, allerdings mit dem wesentlichen Unterschied, daß diese Rillung, eben weil sie in der Fabrikation erfolgt, stets gleichmäßig, was die Tiefe der Rillen anbetrifft, vorgenommen wird. Das Einkerben bei normalen Rohrdrähten mittels der Biegezange fällt selbst in der geübtesten Monteurhand niemals so gleichmäßig aus. Dies hat den Vorteil, daß bei den Rapid-Rohrdrähten an den Biegestellen für die Bogen genügend Material zur Verfügung steht. Weiter ist von Vorteil, daß der auf diese Weise erzielte wellblechähnliche Schutzmantel gegen Druckverletzung weniger empfindlich ist als der glatte Mantel. Sehr wesentlich ist auch, daß ein Anstrich solcher Rohrdrähte vorteilhafter erfolgen kann, da die aufgetragene Farbe besser auf dem gerillten als auf dem glatten Mantel haftet. Vor allem aber läßt sich der vorgerillte Rohrdraht in allen Querschnitten, ohne zu leiden, in Ringen von etwa 50 ... 60 cm Dmr. aufwickeln.

Rapid-Rohrdrähte lassen sich ohne besondere Werkzeuge mit unbewehrter Hand leicht in Kurven verlegen bzw. der Umgebung schmiegsam anpassen. Wenn lange Leitungstrecken verlegt werden müssen, erweist sich dieser neue Rohrdraht als besonders vorteilhaft, da er infolge seiner großen Elastizität direkt vom Ring aus an die Wand verlegt werden kann (Abb. 7). Ein besonderes Zurichten der jeweils notwendigen Leitungsmenge ist nicht mehr erforderlich, wodurch zugleich erreicht wird, daß unnötiger Verschnitt bei der Verwendung dieser neuen Rohrdrahtleitung fortfällt.

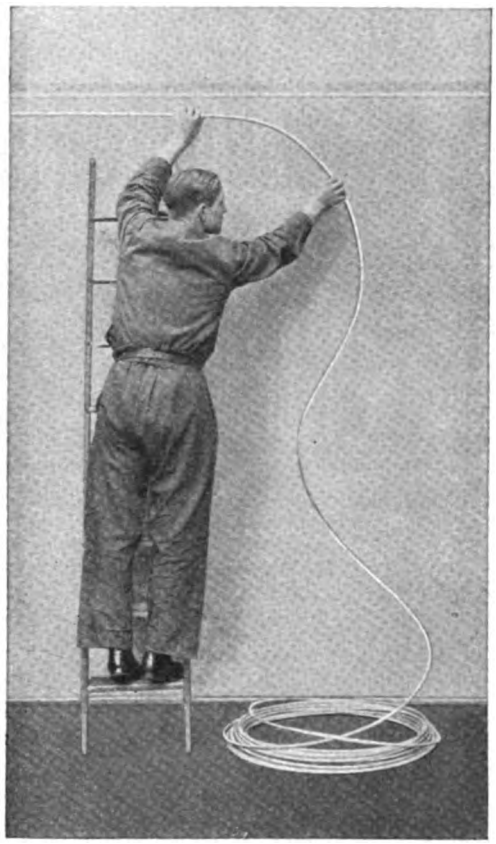


Abb. 7. Verlegung von Rapid-Rohrdrähten.

Die vorstehend beschriebenen Rapid-Rohrdrähte werden mit Kodex-Fäden von der Elektrotechnischen Fabrik Paul Jordan, Berlin-Steglitz, geliefert. *fi*

Bahnen und Fahrzeuge.

Gleichstrom-Hochspannungs-Kleinbahn. — Die Lokalbahn Peggau—Übelbach, die einzige Bahnanlage Österreichs mit 2200 V Gleichstrom, ist während des Krieges erbaut und ihre Streckenausrüstung daher ganz in Eisen ausgeführt worden. Unter den Witterungseinflüssen haben die Eisenteile stark durch Rost gelitten, so daß allmählich ein Spannungsabfall von 40 % eintrat. Es mußte daher die 1,7 km lange Speiseleitung, die vom Kraftwerk Deutsch-Feistribe zur Bahn führt, erneuert werden. Sie wurde in Kupfer mit einem Querschnitt von 73 mm², die Fahrdrahtleitung mit einem Profilrillendraht von 60 mm² ausgeführt. Ferner wurden die Holzmaste durch eiserne ersetzt, Aufhängung und Schienenverbinder erneuert. Den Auftrag auf die Speiseleitung erhielt die Elektrobaugesellschaft in Graz, während die Erneuerung der Fahrdrahtleitung den Österr. BBC-Werken, Wien, übertragen wurde. Diese Firma erhielt außerdem Auftrag auf Lieferung einer Gleichrichteranlage von 240 kW, die als Reserve dienen sollte, und eines neuen Triebwagens sowie auf Umbau der elektrischen Ausrüstung des älteren Triebwagens. Der neue Triebwagen ist mit vier gekapselten Motoren von je 63 PS, 570 U/min bei 1000 V und 53 A versehen, von denen zwei ständig in Reihe liegen. Unter dem Wagen liegt der Hauptfahrschalter, der von den Führerschaltern aus mittels Zahnrad und Ketten betätigt wird. Serienparallelschaltung sowie Kurzschlußbremsung sind vorgesehen. Außerdem besitzt der Wagen eine Hand- und eine Luftsaugbremse Bauart Hardy. Die Beleuchtungsanlage ist der Regelbauart für 24 V angepaßt. Die Heizung ist an die Fahrleitung angeschlossen. Schalter und Sicherungen sind in der Hochspannungskammer untergebracht. Zur Umformung des 5000 V-Wechselstroms sind nunmehr ein

Digitized by Google

rotierender Umformer und eine Gleichrichteranlage vorhanden. Interessant sind die unter gleicher Belastung aufgenommenen Leistungsdiagramme (Abb. 8). Beim Betrieb mit Umformer betrugen der durchschnittliche Tagesverbrauch 642 kWh, die Leerlaufarbeit 62 kW, die Spitzenleistung 320 kW gegen 345 kWh, 20 kW und 200 kW beim

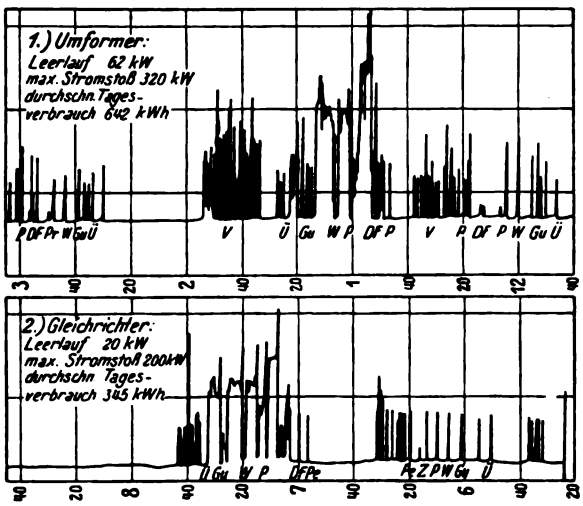


Abb. 8. Vergleichende Leistungschaulinien zwischen Umformer und Gleichrichter.

Gleichrichter. Die monatlichen Verbrauchziffern waren im Jahre 1928 auf der Linie Peggau—Übelbach 20 000 kWh im Mittel, im Jahre 1929 trotz steigenden Verkehrs 9000 kWh. Man sieht daraus, daß sich die Gleichrichteranlage in 3 bis 4 Jahren bezahlt macht. (W. Fritsch, Organ Fortschr. Eisenbahnwes. Bd. 84, S. 263.) *Tbr.*

Landwirtschaft.

Die Elektrotechnik auf der 36. Wanderausstellung der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft in Köln (27. V. bis 1. VI. 1930). — Auf der 36. Wanderausstellung der DLG in Köln war die Elektrotechnik wieder durch eine Gemeinschaftsausstellung (veranstaltet von der Vereinigung der Elektrizitätswerke und dem Zentralverband der deutschen elektrotechnischen Industrie) vertreten. In dem sogen. Elektroring, der die Stände der VdEW, des RWE, der Städtischen Elektrizitätswerke Köln und ferner der Firmen AEG, SSW, BBC, Voigt & Haeffner, Sachsenwerk u. a. enthielt, wurden dem Landwirt die verschiedenartigsten elektrischen Geräte vorgeführt.

Aber auch für den Fachmann bot die Ausstellung manches Interessante, das hier zum erstenmal zu sehen war. Auf dem Gebiet der Haushaltgeräte zeigte Prometheus, Frankfurt a. M., erstmalig seine neuen Haushaltherdkonstruktionen. Die Kochplatten sind in bezug auf ihren Durchmesser, ihre Leistungsaufnahme und die Gerätesteckvorrichtung bereits entsprechend dem neuen Normblattentwurf ausgeführt. Das Bratrohr ist innen wasserdicht geschweißt, so daß man es auch zum Kochen im geschlossenen Raum verwenden kann. Alle Leitungen sind im Innern des Herdes blank verlegt, Schalter und Heizkörper leicht zugänglich. Die SSW führten erstmalig eine kleine Wäscheschleuder (Fassungsvermögen 3,5 kg Trockenwäsche) vor, die bei 80 W Leistungsaufnahme in 3 min etwa 80 % Feuchtigkeit der Wäsche entfernt. Elektrische Bodenheizkabel werden nunmehr auch von der AEG hergestellt. Recht beachtenswert ist eine transportable Milchtiefkühlanlage (BBC) mit Kältespeicher, die mit billigem Nachtstrom betrieben werden kann und sich vor allem für Gutshöfe und kleinere Milchsammelstellen eignet (Kühlleistungsfähigkeit etwa 240 l stündlich).

Von den außerhalb des Elektroringes ausgestellten elektrischen Geräten sind besonders die mit neuzeitlichem elektrischen Einzelantrieb versehenen Molkereimaschinen der Firma Alborn zu nennen. Auch hier auf dem Gebiet des Molkereiwesens geht man, dem Vorbild der Werkzeugmaschinenindustrie folgend, dazu über, den provisorischen Einzelantrieb durch die Verwendung geeigneter Einbau- und Flanschmotoren (häufig auch Getriebemotoren) zu ersetzen. Eine besonders geschickte Lösung der Antriebsfrage zeigt der Westfalia-Separator mit Einbaumotor (Abb. 9).

Schließlich ist noch für die Elektroindustrie die Schaffung der neuen Druckkesselregner wichtig (Fabrikat SSW und Hydor). Um mit verhältnismäßig schwachen Rohrleitungen und mit kleineren Motorleistungen auszukommen, werden hier die Wassermengen zunächst in einem vor dem Strahlrohr eingebauten Druckkessel so lange aufgespeichert, bis die zur Erzielung der gewünschten Reichweite (bis zu 70 m) erforderliche Wassermenge angesammelt ist. Nach Öffnung eines Ventils wird letztere dann schußartig ausgestoßen. Nach jedem Schuß dreht sich das Strahlrohr ein Stück weiter, so daß nach und nach eine kreisförmige Fläche beregnet wird. Wenn auch die Pumpe natürlich den zur Erzielung größerer Reichweiten nötigen Druck liefern muß, so kann sie doch, da sie für geringere Wassermengen bestimmt ist, wesentlich kleiner gewählt werden. Dies aber erleichtert die Verwendung von Elektromotoren, die sich dann häufig direkt an das Niederspannungsnetz anschließen lassen. Da die beim Druckkesselregner in der Zeiteinheit fallende Regenmenge beliebig einstellbar ist, kann man den Betrieb in die Nacht verlegen, was einerseits die Verwendung billigen Nachtstroms und anderseits eine Beregnung mit geringer Verdunstung ermöglicht. Der Druckkesselregner wird deshalb zweifellos der elektrischen Feldberegnung weitere Wege ebnen. *Mö.*

Abb. 9. Milchseparator mit eingebautem Elektromotor

Fernmeldetechnik.

Elektromagnetische Störungen. — Die Entstehung kurzdauernder Feldstörungen, die unsere auf der Erdoberfläche befindlichen drahtlosen Empfangsysteme anzustoßen geeignet sind, kann durch Pulsationen der in den oberen Schichten der Atmosphäre parallel zur Erdoberfläche verlaufenden Ströme erklärt werden, die auch die täglichen und jährlichen Änderungen des Erdmagnetismus hervorrufen. Neue Ergebnisse[1] der Aufzeichnungen des Apparates für Peilung der Luftstörungen nach Watson Watt lassen folgende weitere Schlußfolgerungen ziehen:

1. Die bisher verfügbaren Stationen ergeben eine Anordnung der Ringstromstörung, wie sie nach der Richtung des magnetischen Feldes tatsächlich sein soll.

2. Der tägliche Gang der Richtung ist in Abukir prinzipiell der gleiche wie in Potsdam. Am Tage schiebt sich eine ionisierte Schicht zwischen die Erdoberfläche und die Ringstromschicht, welche selbst Ursprungsort einer Störung wird. Die elektrischen Ausgleichsvorgänge finden in ihr aber längs der magnetischen Kraftlinien statt, weil die freie Weglänge klein ist.

3. Nachmittags gehen beide Schichten ineinander über, so daß beim Verschwinden der Ionisation eine allmähliche Drehung der (magnetischen) Nord-Süd-Richtung in die (magnetische Ost-West-Richtung — anscheinend dem Laufe der Sonne folgend — entsteht. Die Ionisation in der Tagesschicht am Vormittag und die Wiedervereinigung am Nachmittag schreiten von unten nach oben hin fort.

4. Der Einfluß der Verlagerung der magnetischen Achse der Erde gegen die Rotationsachse läßt sich am täglichen Gang der Richtung erkennen. (F. Schindelhauer, El. Nachr. Techn. Bd. 6, S. 231.) *Blr.*

Telegraphie im Fernkabelnetz. — Bei Verwendung von Strömen, die in Stärke und Spannung den Fernsprechströmen entsprechen, kann das Fernkabelnetz für den Telegraphenbetrieb mitbenutzt werden. Es sind zwei Betriebsweisen in Anwendung, die „Wechselstromtelegraphie" (auch als Trägerstrom- oder Tonfrequenztelegraphie bezeichnet) und die „Unterlagerungstelegraphie". Bei der Wechselstromtelegraphie wird eine Doppelleitung eines Vierdrahtweges für die eine Richtung, die andere Doppelleitung für die entgegengesetzte Richtung benutzt.

[1] Vgl. den Bericht über die früheren Messungen: ETZ 1929, S. 1531.

Digitized by Google

In jeder Richtung können gleichzeitig bis zu 12 Wechselströme verschiedener Frequenz gesandt werden. Wechselstromrelais, die von Telegraphenapparaten im Ortstromkreis gesteuert werden, schicken die Wechselströme im Takt der Telegraphierzeichen zerhackt über einen gemeinsamen Sendeverstärker in die Leitung. Am anderen Ende wird das Schwingungsgemisch abermals verstärkt und durch Wellensiebe wieder in Einzelschwingungen aufgelöst. Bis jetzt sind nach dieser Betriebsweise innerhalb Deutschlands zwischen 13 Hauptbetriebs- und Knotenpunkten des Fernkabelnetzes 24 Wechselstromtelegraphen-Verbindungen zu je 6 Doppelkanälen eingerichtet und damit bisher 140 Telegraphenverbindungen in einer Gesamtlänge von rd. 71 000 km in Fernkabel geschaltet worden. Auch mit ausländischen Orten (Amsterdam, Rotterdam, Basel, Zürich, Wien) sind gleichartige Verbindungen in Betrieb. Die Verbindung Frankfurt a. M.—Zürich ist für 12 Doppelkanäle eingerichtet, wovon 6 die bisherige 6-Wellen-Verbindung ersetzen, die übrigen 6 zwischen Frankfurt und Mailand betrieben werden sollen. Auch zwischen Berlin und Frankfurt ist eine 12-Wellen-Verbindung mit gutem Erfolg eingesetzt.

Während die Wechselstromtelegraphie die Sprechadern ausschließlich für sich beansprucht, gestattet die Unterlagerungstelegraphie die gleichzeitige Benutzung der Sprechadern für das Sprechen und Telegraphieren. Für das Sprechen werden nur die Schwingungen von mehr als 300 Hz, für das Telegraphieren nur diejenigen von weniger als 150 Hz gebraucht. Die über den gemeinsamen Stromweg geführten Telegraphier- und Sprechströme werden an den Leitungsenden durch Kondensator- und Spulenketten voneinander getrennt. Für jede Telegraphierrichtung wird eine Ader benutzt. Neuerdings ist mit gutem Erfolge eine Schaltung für Gegensprechbetrieb durchgebildet worden, die bei Benutzung von nur einer Ader gleichzeitiges Telegraphieren in beiden Richtungen gestattet. In Deutschland werden z. Z. bei rd. 40 Betriebs- und Verstärkerämtern Einrichtungen für Unterlagerungstelegraphie mit Gegensprechbetrieb aufgestellt. Damit werden rd. 52 000 km unterirdische, in beiden Richtungen gleichzeitig zu benutzende Telegraphierwege geschaffen.

Im Laufe einiger Jahre werden die deutschen Telegraphenverbindungen zum überwiegenden Teil auf den betriebsicheren Kabelweg überführt werden. Die große Zahl der verfügbaren Telegraphierwege im Fernkabelnetz bietet ferner die Möglichkeit, nach amerikanischem Vorbild für große Unternehmungen (Banken, Maklergeschäfte, Handels- und Industrieunternehmen) unmittelbare Telegraphenverbindungen mit Zweigniederlassungen, Tochterunternehmungen usw. in anderen Orten einzurichten. Zum Betrieb solcher Anlagen dienen Telegraphenapparate mit Schreibmaschinentastatur, die wie eine Schreibmaschine von jedermann bedient werden können und sehr leistungsfähig sind. Die Nachrichten werden durch den Empfangsapparat auch aufgenommen, ohne daß jemand zugegen zu sein braucht. Solche Telegraphenverbindungen sind besonders wertvoll für Mitteilungen, bei denen die schriftliche Festlegung zur Sicherung genauer und zweckgetreuer Weitergabe und nachträglicher Kontrollierbarkeit erwünscht ist. (Giesecke, Europ. Fernspr. 1930, II. 15, S. 44.) *Bkm.*

Fernmeldekabel-Abschlußgerät. — Bisher waren die gußeisernen Endverschlüsse von Fernmeldekabeln für die Schaltstellen im Außennetz mit Platten versehen, die an der Schaltseite offen und dadurch Feuchtigkeit, Staub und Rauch ausgesetzt waren; die Drahtführung war selten einwandfrei und Isolationsmängel unausbleiblich. Auch ein besonderes Gehäuse, das im Freien doppelwandig sein mußte, konnte wirksam nicht helfen. Die neue, aus hochwertigem Isolierpreßstoff hergestellte Platte der Firma W. Quante, Elberfeld, hat einen Unterteil mit eingepreßten Löt- oder Klemmstiften und einen Abschlußdeckel, der mit unverlierbaren Schrauben befestigt wird. Zur Verlängerung des Kriechweges sitzen die Anschlußstifte in der Rückseite der Platte — Kabelseite — auf abgegrenzten Erhöhungen; in der Vorderseite enden sie in abgegrenzten Vertiefungen. Die Führung der Schaltdrähte ist zwangsläufig; zu diesem Zweck gehen von den Anschlußstiften Rillen zum Außenrand der Platte (Abb. 10). Der Deckel (Abb. 11) paßt genau in die Auskerbungen und Erhöhungen des Unterteils und greift verzahnt in dessen Rand, so daß die ganze Schaltstelle dicht abgeschlossen wird, und Feuchtigkeit, Staub und Rauch keinen Zutritt mehr haben. Zur Leitungsbezeichnung können auf dem Deckel auswechselbare Streifen eingesetzt werden, und durch Plombenverschluß läßt sich die Schaltstelle sichern. Der ganze Aufbau ist gut durchgebildet und gewährleistet eine betriebsichere Leitungsführung. Auch die Wirtschaftlichkeit wird gesteigert, weil die Schaltstellen in Gebäuden künf-

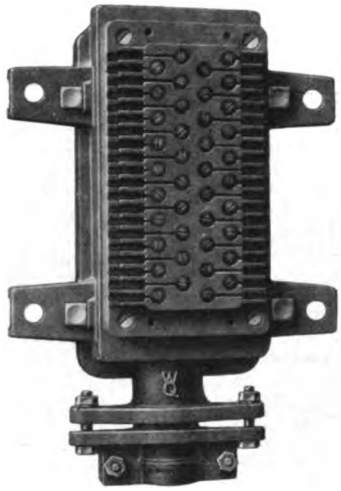


Abb. 10. Kabelendverschluß mit verdeckt liegenden Anschlußstiften (offen).

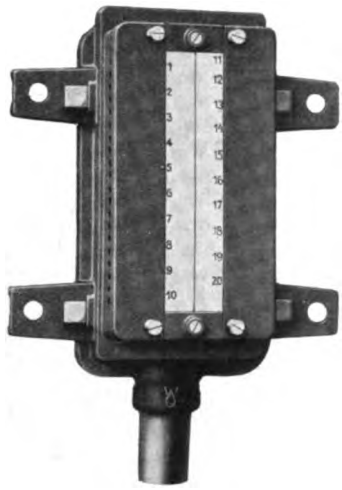


Abb. 11. Kabelendverschluß mit verdeckt liegenden Anschlußstiften (geschlossen).

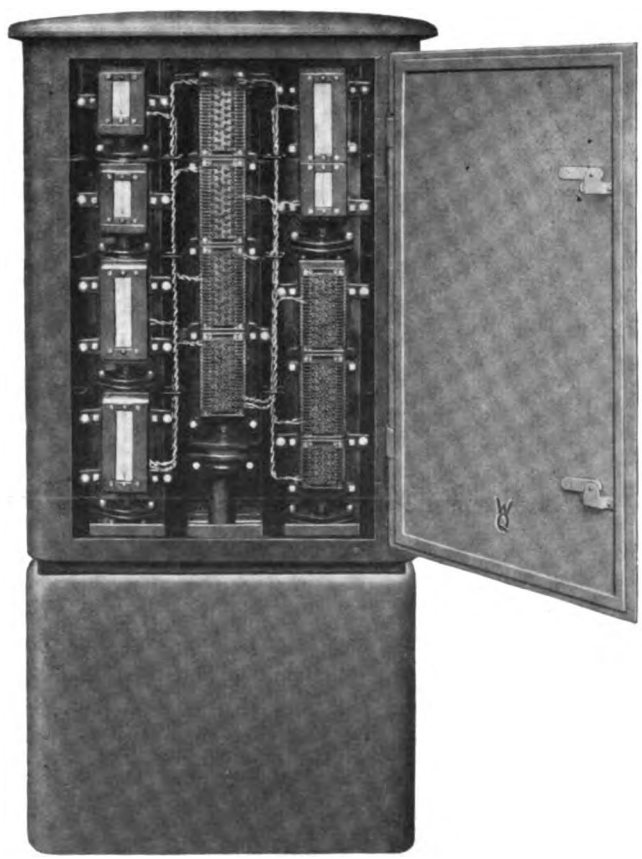


Abb. 12. Einwandiger Kabelverzweiger, ausgerüstet mit Endverschlüssen nach Abb. 10 und 11.

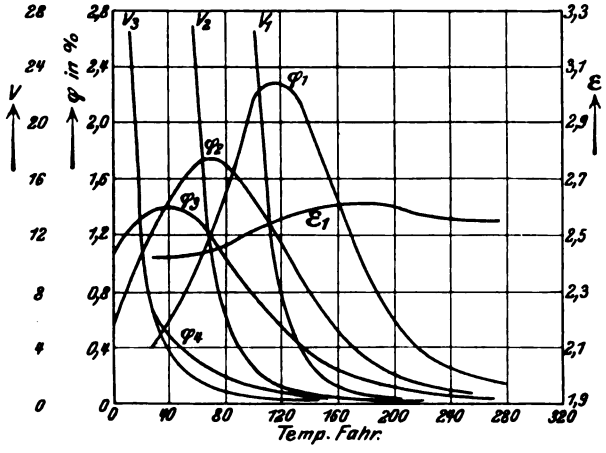
tig kein besonderes Gehäuse mehr brauchen und im Freien einwandige Gehäuse genügen. Abb. 12 stellt einen Kabelverzweiger mit den neuen Endverschlüssen dar. *um.*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

Leistungsfaktor und Dielektrizitätskonstante in viskosen Dielektriken. — Zur Klärung des Verhaltens der Dielektrika im Wechselfeld und insbesondere der Veränderungen, denen die Dielektrizitätskonstante und der Leistungsfaktor unterworfen sind, zieht Kitchin eine neuere Molekulartheorie, die Dipoltheorie von P. De-

Digitized by Google

bye, in recht überzeugender Weise heran. Dieses Vorgehen ist schon darum bemerkenswert, weil hier darauf verzichtet wird, auf dem Hilfswege über Unreinigkeiten und Fremdstoffe zu einer Erklärung zu kommen, sondern daß alle Vorgänge rein molekulartheoretisch erklärt werden. Die Dipoltheorie nimmt das Vorhandensein von Stoffen an, deren Moleküle starre Doppelformen, Dipole, enthalten, deren Bestreben es ist, sich in Richtung einwirkender elektrischer Felder einzustellen und damit die Moleküle selbst zur Bewegung zu bringen. Da einer solchen Bewegung die vorhandene Wärmebewegung der Moleküle entgegenwirken muß, wird der sich ergebende Effekt temperaturabhängig sein. Da ferner die Beweglichkeit der Moleküle von der Viskosität des Mediums, in dem sie sich befinden, abhängen wird, die Viskosität aber selbst eine Funktion der Temperatur ist, so ergibt sich hier eine weitere Temperaturabhängigkeit. Die eintretende Polarisierung wird elektrisch sich in den Werten der Materialkonstanten zu erkennen geben, u. zw. in ihrem erreichten Grad am Wert der Dielektrizitätskonktanten, durch ihren Energieverbrauch durch das Auftreten dielektrischer Verluste, also durch Beeinflussung des Leistungsfaktors. Tatsächlich ist beim Einfrieren flüssiger Dielektrika am Gefrierpunkt ein plötzlicher Abfall im Wert der Dielektrizitätskonstanten festgestellt sowie beim Abkühlen von Stoffen, deren Viskosität sich hierbei ändert, ein allmähliches Sinken dieser Konstanten beobachtet worden. Zur Nachprüfung der Theorie hat Kitchin Messungen des Leistungsfaktors und von ε an Harz, Harzöl, Ölgemischen und Rizinusöl über große Temperaturbereiche durchgeführt und ist hierbei zu Kurven gekommen, die eine recht einleuchtende Diskussion zulassen Abb. 13 zeigt Kurven der Dielektrizitäts-



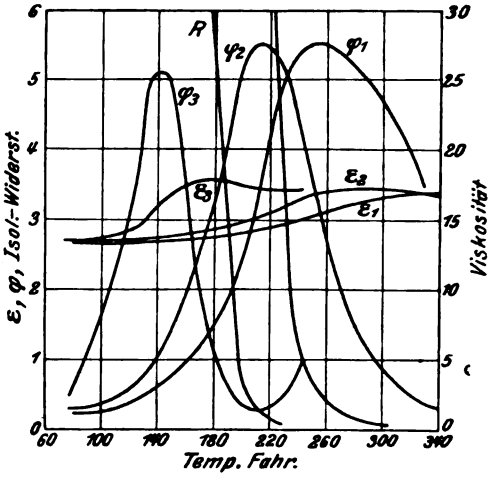
ε Dielektrizitätskonstante
φ Leistungsfaktor in %
V Viskosität (n. Stormer)

1 reines Harzöl (50 % Harz)
2 80 T. Harzöl, 20 T. Verdünnung
3 50 T. „ 50 T. „
4 20 T. „ 80 T. „

Abb. 13*. Dielektrizitätskonstante, Leistungsfaktor und Viskosität von Harzöl in verschiedenen Verdünnungen.

konstanten, des Leistungsfaktors und der Viskosität, die an Harzöl in reinem Zustande sowie an Verdünnungen steigenden Grades mit einem dünnflüssigen Spezialöl mit vernachlässigbar kleinem Leistungsfaktor gewonnen wurden. Die Kurven für das reine Harzöl zeigen in den elektrischen Werten Maxima, deren Lage im Temperaturgefälle mit einem rapiden Anstieg der Viskosität zusammenfällt. Die Theorie ließ diese Kurven erwarten; denn mit zunehmender Viskosität mußte die gehemmte Beweglichkeit der Dipole zu einem Sinken von ε führen. Zur Erklärung des stark ausgeprägten Maximums in der Leistungsfaktorkurve wird folgende Überlegung angestellt: Die Größe des Leistungsfaktors ist bestimmt durch zwei Größen, nämlich den Betrag der Bewegung, deren Funktion ε ist, und die Viskosität, die diese Bewegung zu hemmen sucht. Im oberen Temperaturbereich findet die Bewegung in dem flüssigen Medium kaum Hemmungen, und Wärmeverluste treten so gut wie gar nicht auf; der Leistungsfaktor ist klein. Mit fallender Temperatur steigt die Viskosität an und damit der Reibungsverlust; es muß demnach ein Ansteigen des Leistungsfaktors erfolgen. Die eingetretene Hemmung wird aber wiederum zu einem Punkt kommen, wo jede Bewegung verhindert wird und damit auch jeder Reibungsverlust; der Leistungsfaktor muß also wieder sehr kleine Werte annehmen und somit einen Maximalwert überschreiten, der sich an der Stelle ausbildet, wo die Resultierende aus Bewegung und Reibung den Höchstwert erreicht. Nach dieser Erklärung ist es sofort klar, daß bei dem verdünnten Öl die Maxima der Leistungsfaktorkurven mit steigendem Grad der Verdünnung sich im Temperaturbereich nach unten verlagern.

Die Annahme einer vom Viskositätsgrad mehr oder weniger gehemmten Bewegung der Dipole führt zu einer einfachen Erklärung der Frequenzabhängigkeit der betrachteten Werte. Zur Erläuterung dienen die Kurven der Abb. 14, die mit den Meßfrequenzen 10^7, 10^6 und 60 Hz an



V, φ, ε wie in Abb. 13 R Isolationswiderstand in Ω. 10^{13}/cm³
1 Meßfrequenz 10^7 Hz 2 Meßfrequenz 10^6 Hz
3 Meßfrequenz 60 Hz.

Abb. 14. Frequenzabhängigkeit.

Harz aufgenommen wurden. Bei 80 ° F (26,6 ° C) ist ε für alle drei Frequenzen gleich, da bei der außerordentlich hohen Viskosität des Harzes bei dieser Temperatur eine Dipolbewegung überhaupt nicht zustande kommt. Bei höheren Temperaturen, also bei niederer Viskosität, ändert sich das Bild. Für 60 Hz besitzen die Dipole bereits bei 180 ° F (82 ° C) ihre volle Beweglichkeit, was durch das Maximum in der entsprechenden Kurve seinen Ausdruck findet. Die beiden Radiofrequenzen verlangen dagegen wesentlich höhere Temperaturen bzw. niedrigere Viskositätsgrade, um die Dipole zum Folgen zwingen zu können. Die Erläuterung der Leistungsfaktorkurven, deren Maxima mit steigender Frequenz sich in das Gebiet der niederen Viskosität verlagern, braucht hiernach wohl nicht mehr gegeben zu werden.

Ganz ähnliche Kurven sind an Rizinusöl ermittelt worden. Ferner führte Verfasser gemeinsame Versuche mit Prof. H. Müller[1] vom Massachusetts Institute of Technology über den Kerr-Effekt aus, die, gleichfalls an Harz durchgeführt, die Anwendung der Dipoltheorie zulassen. Des Interesses halber bringt Verfasser noch Kurven von Kautschuk-Schwefel-Mischungen, die jedoch zu ihrer Klarstellung eingehenderer Versuchsarbeit bedürfen. (D. W. Kitchin, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 48, S. 281.)

Wn.

Jahresversammlungen, Kongresse, Ausstellungen.

Deutscher Auskunftspavillon auf der Weltausstellung Lüttich. — Die Association Economique Belgo-Allemande, Brüssel, hat mit Unterstützung des Deutschen Ausstellungs- und Messe-Amtes sowie verschiedener Industrie- und Handelskammern auf der Weltausstellung einen Auskunftspavillon errichtet, in dem deutsche Firmen gegen eine Unkostengebühr ihre Drucksachen den internationalen Interessenten zur Verfügung stellen können. Nähere Auskunft erteilt das oben genannte Amt, Berlin W 10, Königin-Augusta-Straße 28.

Ein Temple of Power auf der Weltausstellung Chicago 1933. — Eine Gruppe führender amerikanischer Elektroingenieure hat dem Vorsitzenden des National Research

* Umrechnung Fahrenheit in Celsius: C = 5/9 (F − 32).

[1] D. W. Kitchin u. H. Müller, Phys. Rev. Bd. 32, S. 979.

Digitized by Google

Council Science Advisory Committee nach Power den Vorschlag gemacht, in einem „Temple of Power" zu nennenden Gebäude der Ausstellung auf der einen Seite die Erzeugung elektrischer Arbeit unter Vorführung eines Dampfkraft- und eines Wasserkraftwerks sowie einer Anlage mit Verbrennungsmotoren, auf der anderen Seite die verschiedenen Anwendungen der Elektrizität in der Industrie, dem Haushalt usw. zu zeigen. Zwischen diesen beiden Abteilungen soll die Übertragung und Verteilung elektrischer Arbeit zur Darstellung kommen. Rotierende Stände werden überall die Besichtigung erleichtern. Auf den Galerien ist eine wissenschaftliche und historische Ausstellung geplant. Zu den Mitgliedern des für die Durchführung dieses Projekts gebildeten Komitees gehören, wie Power mitteilt, Männer der ersten Elektrizitätslieferungsgesellschaften, wie der Commonwealth Edison Co. of Chicago, der Southern California Edison Co., der Detroit Edison Co., der New York Edison Co., der Pacific Gas & Electric Co., San Franzisko, u. a.

Energiewirtschaft.

Aus der deutschen Elektrizitätswirtschaft[1]. — Nach dem Jahresbericht des Städtischen Betriebsamts Bielefeld ist 1929 der Stromverbrauch in der Großindustrie um 4,8 % zurückgegangen, der des Kleingewerbes, der Haushaltungen und der Landwirtschaft für Kraftzwecke aber um 11 % gestiegen; die Abgabe für Beleuchtung erhöhte sich ebenfalls um diesen Prozentsatz. Erzeugt wurden 42,717 Mill kWh, d. s. 2,5 % mehr als im Vorjahr (41,687 Mill kWh). An der nutzbaren Stromentnahme von insgesamt 36,279 Mill kWh (35,539 i. V.) waren die Großindustrie mit 55,5, Kleingewerbe, Landwirtschaft und Haushalt (Kraft) mit 13,6, der Lichtkonsum mit 18,2 % beteiligt. Die Drehstromzentrale (30 800 kW) hatte eine Höchstbelastung von 14 400 kW (15 000 i. V.), die Benutzungsdauer des Zentralenmaximums ist von 2780 auf 2970 h gestiegen, der Kohlenverbrauch je an die Sammelschienen abgegebene Kilowattstunde von 0,799 auf 0,762 kg und der Wärmeverbrauch von 5830 auf 5585 WE gesunken. Bei 47 782 kW Gesamtanschlußwert (44 552 i. V.) entfielen auf 1000 angeschlossene Einwohner 251,3 kW (235,4 i. V.), Anlagekosten: 21,415 Mill RM (19,336 i. V.), Betriebsüberschuß: 2 547 459 RM (2 335 856 i. V.), Reingewinn: 1,3 Mill Reichsmark (1,250 i. V.).

Die Überlandzentrale Pommern AG., Stettin, hat 1929 in den Dampfkraftwerken Stralsund, Swinemünde, Neubrandenburg und Belgard mit jetzt zusammen 72 140 kVA Maschinenleistung 77,960 Mill kWh (70.231 i. V.) und in acht eigenen Wasserkraftwerken (20 105 kVA) 24,797 Mill kWh (31,093 i. V.) erzeugt, vom Großkraftwerk Stettin 55,330 Mill kWh (48,406 i. V.) und von den Wasserkraftwerken Glambocksee und „Heyka" sowie von sonstigen Strom liefernden Werken einschl. des MEW 21,008 Mill kWh (19,314 i. V.) bezogen, so daß sich insgesamt 179,095 Mill kWh ergeben (169,044 i. V.). Die nutzbare Abgabe betrug 141,474 Mill kWh (132,741 i. V.), von denen 40,337 Mill kWh auf die Landwirtschaft, 41,799 auf Städte und Elektrizitätswerke und 46,434 Mill kWh auf die Gewerbe entfielen. Der Stromabsatz ist somit um 6,7 % gegen das Vorjahr gestiegen, u. zw. bei der Landwirtschaft um etwa 3,9, bei der Städtegruppe um 8.8 und beim Gewerbe um 8,3 %. Die Umformungs- und Netzverluste betrugen durchschnittlich 21 % des ganzen Strombedarfs (21,5 i. V.). Wie der Vorstand bemerkt, wird die Gesellschaft, wenn nicht eine merkliche Belebung in der Wirtschaft eintritt, mit einem vorläufigen Stillstand der Stromabsatzbewegung rechnen müssen. Sie hat die Leistung der Zentrale Belgard um 13 350 kVA erweitert, das Kraftwerk Flederborn und die Freiluftstation Pasewalk (Stromübergabe vom MEW) in vor einem halben Jahr durch Einsturz von Dammeinbauten wieder gehinderten Betrieb genommen. Im Bau begriffen ist u. a. das Wasserkraftwerk Jastrow (2920 kVA). Stromeinnahmen: 17 950 297 RM (16 581 078 i. V.), verschiedene Einnahmen: 671 632 RM (644 382 i. V.), Reingewinn: 1 828 774 RM (1 839 756 i. V.), Dividende: 2.25 % auf 74 Mill RM Aktienkapital (2,5 %).

Im Jahr 1929 haben die Pfalzwerke AG., Ludwigshafen a. Rh., einen Gesamtanschlußwert ohne Bahnen von 127 062 kW erreicht (121 985 i. V.), ferner 115,998 Mill kWh erzeugt und bezogen (102,743 i. V.) und insgesamt 106,963 Mill kWh verkauft (94,874 i. V.), wovon diesmal nur 0,648 Mill kWh an fremde Werke gingen (2,559 i. V.). Die Leistung des Kraftwerks, das wieder zur Spitzendeckung herangezogen wurde, betrug unverändert 6000 kW. Das 100 kV-Umspannwerk in Ludwigshafen a. Rh.-Mundenheim (zunächst 35 000 kW) ist im laufenden Jahr dem Betrieb übergeben worden. Die beiden 100 kV-Leitungen von Homburg—Kaiserslautern und von Landau her hat die Gesellschaft vor der alten Station Mundenheim zu einer Doppelleitung vereinigt und in das neue Umspannwerk eingeführt. Am Ende des Berichtsjahres bezogen etwa 12 000 Abnehmer elektrische Arbeit nach dem Zimmertarif, während 49 000 Lichtstromkonsumenten zu den normalen Kleinabnehmerbedingungen beliefert werden. Das Kraftwerk Homburg AG. (Saar), an dem die Berichterstatterin beteiligt ist, wird demnächst über 45 000 kW verfügen und hat 1929 insgesamt 73,311 Mill kWh erzeugt und bezogen (49,538 i. V.) und 66,947 Mill kWh abgesetzt (44,257 i. V.). Einnahmen der Pfalzwerke: 10 370 313 RM (10 017 624 i. V.), Gesamtgewinn mit Vortrag: 763 474 RM (754 615 i. V.), Dividende: wieder 8 % auf 9 Mill RM Aktienkapital.

Der Vorstand der Überlandzentrale Grenzmark AG., Flatow i. Westpr., kritisiert in seinem Geschäftsbericht für 1929 eingehend die wirtschaftlichen Verhältnisse und bemerkt, daß von den alt angeschlossenen landwirtschaftlichen Betrieben, wozu auch die Müllereien gerechnet werden sollen, leider viele zum Erliegen gekommen und z. T. für die Stromversorgung ganz ausgefallen, z. T. erheblich eingeschränkt worden seien. Der Strombedarf habe sich des weiteren überall dort verringert, wo Güter gesiedelt wurden, weil einmal den Siedlern die Mittel, ihre Anwesen für den elektrischen Betrieb einzurichten, fehlten, und dann das Restgut bei weitem nicht in der Lage war, Strom in dem Ausmaß für sich zu gebrauchen wie vor der Siedlung. Trotz aller Warnungen hätten es die im Osten Deutschlands arbeitenden Siedlungsgesellschaften nicht zuwege gebracht, die von ihnen erbauten Siedlungen von Anfang an für den elektrischen Betrieb einzurichten. Durch die von der Gesellschaft angewendeten Tarife, die den Strompreis automatisch in Abhängigkeit von der Ausnutzung der Anlagen regeln, wurde der mittlere Verkaufspreis von 20,2 auf 18,4 Pf/kWh gesenkt. Bezogen hat das Unternehmen 2,400 Mill kWh (2,279 i. V.), d. s. 5,3 % mehr als 1928, und der nutzbare Stromabsatz hat sich von 1,918 auf 2,036 Mill kWh, mithin um 6,2 % erhöht, während die Netzverluste von 17 auf 15,2 % zurückgegangen sind. Einnahmen aus Stromlieferung: 410 218 RM (395 840 i. V.), aus Zinsen und als Überschuß der Installationsabteilung: 34 739 RM (55 349 i. V.), Reingewinn: 85 888 RM (102 527 i. V.), Dividende: 10 % auf 0,804 Mill RM Stammaktienkapital (12 % i. V.).

Erzeugung und Verbrauch elektrischer Arbeit in Deutschland[1]. — Die Erzeugung der 122 Elektrizitätswerke war im Mai 1930 insgesamt um 6,2 Mill kWh und arbeitstäglich um 2,243 Mill kWh (4.3 %) schwächer (zum erstenmal seit 1926) als im Parallelmonat des Vorjahres. Neben den saisonmäßigen machten sich auch, wie das Statistische Reichsamt bemerkt, konjunkturelle Einflüsse geltend. Der Anschlußwert der von 103 Werken unmittelbar belieferten gewerblichen Abnehmer ist im April, verglichen mit dem gleichen Monat von 1929, um 0,274 Mill kW (6 %) gestiegen, dagegen hat sich ihr Verbrauch insgesamt um 24,4 Mill kWh (5 %) und arbeitstäglich um 0,167 Mill kWh verringert.

Monat	Arbeitstage		Von 122 Elektrizitätswerken selbst erzeugte Mill kWh insgesamt		Von 122 Elektrizitätswerken selbst erzeugte Mill kWh arbeitstäglich		Anschlußwert und Verbrauch der von 103 Elektrizitätswerken direkt belieferten gewerblichen Abnehmer: Anschlußwert Mill kW		Gesamtverbrauch Mill kWh		arbeitstäglicher Verbrauch insgesamt Mill kWh		arbeitstäglicher Verbrauch kWh/kW Anschlußwert	
	1930	1929	1930	1929	1930	1929	1930	1929	1930	1929	1930	1929	1930	1929
I.	26	26	1555,7	1443,6	59,8	55,5	4,6	4,3	545,0	540,0	21,0	20,8	4,6	4,8
II.	24	24	1392,4	1282,0	58,0	53,4	4,6	4,3	512,3	499,3	21,3	20,8	4,7	4,8
III.	26	25	1425,9	1306,9	54,8	52,3	4,6	4,3	523,4	510,2	20,1	20,4	4,4	4,7
IV.	24	25	1286,1	1299,1	53,6	52,0	4,6	4,3	487,2	511,6	20,3	20,5	4,4	4,7
V.	26	25	1296,4	1302,6	49,9	52,1	.	4,3	.	510,4	.	20,4	.	4,7

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 1152.

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1175; 1930, S. 1052.

Digitized by Google

VEREINSNACHRICHTEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

**Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 1 Kurfürst Nr. 5862—64.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.**

Bekanntmachung.

Ausschuß für den elektrischen Sicherheitsgrad.

Unter Berücksichtigung der Einsprüche, die auf den Entwurf II der Vorschriften für den elektrischen Sicherheitsgrad von Starkstromanlagen (ETZ 1928, S. 1557) eingegangen waren, hat der Ausschuß für den elektrischen Sicherheitsgrad einen 3. Entwurf aufgestellt, der nachstehend bekanntgegeben wird. Dieser Entwurf soll der Jahresversammlung 1931 zur Beschlußfassung vorgelegt werden.

Einsprüche sind in zweifacher Ausfertigung bis zum 15. Oktober 1930 an die Geschäftstelle zu richten.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

Entwurf III.

Vorschriften für den elektrischen Sicherheitsgrad von Starkstromanlagen mit Betriebspannungen von 1000 V und darüber V. S. G./1932.

Inhaltsübersicht

I. Gültigkeit.

§ 1. Geltungsbeginn.
§ 2. Geltungsbereich.

II. Begriffserklärungen.

§ 3.

III. Bestimmungen.

§ 4. Prüfung von Einzelteilen.
§ 5. Einteilung der Prüfungen.
§ 6. Frequenz der Prüfspannung.
§ 7. Besondere Bestimmungen für die Typenprüfung.
§ 8. Geräte mit fester und flüssiger Isolation.
§ 9. Beanspruchung der Isolation.
§ 10. Prüfspannungen.
§ 11. Durchführung der Spannungsprobe.
§ 12. Prüftransformator.
§ 13. Überschlagspannung.
§ 14. Kriechstrecken. Gleitfunken. Schlagweite.
§ 15. Naßprüfung.
§ 16. Sternpunkterdung.
§ 17. Isolierung von Sternpunkt und Sternpunktleitungen.
§ 18. Einpolige Erdung.
§ 19. Hochspannungs-Gleichstromanlagen
§ 20. Maschinen, Leitungen, Kondensatoren usw.
§ 21. Vollständige Anlagen.

I. Gültigkeit.

§ 1.

Geltungsbeginn.

Die Vorschriften treten am 1. Januar 1932 in Kraft.

§ 2.

Geltungsbereich.

a) Die Vorschriften gelten für elektrische Starkstromanlagen von 1 kV an. Ihnen unterliegen alle der Betriebspannung ausgesetzten Teile der Anlage, also Isolatoren (wie Freileitungs-Isolatoren, Stützer, Durchführungen, Endverschlüsse), Klemmen oder Durchführungen von Transformatoren, Erdisolierung von Kondensatoren, ferner ganze Geräte, wie Schalter, Meßwandler, Kurzschlußdrosselspulen, Überspannungsschutzgeräte usw.

Für Maschinen, Transformatoren, isolierte Leitungen, Kabel mit ihren Muffen, Innenisolierung von Kondensatoren sowie Elektrowärmegeräte gelten außerdem noch besondere Bestimmungen.

b) Die Prüfvorschriften beziehen sich auf neues Material vor dem Einbau in die Anlage, das bis zu Höhen von 1000 m über dem Meere verwendet wird.

c) Die Prüfung der gesamten Schalt- und Leitungsanlage wird durch § 21 geregelt.

II. Begriffserklärungen.

§ 3.

a) Nach den „Spannungen für elektrische Starkstromanlagen" gilt folgendes:

Die Spannung U irgendeines Teiles der elektrischen Anlage kann sich sowohl zeitlich als auch örtlich ändern. Im allgemeinen wird sie um bestimmte Mittelwerte herum schwanken.

Als Betriebspannung U_b wird die Spannung bezeichnet, die in leitend zusammenhängenden Netzteilen an den Klemmen der Stromverbraucher im Mittel zeitlich und örtlich vorhanden ist. Als Stromverbraucher gelten außer Lampen, Motoren usw. auch Primärwicklungen von Transformatoren.

Als Nennspannung U_n wird die Spannung von Maschinen, Transformatoren, Apparaten, Leitungen, Geräten usw. bezeichnet, für die sie bemessen, gebaut und benannt sind.

Die den Zahlenwerten von § 3 der „Spannungen für elektrische Starkstromanlagen" entsprechenden Nennspannungen von Maschinen, Apparaten, Leitungen usw. heißen: Genormte Nennspannungen.

Wird bei Maschinen, Transformatoren, Apparaten und Geräten, die Wicklungen oder Widerstände enthalten, deren Windungszahl oder Widerstandswert einerseits, die Isolation andererseits nach verschiedenen Spannungen bemessen, so wird als Nennspannung die Spannung bezeichnet, nach der die Spannung führende Wicklung oder der Spannung führende Widerstand bemessen ist, als Reihenspannung U_r die genormte Spannung, nach der die Isolation bemessen ist. Reihenspannung kommt nur von 1 kV an in Frage und entspricht stets einer der genormten Betriebspannungen.

Prüfspannung U_p ist der Wert der Spannung, die dem zu prüfenden Gegenstand entsprechend den nachstehenden Bestimmungen nach beendeter Herstellung aufgedrückt wird.

Überschlagspannung $U_{\ddot{u}}$ ist der Spannungswert, der bei allmählicher Steigerung der Spannung zum Überschlag in Luft außerhalb der festen oder flüssigen Isolierstoffe führt.

Durchschlagspannung U_d ist der Spannungswert, der bei allmählicher Steigerung der Spannung zum Durchschlag innerhalb der festen oder flüssigen Isolierstoffe führt.

Zur Feststellung der Durchschlagspannung ist es meistens erforderlich, den zu prüfenden Gegenstand in einen elektrisch festeren Isolierstoff als Luft einzubetten.

b) Der Prüfgrad ist das Verhältnis der Prüfspannung U_p zur Reihenspannung U_r oder zur Nennspannung U_n.

Der Überschlagsgrad eines Isolators oder Gerätes ist das Verhältnis der Überschlagspannung $U_{\ddot{u}}$ zu seiner Reihenspannung U_r.

c) Kriechstrecke ist der kürzeste Weg, auf dem ein Stromübergang längs der Oberfläche eines Isolierkörpers zwischen Spannung führenden Teilen untereinander oder zwischen Spannung führenden Teilen und Erde eintreten kann.

Schlagweite (Luftstrecke) ist der kürzeste Weg, gemessen in der Luftlinie zwischen Spannung führenden Teilen untereinander oder zwischen Spannung führenden Teilen und solchen Metallteilen, die mit Erde in Berührung kommen können.

d) Der Sicherheitsgrad der Anlage ist das Verhältnis der geringsten Überschlagspannung $U_{\ddot{u}}$ an irgendeiner Stelle der ganzen Anlage zu ihrer Betriebspannung U_b.

Alle diese Angaben beziehen sich bei Wechselstrom auf den Effektivwert der sinusförmigen Spannung von 50 Hz, gleichgültig, wie groß die Betriebsfrequenz ist.

Digitized by Google

III. Bestimmungen.

§ 4.

Prüfung von Einzelteilen.

a) Voller Prüfgrad:

Die einzelnen Geräte der Anlage müssen im allgemeinen mit der gleichen Spannung geprüft werden, auch wenn sie verschiedene Leistung, Größe oder Lage in der Anlage haben.

b) Erhöhter Prüfgrad:

Es ist jedoch zulässig, für gewisse Teile der Anlage eine höhere Reihenspannung zu wählen.

c) Eingeschränkter Prüfgrad:

Bei Nennspannungen von 1 ... 10 kV sind niedrigere Prüfgrade zulässig für alle Gleichstromgeräte und für solche Wechselstrom-, Anlaß- und Steuergeräte, die hinter Schaltgeräten oder Sicherungen liegen, die zuverlässige Abtrennung bei auftretenden Fehlern gewährleisten und selbst den vollen Prüfgrad haben.

§ 5.

Einteilung der Prüfungen.

a) Die Prüfung der Innenraum- und Freiluftisolatoren und -geräte wird im trockenen Zustand als Stückprüfung ausgeführt. Für die Prüfung der Freiluftisolatoren und -geräte sowie der Transformatordurchführungen unter Regen genügt die Typenprüfung.

§ 6.

Frequenz der Prüfspannung.

a) Die Prüfungen nach § 5 sind mit 50 Hz für Gleich- und Wechselspannungsgeräte vorzunehmen. Für Typenproben mit Sprung- oder Stoßwellen, gedämpften Hochfrequenzschwingungen und Gleichspannung gelten Sondervorschriften.

§ 7.

Besondere Bestimmungen für die Typenprüfung.

a) Bei der Typenprüfung von Innenraum- und Freiluftisolatoren und -geräten ist das im normalen Betrieb herrschende elektrostatische Feld, besonders das gegen Erde, möglichst getreu nachzuahmen.

§ 8.

Geräte mit fester und flüssiger Isolation.

a) Die Durchschlagspannung von Schaltgeräten und Meßwandlern mit fester oder flüssiger Isolation muß größer als der in § 13 festgesetzte Mindestwert der Überschlagspannung in Luft sein.

§ 9.

Beanspruchung der Isolation.

a) Die Anordnung von Isolatoren und Apparaten und die Bemessung ihrer Isolation muß so sein, daß bei einem Überschlag voraussichtlich nur geerdete Teile getroffen werden. Besonders sollten niemals Teile eines anderen Netzes getroffen werden, das für sich gegen Erde isoliert ist. Die Isolation von Netz zu Netz muß daher an den gefährdeten Stellen stärker als die Isolation jedes Netzes gegen Erde sein.

§ 10.

Prüfspannungen.

a) Die Prüfspannung U_p von Geräten und Leitungsteilen von vollisolierten Anlagen ist:

bei vollem Prüfgrad nach § 4 a)

von 1 ... 2,5 kV	$10\,U$
über 2,5 kV	$2{,}2\,U + 20$ kV,

bei eingeschränktem Prüfgrad nach § 4 c)

von 1 ... 10 kV	$3\,U + 2$ kV.

Im allgemeinen ist für U die Reihenspannung U_r einzusetzen.

b) Für die genormten Spannungswerte geben Tafel I a und I b die Prüfspannungen an.

Die für Wechsel- und Drehstrom angegebenen Prüfspannungen gelten für alle in der Starkstromtechnik üblichen Frequenzen.

c) Ist die Reihenspannung eines Gerätes oder Leitungsteiles höher als die Betriebspannung [§ 4 b)], so ist die Prüfspannung U_p der Reihenspannung U_r zuzuordnen.

d) Bei Innenisolatoren bezieht sich die Prüfspannung auf den trockenen, bei Freiluftisolatoren auch auf den nassen Zustand.

Tafel I a.

Prüfspannung für vollisolierte Anlagen nach § 4 a).

Stromart	Reihenspannung U_r kV	Prüfspannung U_p kV	Überschlagspannung § 13 kV	Schlagweite mm
A. Drehstrom von 50 Hz	1	10	11	40
	3	26	29	75
	6	33	36	100
	10	42	46	125
	15	53	58	160
	20	64	70	180
	30	86	95	260
	45	119	131	360
	60	152	167	470
	80	196	216	580
	100	240	264	720
	150	350	385	
	200	460	506	
	300	680	748	
B. Einphasenstrom von $16^2/_3$ Hz	6	33	36	100
	15	53	58	160
	30	86	95	260
	60	152	167	470
	100	240	264	720
	200	460	506	

Tafel I b.

Prüfspannungen für Geräte nach § 4 c).

Stromart	Reihenspannung U_r kV	Prüfspannung U_p kV	Überschlagspannung § 13 kV	Schlagweite mm
A. Gleichstrom (gilt auch für einpolig geerdete Anlagen)	1,1 ... 1,5	6	6,6	20
	2,2	8,6	9,5	30
	3	11	12	35
B. Anlasser und Steuergeräte für Wechsel- u. Drehstrom	1	5	5,5	20
	3	11	12	35
	6	20	22	75
	10	32	35	100

§ 11.

Durchführung der Spannungsprobe.

a) Die Dauer der Prüfung beträgt 1 min, sofern nicht Sonderbestimmungen eine längere Prüfdauer vorschreiben (z. B. „Regeln für die Konstruktion, Prüfung und Verwendung von Wechselstrom-Hochspannungsgeräten für Schaltanlagen, REH.“, § 69, und „Vorschriften für Bleikabel in Starkstromanlagen, V.S.K.“, § 9).

b) Bei der Prüfung ist die Spannung allmählich auf den vollen Wert der Prüfspannung zu steigern.

Als Regel gilt:

1. Bei der Vornahme der Spannungsprüfung darf nur höchstens 50 % der Endspannung durch Einschalten mittels Schalters auf das Prüfobjekt gegeben werden.

2. Die Steigerung der Spannung vom halben Wert zum Endwert soll stetig oder in einzelnen Stufen von höchstens je 5 % der Endspannung erfolgen.

3. Die Zeit der Spannungsteigerung vom halben Wert bis zum Endwert soll nicht kleiner als 10 s sein.

4. Die Prüfdauer wird vom Augenblick des Erreichens der vollen Prüfspannung ab gerechnet.

5. Diese Regeln beziehen sich auf sämtliche Spannungsproben von Isolatoren und Apparaten, also nicht nur auf die Spannungsprüfung, sondern auch auf die Überschlag- oder Durchschlagsprüfung.

§ 12.

Prüftransformator.

(Für die Mindestleistung des Prüftransformators sind besondere Bestimmungen in Vorbereitung.)

§ 13.

Überschlagspannung.

a) Der Mindestwert der Überschlagspannung muß 10 % über der Prüfspannung liegen. Die Überschlagsprüfung gilt als Typenprobe. Sie bezieht sich bei Transformatoren nur auf die Durchführungen. Die Zahlenwerte der Überschlagspannungen für die genormten Spannungen zeigen Tafel I a und b.

§ 14.

Kriechstrecken. Gleitfunken. Schlagweite.

a) Im Spannungsbereich von 1 ... 10 kV gelten für Geräte nach § 4 c) nachstehende Mindestmaße für Kriechstrecken:

Digitized by Google

Tafel II.
Kriechstrecken.

Nennspannung U_n kV	Kriechstrecke mm
1...1,5	25
2,2	37
3	50
6	—
10	—

b) Gleitfunken (längs der isolierenden Oberfläche) dürfen unter 80 % der Prüfspannungen nicht auftreten.

Bei Transformatoren und Spannungswandlern ist diese Prüfung gelegentlich der Spannungsprüfung der Durchführungen auszuführen.

Beim Steigern der Spannung wird die elektrische Festigkeit der umgebenden Luft im allgemeinen zuerst an scharfen Kanten der isolierten oder geerdeten Elektrode überschritten. Dieses äußert sich in einem gleichmäßigen Glimmen der Luft, die diesen Kanten unmittelbar benachbart ist. Bei weiterer Steigerung der Spannung können aus den Elektroden längere Büschel in die Luft oder Gleitfunken längs der Isolatoroberfläche herausschießen, die den anderen Pol nicht erreichen. Sie bilden keinen Überschlag, können aber den Isolator bei längerer Dauer beschädigen. Schließlich findet ein Funkenüberschlag von Elektrode zu Elektrode statt, der bei ausreichend starker Leistung der Spannungsquelle einen Kurzschlußlichtbogen bildet.

c) An Geräten mit vollem Prüfgrad ist die Schlagweite a in mm mindestens

$$a = 3\,U_p \qquad (U_p \text{ in kV}).$$

Die genauen Werte sind für die genormten Reihenspannungen in Tafel I a angegeben.

Für Geräte mit eingeschränktem Prüfgrad [§ 4 c)] gelten die Werte der Tafel I b.

§ 15.
Naßprüfung.

a) Die Naßprüfung von Freiluftisolatoren erfolgt bei Beregnung mit Wasser von 100 µS/cm (entsprechend 10 000 Ohm cm), das mit einer Regenstärke von 3 mm/min unter 45 ° auffällt.

Die Prüfung erfolgt nach einer Vorberegnung ohne Spannung von 5 min Dauer.

§ 16.
Sternpunkterdung.

a) Bei Drehstromanlagen mit Sternpunkterdung bis zu 100 kV Betriebspannung gelten die gleichen Prüfspannungen wie bei Anlagen mit isoliertem Sternpunkt nach § 10.

Bei Drehstromanlagen über 100 kV Betriebspannung mit kurzer Sternpunkterdung ist die Prüfspannung im allgemeinen nach der Formel in § 10 aus dem 0,75-fachen der Betriebs-, Reihen- oder Nennspannung, also entsprechend 1,65 U_b + 20 kV zu berechnen.

Die Überschlagspannung ist dabei ebenfalls nach § 13, die Gleitfunkengrenze nach § 14 zu berechnen.

b) Die Zahlenwerte der Prüfspannungen für die genormten Spannungswerte zeigt Tafel III.

Tafel III.
Prüfspannungen für geerdete Anlagen.

Reihenspannung U_r kV	Dreiphasen-Sternpunkt geerdet		Einphasen einpolig geerdet	
	Prüfspannung U_p kV	Überschlagspannung $U_{ü}$ kV	Prüfspannung U_p kV	Überschlagspannung $U_{ü}$ kV
1	10	11	26	29
3	26	29		
6	33	36	42	46
10	42	46		
15	53	58	64	70
20	64	70		
30	86	95	119	131
45	119	131		
60	152	167		
80	196	216		
100	240	264		
150	270	296		
200	350	385		
300	520	562		
400	680	747		

c) Die Werte der Tafeln I und III gelten auch für Durchführungen solcher Transformatoren und Spannungswandler, deren Nennspannung die in der Tafel stehende Reihenspannung bis zu 15 % überschreitet.

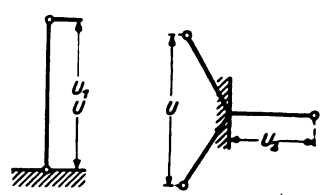
§ 17.
Isolierung von Sternpunkt und Sternpunktleitungen.

a) Die Ausführung des betriebsmäßig kurz geerdeten Sternpunktes ist für eine Reihenspannung zu bemessen, die mindestens 1/10 der Nennspannung entspricht. Sternpunktleitungen, die nicht kurz geerdet sind, müssen für die volle Prüfspannung des angeschlossenen Transformators isoliert werden. Sie sind als nicht geerdet zu betrachten.

§ 18.
Einpolige Erdung.

a) Bei dauernder Erdung eines Poles ist im allgemeinen die Prüfspannung nach der Formel im § 10 aus dem 1,25-fachen der Betriebs-, Reihen- oder Nennspannung zu berechnen. Bei Verwendung von genormten Spannungen für Einphasenstrom gelten die abgerundeten Werte der Prüfspannungen nach Tafel III.

Anmerkung zu §§ 16 und 18: Für die Höhe der Prüfspannung in Anlagen mit einpoliger Erdung oder mit Sternpunkterdung im Vergleich zur Prüfspannung für die am häufigsten verwendeten Drehstromanlagen mit isoliertem Sternpunkt kommen folgende Gesichtspunkte in Betracht, wobei die einfacheren Fälle vorangestellt sind:

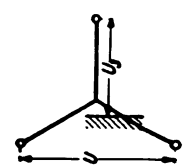


$U_1 = U$

Abb. 1.

$U_2 = \frac{U}{\sqrt{3}}$

Abb. 2.



$U_3 = \frac{1 + \frac{1}{\sqrt{3}}}{2}\,U$

Abb. 3.

Für einpolig geerdete einphasige Anlagen ist die auf die Isolation wirkende Spannung U_1 ständig gleich der vollen Betriebspannung U. Es ist also entsprechend Abb. 1

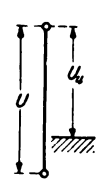
$$U_1 = U.$$

Für sternpunkt geerdete Drehstromanlagen nach Abb. 2 wirkt auf die Isolation ständig nur die Phasenspannung

$$U_2 = \frac{U}{\sqrt{3}}.$$

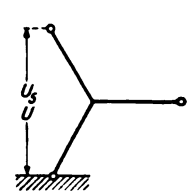
Bei sternpunkt isolierten Drehstromanlagen nach Abb. 3, die am häufigsten verwendet werden, wirkt bei gesundem Betrieb mit symmetrischem Spannungssystem nur die Phasenspannung auf die Isolation. Bei zeitweisem Erdschluß eines Poles hingegen wird die Isolation von der verketteten Spannung beansprucht. Da dieser Betrieb in jeder derartigen Anlage gelegentlich vorkommt, so entspricht die Spannung, die die Isolation beansprucht, erfahrungsgemäß einem Mittelwert aus verketteter Spannung und Phasenspannung, nämlich

$$U_3 = \frac{1 + \frac{1}{\sqrt{3}}}{2}\,U$$



$U_4 = U_3$

Abb. 4.



$U_3 = U$

Abb. 5.

Bei einphasigen ungeerdeten Anlagen nach Abb. 4 wird die Isolation, je nachdem die Spannungen der Pole symmetrisch zur Erde liegen oder ein vorübergehender Erdschluß auftritt, mit einem Mittelwert aus Nennspannung und halber Nennspannung beansprucht. Der Einfachheit halber wird mit dem gleichen Mittelwert wie bei isolierten Drehstromanlagen, also mit

$$U_4 = U_3$$

gerechnet.

Digitized by Google

Bei Drehstromanlagen mit dauernder einpoliger Erdung nach Abb. 5 wird die Isolation ständig mit der vollen verketteten Spannung

$$U_5 = U$$

beansprucht.

Als Grundwert für die Isolation muß der Wert U_3 für isolierte Drehstromanlagen betrachtet werden, denn auf diese Anlagen, deren Prüfspannungen im § 10 festgelegt sind, gründen sich im wesentlichen unsere Erfahrungen.

Als Richtwert für die Isolation von einpolig geerdeten Einphasen- oder Drehstromanlagen im Vergleich zu der Isolation von isolierten Drehstromanlagen gilt daher das Verhältnis

$$\frac{U_1}{U_3} = \frac{U_5}{U_3} = \frac{2}{1+\frac{1}{\sqrt{3}}} = \frac{2\cdot\sqrt{3}}{1+\sqrt{3}} = 1{,}26.$$

Als Richtwert für die Isolation von sternpunktgeerdeten Drehstromanlagen im Vergleich zu der Isolation von isolierten Drehstromanlagen gilt das Verhältnis

$$\frac{U_2}{U_3} = \frac{2}{1+\sqrt{3}} = 0{,}74.$$

Diese Zahlenverhältnisse entsprechen im Mittel ungefähr dem Stufungsverhältnis der normalen Spannungsreihe. Man kann daher für alle Anlagen mit oder ohne Erdung praktisch mit der gleichen Stufung für die Isolation auskommen und braucht nur bei einpolig geerdeten Anlagen die nächsthöhere, bei sternpunktgeerdeten Drehstromanlagen die nächstniedrigere Isolationsstufe zu verwenden. Nur für Spannungen unter 6 kV stimmen die Stufungen der Normalspannungen nicht mit den Beanspruchungsverhältnissen überein. Hier liegt aber kein Bedürfnis für geerdete Anlagen vor. Es empfiehlt sich daher, bei geerdeten Anlagen gegebenenfalls die nächsthöhere über der umgerechneten Spannung liegende normale Spannung zu nehmen.

Bei neuen Drehstromanlagen mit Sternpunkterdung bis 100 kV Nennspannung soll zur Erzielung erhöhter Betriebsicherheit jedoch die volle Prüfspannung nach Tafel I angewendet werden. In Tafel III sind diese Prüfspannungen für geerdete Anlagen den normalen Nennspannungen zugeordnet.

§ 19.

Hochspannungs-Gleichstromanlagen.

(Für Hochspannungsanlagen mit Gleichstrom über 3 kV sind Sondervorschriften in Vorbereitung.)

§ 20.

Maschinen, Leitungen, Kondensatoren usw.

a) Die Fabrikprüfung der Innenisolierung von neuen Transformatoren, Maschinen, isolierten Leitungen, Kabeln an kurzen Stücken und Kondensatoren, die keiner Verschmutzung unterliegt, darf nicht mit weniger als der doppelten Nenn- oder Reihenspannung des betreffenden Gegenstandes gegeneinander erfolgen.

§ 21.

Vollständige Anlagen.

a) Völlig neue Anlagen dürfen in ihrer Gesamtheit mit ihren Isolatoren und Geräten zur Feststellung grober Fehler mit einer Spannung geprüft werden, die das arithmetische Mittel zwischen der Betriebs- und der Prüfspannung der Geräte ist.

Diese Prüfspannung ist demgemäß für sternpunktisolierte Anlagen

für Nennspannungen von 1 ... 2,5 kV = $5{,}5\,U$
für Nennspannungen über 2,5 kV = $1{,}6\,U + 10$ kV.

EV

Elektrotechnischer Verein.

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Bericht über die

außerordentliche Sitzung

vom 18. März 1930 in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg.

Vorsitz: Herr Professor Matthias.

Nach Eröffnung hält Herr Prof. Dr.-Ing. Erwin Marx (Braunschweig) einen Vortrag[1] über das Thema:

[1] S. 1161 dieses Heftes.

„Der Durchschlag der Luft im unhomogenen elektrischen Felde bei verschiedenen Spannungsarten".

Der Vortrag löst lebhaften Beifall aus. Nach Worten des Dankes seitens des Vorsitzenden für den interessanten und anschaulichen Vortrag findet nachfolgende Besprechung statt:

Herr **Harald Müller:** Die Ausführungen von Herrn Prof. MARX haben auch uns in eine Sache Licht gebracht, die uns lange Zeit recht unerklärlich war. Es besteht ein Patent von AUSTIN, in dem angegeben ist, daß durch das Aufsetzen von Isolatoren auf Schutzhörner von Isolatorenketten die Überschlagspannung vom Horn zur Gegenarmatur oder Traverse heraufgesetzt wird. Wir haben versuchsmäßig sogar das Gegenteil festgestellt; wir fanden, daß die Überschlagspannung zurückging. Wir sind, wie ich nun feststellen kann, bei diesen Versuchen deshalb nicht zu einem Erfolg gekommen, weil das Wesentliche, nämlich die Isolatoren im richtigen Abstande von der Schutzarmatur anzubringen, weder von Herrn AUSTIN noch von uns erkannt worden ist. Wenn wir den Versuch wiederholen, werden wir nicht, wie das Patent angibt und von der Ohio Brass auch ausgeführt worden ist, die Isolatoren auf die Hörner setzen, sondern wir werden sie in einem bestimmten Abstand von dem Horn anbringen und dann nach den Untersuchungen von Herrn MARX eine Verbesserung erhalten müssen. Denn aus den uns gezeigten Kurven geht hervor, daß man beim Einhalten eines günstigsten Abstandes von den Elektroden sowohl in der positiven als auch in der negativen Halbwelle der normalfrequenten Spannung einen Durchschlagwert für die Luft erreichen kann, der höher liegt, als wenn man die Schirmung mittels Isolators nicht anwendet.

Herr **Rüdenberg:** Neben der technischen Bedeutung der Gedanken, die Herr Prof. MARX heute vorgetragen hat, hat mich besonders ein physikalischer Gesichtspunkt interessiert. Auch Herr MARX ist der Ansicht, daß elektrische Funken sich beim Entstehen nicht auf der ganzen Funkenbahn gleichmäßig ausbilden, sondern daß sie einen ausgesprochenen Kopf haben, der nach vorn schießt. Diese Anschauung hat sich in Europa und Amerika im letzten Zeitraum sehr weitgehend durchgesetzt, und zwar nicht nur bei Gleitfunken, die Herr Prof. TOEPLER sehr eingehend untersuchte, sondern auch bei Überschlägen durch die freie Luftstrecke und ebenfalls beim natürlichen Blitz.

Ich habe nun auszurechnen versucht, wie groß wohl die Geschwindigkeit des Kopfes solcher Überschläge im freien Raum ist[2]. Man hann hierzu durch die Betrachtung gelangen, daß der Leitungs- oder Konvektionstrom im Funkenkanal mit dem Verschiebungstrom vor dem Kopfe des Funkens im Gleichgewicht stehen muß. Es ergibt sich daher eine Beziehung zwischen der Geschwindigkeit des Funkenkopfes, der Stromdichte im Funken, dem Funkendurchmesser und der Durchschlagspannung vor dem Kopf. Berechnet man hiernach die Kopfgeschwindigkeit unter Zugrundelegung von plausiblen Werten, so gelangt man auf etwa $^1/_{10}$ ... $^1/_3$ der Lichtgeschwindigkeit. Experimentell wird dieses Ergebnis durch Versuche gestützt, die TOROK[3] von der Westinghouse Co. in den letzten Jahren angestellt hat, bei denen er einen unvollkommenen Durchbruch erzielte, indem er Wanderwellen von verschieden kurzer Länge auf eine Funkenstrecke wirken ließ. Ich glaube, daß diese Anschauung mancherlei Licht über den Mechanismus der Funkenausbildung und insbesondere auch über das Auftreffen von Blitzen auf Hochspannungsleitungen geben kann.

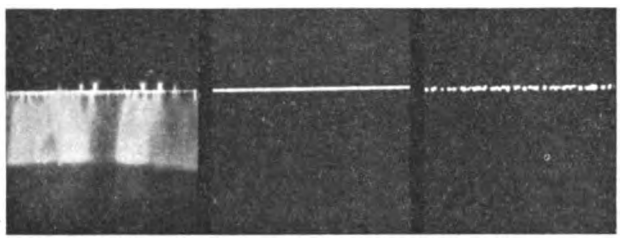
Herr **O. Mayr:** Herr Prof. MARX erwähnte, daß bei der Anordnung des Drahtes parallel zur Platte zwei verschiedene Überschlagwerte gemessen wurden, wenn der Draht eine positive Polarität hatte. Ein ähnlicher Fall hatte mir schon früher einmal großes Kopfzerbrechen gemacht, und ich bin zu einer merkwürdigen Erklärung gekommen, die ich ganz kurz an einigen Bildern schildern möchte[4].

In der Abb. 1 sehen wir links unten die Platte und oben den Draht. Bei einer mittleren Feldstärke von 6 kV/cm bemerkt man schon eine kräftige Glimmentladung, und der Überschlag erfolgt bei einer Feldstärke, die nur wenig über diesem Wert liegt. Der Abstand zwischen Draht und Platte betrug 5 cm, die Spannung $5 \cdot 6 = 30$ kV. Nun konnte man aber mit demselben Draht bei

[2] Rüdenberg, Wiss. Veröff. Siem.-Konz. Bd. 9, S. 1 (1930).
[3] Vgl. ETZ 1930, S. 1082.
[4] Ein ausführlicher Bericht über die Versuche ist inzwischen unter dem Titel „Positive Ionen mit hohem Ionisierungsvermögen und der Einfluß auf den elektr. Durchbruch in Luft" im Arch. El. Bd. 24, S. 8 (1930) erschienen.

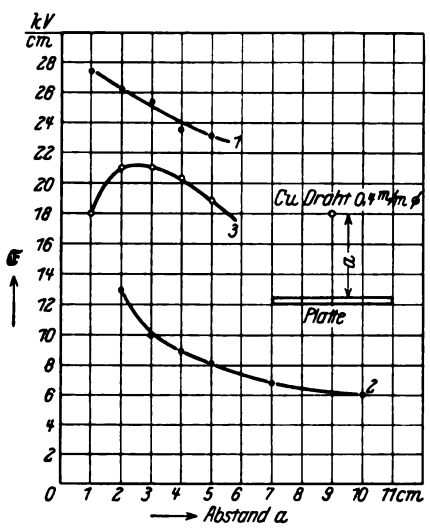
Digitized by Google

derselben Polarität auch eine Spannung von 110 kV und eine Feldstärke von 22 kV/cm erreichen, ohne daß eine so kräftige Entladung oder ein Überschlag zu sehen war (Abb. 1, Mitte). Ich bin nach einigem Probieren darauf gekommen, daß der Draht in dem einen Fall sehr blank war. Wenn man den Draht mit etwas Schmirgelpapier blank machte, konnte man mit Sicherheit das erste Bild bekommen. Strich man dagegen z. B. mit einem fettigen Finger über den Draht, dann erhielt man das zweite Bild. Im zweiten Fall erfolgt der Überschlag erst bei einer mittleren Feldstärke, welche etwa dreimal so groß war wie im ersten Fall. Der größte Teil des Raumes zwischen Draht und Platte blieb bis zum Überschlag absolut dunkel.



a	b	c
Draht positiv blank 6 kV/cm	Draht positiv unrein 22 kV/cm	Draht negativ blank oder unrein 18 kV/cm

Abb. 1 Glimmentladung zwischen Draht und Platte (Abstand 5 cm).



1. Draht pos., unrein 2. Draht pos., blank 3. Draht neg., blank od. unrein

Abb. 2. Mittlere Feldstärke beim Überschlag zwischen Draht und Platte.

Abb. 2 zeigt die Feldstärke, bei der der Durchbruch erfolgt, wenn der Abstand zwischen Draht und Platte variiert wird. Kurve *1* zeigt die höchste Spannung, die sich erreichen ließ. Sie war dann gegeben, wenn der Draht gut gefettet war und ein positives Potential hatte. Die unterste Kurve erhielt man, wenn der Draht blank war und ebenfalls ein positives Potential hatte. Die dazwischenliegende Kurve wurde bei einem Draht mit negativem Potential gemessen, wobei zwischen blankem und unreinem Draht kein Unterschied zu finden war.

Ich legte nun eine Wechselspannung an und fand, daß der Überschlag immer bei der Feldstärke erfolgte, die die leichteste Möglichkeit eines Überschlages bot. Das heißt, wenn der Draht unrein gemacht wurde, erfolgte der Überschlag in der negativen Halbperiode nach Kurve *3*, also bei einer maximalen Feldstärke von etwa 21 kV/cm. War der Draht blank, dann erfolgte der Überschlag in der positiven Halbperiode nach Kurve *2*, d. h. bei einer Feldstärke von etwa 8 kV/cm. Diese merkwürdige Erscheinung, daß ein ganz dünner Ölfilm an der Anode die Büschelentladung vollständig unterbindet, und die weitere Tatsache, daß wir bei dieser Büschelentladung schon bei einer Feldstärke von 6 kV eine helleuchtende Entladung zwischen den beiden Elektroden haben, hat mich zu der Vermutung geführt, daß es positive Ionen mit eigenartig hohem Ionisierungsvermögen sind, die die Entladung zustande bringen. Wir wissen, daß die negativen Elektronen erst bei 26 kV anfangen zu ionisieren, während die positiven Elektronen nach der Townsendschen Theorie erst bei viel höheren Werten zu ionisieren beginnen sollten.

Ich bin in dieser Vermutung durch die Lichtenbergschen Figuren bestärkt worden. Wenn die positive Spannung bei einer solchen Lichtenbergschen Figur plötzlich gesteigert wird, dann sieht man Entladungen, die in der Mitte der Figur eine sehr große Breite haben, dann hinausschießen und schließlich in eine Spitze auslaufen. Steigert man die Spannung langsam, so daß man eine ähnliche Entladung bekommt wie bei der Verwendung des blanken Drahtes, so erhält man sehr dünne gleichmäßige Linien von $^1/_{10}$ mm Strichstärke, die von der Mitte der Entladung bis zum Rande hin gleichstark sind und verhältnismäßig plötzlich aussetzen. Auch diese Figuren deuten m. E. darauf hin, daß man es hier nicht mit Ionenlawinen oder Raumentladungsproblemen in dem Sinne zu tun hat, daß eine größere Anzahl von Ionen zusammenwirken, sondern daß positive Ionen vorhanden sind, die allein in der Lage sind, schon bei kleinerer Feldstärke eine starke Ionisierung einzuleiten, und die wahrscheinlich auch beim elektrischen Durchbruch in homogenen Feldern eine gewisse Rolle spielen. (Beifall.)

Herr **Toepler:** Es ist gesagt worden, daß man eine große Bildungsgeschwindigkeit ausgerechnet habe, beobachtet ist aber eine viel kleinere. Ich habe im Jahre 1906 für Gleitergüsse bei Spannungsstößen ganz einwandfrei eine Geschwindigkeit von 10^7 cm gemessen. Das würde der dreitausendste Teil der Lichtgeschwindigkeit sein. Als Extrem kann man wohl 10^8 cm annehmen. Auch die Beobachtungen von WALTER an Blitzen haben dieses Ergebnis gezeitigt. Wenn man das bekannte Gesetz des Funkenwiderstandes anwendet, kommt man gleichfalls auf Zahlen in dieser Größenordnung

Außerdem möchte ich sagen, daß das Vorschießen eines geladenen Kopfes als Ursache für die Bildung ausgedehnter Entladungsergüsse auf der Platte und im Raume schon ziemlich lange bekannt ist. Ich möchte hierzu den Vortrag von Prof. MARX nur noch etwas ergänzen. Es kann so aussehen, als wenn zwischen der positiven und negativen Entladung aus Spitzen nicht nur ein quantitativer sondern auch ein weitgehender qualitativer Unterschied bestehe, indem man den Eindruck gewinnen kann, als wenn sich aus der negativen Spitze überhaupt keine Funkenbahnen bilden könnten. Das ist nicht der Fall, sondern nur in quantitativer Hinsicht ist die Sache viel schwerer. Aus den negativen Spitzen treten nämlich erst bei viel höheren Spannungen den positiven Funkenkanälen ähnliche negative Funkenkanäle heraus. Man kann also auch negative Gleichstrombüschel von 10 bis 15 cm Länge haben, nur sind dazu viel höhere Spannungen erforderlich. Das läßt sich kaum anders erklären als dadurch, daß die Bedingungen der Ausbildung von Durchbruchskanälen durch die Annahmen, die hier als roher Ansatz gemacht wurden, nicht erschöpft sind, sondern es kommt hier noch ein Zweites hinzu. Es kann sich nicht nur um eine durch Raumladung veränderte Verteilung des Feldes handeln, sondern auch um die Verteilung der durch Ionenstoß veranlaßten Leitfähigkeit. Damit sich ein Durchbruchskanal ausbildet, muß erst eine Strömung vorhanden sein. Entweder die gesamte Elektrizitätsmenge, die in kurzer Zeit geflossen ist, oder doch zum mindesten ein gewisser Schwellenwert der Stromdichte ermöglicht den Durchbruch, und ich glaube, daß man aus den verschiedenen Strömungsbedingungen der negativen und positiven Entladung den Unterschied zwischen den beiden Entladungen noch besser erklären kann. (Beifall.)

Herr **Flegler:** Herr Prof. MARX sprach in seinem Vortrag davon, daß die Townsendsche Theorie von ROGOWSKI angezweifelt, durch die Arbeit von VON HIPPEL u. FRANK jedoch wieder bestätigt worden sei. Ich möchte dazu folgendes bemerken. Zunächst beziehen sich die Zweifel von ROGOWSKI lediglich auf die Ausbildung der positiven Ionenlawinen und nicht auf die Elektronenlawinen. Noch in einer kürzlich erschienenen Arbeit[5] hat Prof. ROGOWSKI ausdrücklich darauf hingewiesen, daß die Elektronenlawine von TOWNSENDs einfacher Theorie unangetastet bleibt. Das Mißtrauen bezieht sich also lediglich auf das gegenseitige Emportreiben von Elektronen- und Ionenlawine, wie es sich aus der Townsendschen Theorie ergibt. An Stelle der Mitwirkung der Ionenlawine tritt nach einer bereits vor einigen Jahren von ROGOWSKI geäußerten Meinung[6] die

[5] W. Rogowski, ETZ 1929, S. 883.
[6] W. Rogowski, Arch. El. Bd. 16, S. 496 (1926).

Digitized by Google

Wirkung der Feldverzerrung durch die positive Raumladung. Die Auffassung ist bestätigt worden durch photographische Aufnahmen des Funkens bei verschiedener Stoßdauer, die gleichzeitig mit Kathodenoszillogrammen im Aachener Institut aufgenommen worden waren. Die Funkenbilder zeigten deutlich das Vorwachsen eines leuchtenden Kanals, wie es auch bei den von Prof. RÜDENBERG erwähnten TOROKschen Aufnahmen zu sehen ist, und brachten damit bereits einen Beweis für Raumladungseffekte. Auch in der Arbeit von VON HIPPEL u. FRANK wird die Stoßionisierung durch positive Elektronen beiseite gelassen und lediglich an die Elektronenlawine und an die Raumladung angeknüpft. Ob die Arbeit von VON HIPPEL u. FRANK richtig einen zahlenmäßigen Nachweis für die Durchschlagsvorgänge erbringt, muß abgewartet werden. Sie nimmt hohe Vorströme an, mit denen man nicht immer rechnen kann, insbesondere wenn die Durchschlagstrecke nicht beleuchtet ist. In den letzten Tagen ist von Prof. ROGOWSKI eine kurze Veröffentlichung erfolgt[7], die neues Licht auf das Durchschlagsphänomen wirft. Bei statischer Spannung können sich nach ROGOWSKI die Elektronenlawine und die positive Raumladung gegenseitig hochsteigern. An Stelle des Hochtreibens der Stoßionisierung tritt also entsprechend der früheren Annahme[8] das Hochtreiben durch die Raumladung. Das Bemerkenswerte ist nach dieser Notiz, daß bei mathematischer Formulierung die bekannte SCHUMANNsche Entladebedingung herauskommt und daß sich außerdem noch eine Übereinstimmung mit den Durchschlagsbedingungen von TOEPLER und von JOFFE für feste Körper ergibt. Es lassen sich eine Reihe von Durchschlagerscheinungen erklären, wenn man nach ROGOWSKI feste und flüssige Körper als Gase hohen Druckes behandelt. Die Gleitfunkenerscheinungen, von denen Herr MAYR gesprochen hat, können tatsächlich auf das gegenseitige Hochtreiben von Elektronenlawinen und Raumladung zurückgeführt werden. Merkwürdigerweise kommt man nach ROGOWSKI zu derselben Entladebedingung, einerlei ob man Elektronenlawine und Feldverzerrung durch Raumladung annimmt oder ob man auch die Ionen wandern und bei ihrem kurzen Flug die Moleküle ebenfalls anregen und ionisieren läßt. Das bisher Gesagte gilt für statische Spannungen. Bei Stoßdurchschlag von Gasen liegen die Verhältnisse etwas anders. Hier muß nach ROGOWSKI eine gewisse Überspannung gegenüber der statischen Spannung vorhanden sein. Daß dies zutrifft, haben neuere Untersuchungen von VIEHMANN im Aachener Institut bewiesen. Der Einwand ROGOWSKIs, daß bei Stoßspannung die Wanderungsgeschwindigkeit der positiven Ionen für Ausbildung von Ionenlawinen zu gering ist, besteht heute noch unverändert fort.

Herr **Aigner:** Auf Grund der TOEPLERschen Messungen ist nachgewiesen, daß die Mehrzahl der luftelektrischen Entladungen, d. h. von Blitzen aus den Wolken zur Erde, eine Entladung von negativer Elektrizität aus der Atmosphäre zur Erde darstellt. Ähnliche Ergebnisse hat auch die Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen bei ihren luftelektrischen Untersuchungen festgestellt. Es scheint also doch möglich zu sein, daß Entladungen auch von negativen Spitzen aus auftreten, wenn man den aus Raumladungschichten gegen die Erde vorwachsenden negativen Blitzkopf bei dieser an sich elektrodenlosen Entladung als Spitze ansprechen will.

Vortragender: Ich möchte mich zu den eben gehörten Ausführungen kurz äußern. — Den Angaben des Herrn Harald MÜLLER stimme ich durchaus zu. Sicher läßt sich bei geeigneter Formgebung und Lage von Schirmen auch die Überschlagspannung von Isolatorenketten sehr erhöhen. — Das, was Herr RÜDENBERG sagte, deckt sich mit meinen Beobachtungen. Es war mir interessant, diese Bestätigung zu hören. Bei allen unseren Aufnahmen haben wir festgestellt, daß kurz vor dem vollkommenen Durchschlag von der Anode aus ein stark leuchtender Funkenkanal, dann ein etwas dunkleres Gebiet und schließlich vor der Kathode wieder ein intensiv leuchtender Kanal besteht. Man gewinnt daraus den Eindruck, daß sich der Raum zwischen den beiden Elektroden, vor allem in einigem Abstand von der Kathode, wohl am längsten gegen den Durchschlag sträubt. Diese Beobachtung ist nach der vorgetragenen Theorie verständlich. Die Stoßionisation beginnt an der Anode; es wachsen dort Kanäle mit positiver Ladung heraus (auf der Oberfläche fester Isolatoren bilden sich viele, in freier Luftstrecke oft nur e i n Kanal). Durch die positive Raumladung entsteht ein sehr hoher Kathodenfall, durch den vor oder an der Kathode eine Stoßionisation der positiven Ionen eintritt. Die hier entstehenden Elektronen erzeugen auf ihrem Wege zur Anode, u. zw. besonders stark in der Nähe der Kathode, Kanäle mit positiver Raumladung. Abb. 1 des Vortrages sowie Bild 9, S. 331 des Arch. El. Bd. 23 bestätigen m. E. diese Erklärung sehr gut. Daß die Kanäle tatsächlich von der Anode zur Kathode hin wachsen, wurde durch Abb. 5 des Vortrages bewiesen.

Die Angaben des Herrn MAYR decken sich auch mit den Aufnahmen, die von Herrn UHLMANN in Braunschweig gemacht worden sind und die ich im Lichtbild zeigte. Es ist eine außerordentlich wichtige und interessante Erscheinung, daß es bei stark gekrümmten positiven Elektroden solche Doppelwerte oder solche Beeinflussungen der Elektrode gibt, u. zw. Beeinflussungen, die oft auch unkontrollierbar sind. Die Verschmutzungen, die Herr MAYR anführte, brauchen nur außerordentlich gering zu sein. Man muß also, wie ich bereits im Vortrag anführte, bei scharfkantigen positiven Elektroden in der Beurteilung der Überschlagspannung vorsichtig sein. Man wird da sehr leicht stark schwankende Werte messen.

Was Herr FLEGLER sagte, deckt sich meiner Ansicht nach auch mit dem, was ich ausführte. ROGOWSKI wies bereits 1926 in der von Herrn FLEGLER angeführten Arbeit auf den starken Einfluß der positiven Raumladung hin. VON HIPPEL u. FRANK zeigten, daß sich bei gewissen Anfangsbedingungen die kurze von ROGOWSKI gemessene Durchschlagzeit aus der positiven Raumladung erklärt.

Auf die Äußerungen des Herrn TOEPLER habe ich zum Teil bereits geantwortet. Es besteht allerdings meiner Überzeugung nach ein großer qualitativer Unterschied zwischen den von einer positiven und den von einer negativen Elektrode ausgehenden Entladungen. Die in beiden Fällen positive Raumladung erzeugt in der vorgetragenen Weise diesen Unterschied. Bei positiver Spitze treten schon frühzeitig starke Kanäle auf, die stets in feinen Spitzen enden. Die Entladungen an negativer Elektrode sind viel kleiner; sie enden stets in breiten Streifen. Dieser wichtige charakteristische Unterschied ist meines Wissens vorher nie erklärt worden. Nur bei starker Elektronenaffinität verschwinden diese Unterschiede. Daß es auch bei negativem Gleiterguß mit hoher Oberflächenkapazität Kanäle gibt, zeigt z. B. auch ein von mir veröffentlichtes Bild[9]. Diese Tatsache widerspricht der vorgetragenen Theorie nicht. Daß diese Theorie in den Hauptzügen richtig ist, davon überzeugt mich die Tatsache, daß sich 1. die verschiedene Größe und 2. der charakteristische Unterschied in den Ausläufern der Entladungsfiguren, 3. die Verschiedenheit in der Höhe der Anfangspannung und 4. die Verschiedenheit in der Höhe der Funkenspannung bei Veränderung der Polarität von unsymmetrischen Anordnungen, schließlich 5. die so verschiedenartige Wirkung von Schirmen zwanglos mit ihr erklären lassen. Sicher ist bei den gegebenen Erklärungen manche Feinheit vernachlässigt; trotzdem glaube ich, daß sie uns in der Erkenntnis über die Durchschlagvorgänge im unhomogenen Felde weiter bringen.

(Beifall.)

Mit Worten des Dankes an den Vortragenden und an die Diskussionsredner schließt der Vorsitzende die Sitzung.

Elektrotechnischer Verein.
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

[7] W. Rogowski, Naturwissensch. Bd. 18, S. 246 (1930).
[8] Wie Fußnote 6.
[9] Mitt. Hermsd.-Schomb. H. 21/22, S. 39.

SITZUNGSKALENDER.

Deutsche Physikalische Gesellschaft, Deutsche Gesellsellschaft für Technische Physik und Heinrich-Hertz-Gesellschaft, Deutsche Mathematiker-Vereinigung. Königsberg Pr., 4. bis 7. IX. 1930: 6. Deutscher Physiker- und Mathematikertag und Tagung für Erkenntnislehre der exakten Wissenschaften. 7. bis 11. IX. 1930: 91. Versammlung der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte. Auskunft bezüglich der Vorträge erteilt Geheimrat Scheel, Charlottenburg 2, Werner-Siemens-Straße 8 ... 12, bezüglich sonstiger Anfragen die Geschäftstelle Prof. W. Kaufmann, Königsberg Pr., I. Physikalisches Institut, Steindamm 6.

Digitized by Google

Auskunfts- und Zentralstelle für Leiter und Dezernenten des Feuerschutz- und Sicherheitsdienstes industrieller Unternehmen, Berlin. Zu der gleichnamigen Notiz in ETZ 1930, S. 1120, ist zu bemerken, daß die Tagung wegen der Reichstagswahl um eine Woche verschoben worden ist und endgültig am 22. und 23. IX. (nicht am 15. und 16.) in Augsburg stattfindet. Zu der Tagesordnung sind noch einige weitere Punkte hinzugekommen. Näheres ist durch die Geschäftstelle (Branddirektor Lucke), Berlin-Siemensstadt, Königsdamm 330, zu erfahren.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

Hochschulnachrichten. — Herr Dr.-Ing. Harald Müller, der durch zahlreiche Arbeiten auf dem Gebiete der Hochspannungstechnik bekannt geworden ist, hat sich als Privatdozent für technische Physik an der Universität Jena habilitiert. — Harald Müller legte 1921 in Dresden die Diplomprüfung ab, promovierte dort 1924 als Assistent von Professor Binder, war dann Leiter der Berechnungsabteilung für Transformatoren und Meßwandler im Sachsenwerk und ist seit 1926 Vorstand der technischen und physikalischen Versuchsfelder der Hermsdorf-Schomburg Isol. G. m. b. H., in Hermsdorf i. Thür. Er behält diese Tätigkeit bei. Die meisten seiner Forschungsarbeiten untersuchen auf neuen Wegen Wanderwellenerscheinungen an Leitungen und Transformatoren, Schutzarmaturen für Isolatoren, Lichtbogenerscheinungen usw. In Jena wird Harald Müller über ausgewählte Kapitel aus dem Gebiete der Hochspannungstechnik vortragen.

LITERATUR.

Besprechungen.

Anschluß! Das Elektrizitätsbuch fürs tägliche Leben. Für Selbstunterricht und Schule. Von Prof. Dr.-Ing. C. H. Dencker und Prof. Dr.-Ing. K. Vormfelde. Mit 154 Textbildern u. 191 S. in 8°. Verlag Paul Parey, Berlin SW 11, 1930. Preis geb. 5,80 RM, ab 20 Stück je 5,30 RM, ab 50 Stück je 5 RM.

Die Verfasser leiten im 1. Teil des Buches systematisch von den Grundbegriffen: Stromstärke, Spannung, Widerstand, einfachste Schaltungen, kW und kWh, Gleichstrom und Wechselstrom über zum 2. Teil: Erzeugung und Anwendung des elektrischen Stromes. Zunächst wird die Umwandlung von mechanischer Energie in elektrische und umgekehrt behandelt, u. zw. recht ausführlich. Es ist dieses auch notwendig, um in allgemeinverständlicher und anschaulicher Weise infolge der Wechselwirkungen zwischen Magnetismus und elektrischem Strom zu zeigen, „warum und wieso die Dynamo Strom liefert und der Motor sich dreht". Dann folgen die Kapitel über Umwandlung von der elektrischen Energie in Wärme und Licht, ferner in chemische und umgekehrt. Den Schluß dieses Abschnittes bildet die elektrische Anlage mit ihren verschiedenen Systemen, Gleichstrom oder Wechselstrom, Schutzmaßnahmen usw., ein sehr wichtiges Kapitel, und Tarife, die in ihren wichtigsten Formen erklärt werden. Am Ende des 2. Teiles folgt dann noch Einführung in die Schwachstromtechnik: Klingel, Telephon und Radioapparate und als Anhang das Merkblatt für die Behandlung elektrischer Starkstromanlagen in der Landwirtschaft und Merkblätter für Verhaltungsmaßregeln gegenüber elektrischen Freileitungen.

Die Darstellung des Stoffes ist flüssig und leichtverständlich. Dabei wird das Interesse für den Stoff durch die verschiedensten Aufgaben, die zu ihrer Lösung keine wissenschaftlichen Berechnungen erfordern, vertieft. Das Verständnis wird durch zahlreiche gute Bilder und Strichzeichnungen unterstützt. Nach dem Titel ist das Buch für Selbstunterricht und Schulen bestimmt, und aus dem Vorwort ist ersichtlich, daß es hauptsächlich dazu dienen soll, die Elektrizität dem Laien — dem Nichttechniker — verständlich zu machen. Ich bin der Ansicht, daß z. B. nur ein kleiner Teil der Motorenbesitzer, die „nicht nur glauben sollen, daß ihre Motoren laufen, sondern auch verstehen, warum sie laufen", genügendes Interesse aufbringen, sich das Buch anzuschaffen und es durchzulesen. Dagegen eignet es sich sehr gut dazu, Techniker anderer Berufe, die beruflich oder aus eigenem Interesse mit der Elektrizität in Berührung kommen, mit den ihnen meistens fehlenden Grundbegriffen und Eigenschaften der Elektrizität bekannt zu machen. Vor allen Dingen aber bedeutet es dem strebsamen jüngeren Elektroinstallateur ein wertvolles Hilfsmittel für seine Fortbildung. Jeder junge Elektroinstallateur, der seine Lehrzeit beendet hat, ist lern- und wißbegierig. Gibt man ihm aber eins der bisherigen auf dem Markt befindlichen Lehrbücher zum Studium in die Hand, so verliert er die Lust. Bei dem vorliegenden Buch ist dies nicht zu befürchten, denn die klare und anschauliche Schriftweise, die jede schulmäßige Erklärung nach Möglichkeit vermeidet, macht ihm das Lernen schmackhaft. Zur Vorbereitung auf die Meisterprüfung wird das Buch nicht ausreichen, aber wenn dem jungen Elektroinstallateur an Hand des vorliegenden Buches das Wesen der Elektrizität verständlich geworden ist — und dazu hilft ihm dieses Buch besser als alle mir bekannten vorhandenen Lehrbücher —, dann wird ihm das Studium und das Verständnis viel weniger Schwierigkeiten machen.

Allen Überlandwerken kann ich das Buch „Anschluß!" zur Beachtung nur empfehlen. Petri, Stettin.

Praktikantenausbildung für Maschinenbau und Elektrotechnik. Ein Hilfsbuch f. d. Werkstattausbild. z. Ingenieur. Vom Dipl.-Ing. F. zur Nedden. 3. Aufl. d. Buches „Das praktische Jahr". Auf Veranlass. u. unt. Mitw. d. Dt. Ausschusses f. Techn. Schulwesen neubearb. v. H. von Renesse. Mit zahlr. Abb. i. Text. VIII u. 169 S. in 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1930. Preis geh. 4,50 RM, geb. 5,75 RM.

Die Neuauflage dieses in Interessentenkreisen bestens bekannten Buchs war eine kaum zu umgehende Notwendigkeit. In seiner früheren Aufmachung enthielt es neben einigen noch aus der Inflationszeit stammenden Anachronismen hier und da eine Darstellung des Stoffes, die sich mit den seither weiter entwickelten Anschauungen über neuzeitliche Praktikantenausbildung nicht mehr gut vereinbaren ließ. Es sei erinnert an die heut mehr denn je erforderliche zuverlässige, vor allem aber rechtzeitige Berufsberatung; an die damalige allzu geringe Einschätzung guter zeichnerischer oder mathematischer Begabung; an die nicht hinreichende Betonung einer gediegenen und möglichst vielseitigen, darum auch nicht zu kurzen Vorpraxis und dgl. mehr. — In der 3. Neuauflage hat zur Nedden nicht nur den Titel seines Buches etwas abgeändert, sondern auch wesentlich die Art der stofflichen Darstellung, und so ist es trotz gewisser Kürzungen zu einem vorzüglichen Vademekum für den angehenden Maschinen- und Elektroingenieur geworden. Aber auch der Werks- und Betriebsleiter wird wertvolle Anregungen daraus entnehmen können, sofern er auf dem Standpunkt steht, daß eine gründliche praktische Ausbildung unseres Ingenieurnachwuchses letzten Endes im wohlverstandenen eigenen Interesse der beteiligten Industrie liegt.

Nicht ganz zu ihrem Recht gekommen sind die seither nach dem Vorgang Preußens auch in den übrigen Hochschulländern geschaffenen Praktikantenämter. Viele derselben haben sich seitdem in der Tat zu Trägern der ganzen Praktikantenbewegung herausgebildet und sind aus diesem Gesamtbild kaum noch hinwegzudenken. Man erinnere sich daran — immer natürlich abgesehen von Ausnahmen, die es stets gegeben hat —, zu welchem Formalismus das praktische Jahr namentlich in der Nachkriegszeit herabzusinken drohte. Hier hat jetzt ein neuer Wind eingesetzt, und ohne den Nachweis einer sorgsamen Vorpraxis, gestützt auf ein aufschlußreiches Werkzeugnis- und entsprechendes Werkarbeitsbuch, wird heute die praktische Tätigkeit im Sinne der Diplomprüfungsordnung nicht mehr anerkannt. Denjenigen Studierenden, die auch jetzt noch den manchmal so beliebten Weg des geringsten Widerstandes gehen möchten, ist damit aus guten Gründen und zu ihrem eigenen Besten dieser Weg einigermaßen verlegt. — Jedenfalls könnten die Praktikantenämter dem Verfasser des hier in Rede stehenden Buchs nur dankbar dafür sein, daß ihnen dieser durch so geschickt in die Hand gearbeitet wird. Da es der Kosten wegen leider nicht jedem Praktikanten in die Hand gedrückt werden kann, sollte es wenigstens in keiner Bücherei eines Werks fehlen, das an der Praktikantenausbildung tätiges Interesse zu nehmen wünscht. Es mangelt hier an Raum, auf den vielseitigen Inhalt dieses überaus lehrhaften Buchs im einzelnen einzugehen. Man lese es — und wenn auch nicht jeder mit allem, was darin steht, einverstanden sein möge, so wird es doch keiner ohne Interesse bis zum Ende durchstudieren. A. Thiele, Dortmund.

Was ist Radio? Von Prof. Dr. H. Reichenbach u. Dr. F. Noack. (Die Radio-Reihe Bd. 1.) 2. vollst. umgearb. Aufl. Mit 85 Abb. u. 168 S. in 8°. Verlag Richard Carl Schmidt & Co., Berlin 1929. Preis geb. 5,50 RM.

Digitized by Google

Die zu Radioanlagen gehörigen Einzelteile, die Empfangsgeräte, Netzanschluß, Lautsprecher usw., sind heutzutage allgemein bekannt. Aber meist nur von außen. Die Verfasser haben es sich zur Aufgabe gestellt, für diese Dinge, welche für die große Masse doch nur Schlagworte darstellen, Erklärungen der Wirkungsweise und der physikalischen Grundlagen zu geben. Sie tun dies in einer leichtverständlichen Weise, so daß das Buch als Einführung in dies Gebiet sicher viele begeisterte Leser haben wird. Lübcke.

Rundfunk-Jahrbuch 1930. Herausg. v. d. Reichs-Rundfunk-Ges., Berlin. Mit 253 Abb. u. 470 S. in kl. 8°. Union Deutsche Verlagsges., Berlin 1930. Preis geb. 2,90 RM.

Das Rundfunk-Jahrbuch 1930 bringt eine solche Fülle anregender Aufsätze und Abbildungen, daß eine erschöpfende Beurteilung auf so engem Raum nicht möglich ist. Jeder einzelne Aufsatz liefert einen wertvollen Teilbetrag zu einem Gesamtbild, das der kulturellen und technischen Bedeutung des Rundfunks gerecht wird. Eine geschichtliche Plauderei erläutert die Entwicklung der Nachtrichtentechnik vom grauen Altertum bis jetzt. Einzeldarstellungen aus der Entstehungszeit des Rundfunks geben einen eindringlichen Begriff von der Pionierarbeit, die bei der Einführung des deutschen Rundfunks hauptsächlich von den Technikern geleistet wurde, die nicht nur ausgezeichnete Techniker, sondern auch Musiker, Redner, Sänger und Organisatoren sein mußten. Vergleichende Darstellungen über den Rundfunk in anderen Staaten ermöglichen dem Leser eine objektive Beurteilung der Verhältnisse im eigenen Lande. Künstlerische, organisatorische, wirtschaftliche und politische Fragen werden erörtert. An Hand besonders gelungener Darbietungen des vergangenen Jahres werden die Probleme der Programmgestaltung und ihre Lösung gezeigt. Auch die Technik kommt zum Wort. Gleichwellenrundfunk, Störbefreiung, Nutzbarmachen der kurzen Wellen, Bildfunk und Fernsehen sind die Aufgaben, an deren endgültiger Lösung Wissenschaft und Technik besonders intensiv arbeiten. Die vielfachen Beziehungen des Rundfunks zur übrigen Kultur finden ihren Niederschlag in Aufsätzen über Gesetzgebung und Rechtspflege, Presse, Industrie usw. Schließlich werden auch noch die einzelnen Funkverbände, die zur Entwicklung des Rundfunks nicht wenig beigetragen haben, in ihren Zielen und ihrer Organisation geschildert. Das Jahrbuch kann jedem empfohlen werden.
Langewiesche.

Electrical Transmission and Distribution. Herausg. von R. O. Kapp. Bd. 3: Switchgear, Teil 1. (285 S.), Bd. 4: Switchgear, Teil 2 (236 S.), Bd. 5: Sub-Station Work, Teil 1 (269 S.), Bd. 6: Sub-Station Work, Teil 2 (284 S.), Bd. 7: Instruments and meters. (275 S.), Bd. 8: Auxiliary Plant. (129 S.). Mit zahlr. Fig. i. Text, in kl. 8°. Verlag Sir Isaac Pitman & Sons, Ltd., London 1929. Preis jedes Bandes geb. 6 s.

Die einzelnen Bearbeitungen des Stoffes, wie sie die nunmehr vorliegenden weiteren 6 Bände dieses Werkes bringen, bewegen sich im Rahmen der in der ETZ 1929, S. 775 bereits besprochenen und geben eine gute Übersicht über die „elektrische Kraftübertragung". Das gleiche läßt sich indessen von der „Verteilung", die doch auch im Titel mit aufgeführt, aber etwas zu kurz gekommen ist, nicht sagen.

Bemerkenswert für diese ganze Serie ist es, daß fast ausschließlich englische Ausführungen beschrieben sind, während die Elektrotechnik sonst nicht gerade nach England geht, wenn sie Vorbilder gebraucht. Es soll dabei aber nicht verkannt werden, daß man sich auch dort in recht kräftigem Aufschwung befindet, natürlich, wie die Elektrotechnik aller Länder, auf der Erfahrung der ganzen Erde fußend. Die Sammlung jedoch vertritt mehr den insularen Standpunkt. Der Leser muß den Eindruck gewinnen, daß alle beschriebenen Konstruktionen, wie Kondensatordurchführungen (S. 1052), Transformatoren mit äußeren Kühlrohren, Konservatoren usw. (S. 1072), Durchführungstromwandler (S. 1075) nicht deutsche, sondern englische Erfindungen seien: „Obsolete in Great Britain, still retains its place in France and Germany" heißt es an einer Stelle (S. 1262). Eingehender ist zum Schluß der Hochspannungschalter besprochen, doch findet man noch keine Erwähnung des Deion-Schalters (Westinghouse), des Preßluft- und Expansionschalters.

An dem günstigen Urteil im Schlußsatz der ersten Besprechung soll nichts geändert werden, aber der Interessentenkreis dürfte infolge der nationalen Einstellung des Werkes natürlich nur ein begrenzter werden gegenüber der ersten „Power transmission" von Gisbert Kapp.
W. Gosebruch.

Physikalisch-Chemisches Praktikum. Von Prof. Dr. A. L. Bernoulli. Mit 28 Fig. u. 1 Taf. i. Text, XII u. 147 S. in 8°. Verlag Ferdinand Enke, Stuttgart 1930. Preis geh. 7 RM, geb. 8,50 RM.

Das von Prof. A. L. Bernoulli verfaßte herausgekommene „Phys.-Chem. Praktikum" stellt einen beachtenswerten Versuch dar, auf 127 Druckseiten zu zeigen, wie man mit erstaunlich einfachen Mitteln weitgehende Versuche auf dem Gebiete der experimentierenden physikalischen Chemie ausführen kann. Das Buch ist nicht nur für den Studierenden und Lehrer sondern auch für den in der Praxis stehenden Chemiker und Ingenieur bestimmt, der durch Neigung oder Beruf veranlaßt wird, das wichtige Grenzgebiet, welches gerade diese beiden akademischen Berufe verbindet, durch eigene Versuche kennenzulernen.

Neben viel Bekanntem finde ich darin manches, das in anderen praktischen Leitfäden, z. B. von Kümmel und Michaelis, nicht aufgeführt ist, freilich habe ich manches Wichtige aus diesen Büchern in jenem vermißt. So ist leider nicht gezeigt, daß und wie bei sehr verdünnten Lösungen bei der Ermittlung der Widerstandskapazität des Gefäßes die Leitfähigkeit des verwendeten Wassers berücksichtigt werden muß. Gerade dieser Fall ist für den Praktiker von ziemlicher Bedeutung. Aus dem reichen Inhalt sei kurz eine Auslese des nicht ganz Alltäglichen gegeben: Bestimmung der Gaskonstante R, der Stoßzahl und freien Weglänge der Moleküle, des van t'Hoffschen Faktors i, der Strahlungsbilanz des Kalorimeters, Anwendungen des 2. Hauptsatzes, experimentelle Prüfung des Nernstschen Wärmetheorems, reaktionskinetische Messungen, kolorimetrische und polarimetrische quantitative Analyse, Reifezahl einer Viskoselösung und Herstellung gesponnener Viskosekunstseide im Kleinversuch.

Abgesehen von den in jeder Neuerscheinung auftretenden Druckfehlern, welche in einer 2. Auflage vermieden werden müssen, ist mir noch aufgefallen, daß zwischen manchen Abschnitten das innere Band fehlt. Eine Überleitung von dem einen zum andern Gebiet und eine Gegenüberstellung der Analogien in den Gesetzmäßigkeiten hätte die Lektüre noch genußreicher gemacht. Für die älteren Fachkollegen wäre es vorteilhaft, wenn der Verfasser in einer nächsten Auflage angeben würde, welche Apparate für die exakte Ausführung der Bestimmungen im Handel sind, und wo diese erhältlich sind. Wenn man nicht gerade Spezialist ist, weiß man nicht, daß z. B. das Englersche Viskosimeter für die heute bei Ölen geforderten Viskositätsbestimmungen nicht mehr genügt. Einige der Versuche konnte ich nachprüfen, sie haben gut übereinstimmende Werte gegeben.

Zusammenfassend möchte ich sagen, daß das Phys.-Chem. Praktikum von A. L. Bernoulli zur Einführung in die experimentierende physikalische Chemie durchaus empfohlen werden kann. F. L. Hana.

Vorlesungen über Differential- und Integralrechnung. Bd. 1: Funktionen einer Veränderlichen. Von Prof. R. Courant. 2., verb. Aufl. Mit 126 Textfig., XIV u. 410 S. in gr. 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1930. Preis geb. 18.60 RM.

Die erste Auflage dieses Buches wurde in der ETZ 1928, S. 1662, besprochen. Die neue Auflage ist wesentlich ungeändert geblieben, daher erübrigt sich eine neue Besprechung. Einzelheiten sind verbessert worden, insbesondere sei gern hervorgehoben, daß der Wunsch des Referenten auf genauere Beachtung des Vorzeichens einer Wurzel auf fruchtbaren Boden gefallen ist. Die Sache ist jetzt in Ordnung. Das schnelle Erscheinen der neuen Auflage bestätigt das früher gefällte günstige Urteil, an dem nichts zurückzunehmen ist. Hamel.

Eingegangene Doktordissertationen.

Kurt Gocht, Eisen- u. Rückstromverluste in wechselstromgespeisten Einphasenkabeln. T. H. Darmstadt 1930.

Kurt Pieck, Die Türverriegelung für Selbstfahreraufzüge. T. H. Berlin 1930. (Sonderabdruck aus „Die Wärme", Nr. 20 und 21, 1930.)

Digitized by Google

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Erzeugung, Verwendung von und Außenhandel mit Kraftmaschinen. — Das Institut für Konjunkturforschung hat in einem Anhang zum Sonderheft 19 der Vierteljahrshefte „Die Energiewirtschaft der Welt in Zahlen" Ziffern über die Entwicklung der Erzeugung, Verwendung von und des Außenhandels mit Kraftmaschinen[1] veröffentlicht. Danach ist der Wert der Weltproduktion dieser Maschinen von 1,95 Mrd RM[2] im Jahr 1913 auf 3,47 Mrd RM im Jahr 1929, also um 77 % gewachsen. Die drei wichtigsten Länder, nämlich die V. S. Amerika, Deutschland und Großbritannien sind an der letztjährigen Ziffer zusammen mit 87 % beteiligt. Seit der Vorkriegszeit hat sich der Anteil an der gesamten Welterzeugung in den V. S. Amerika von 40 auf 49 % erhöht, in Deutschland von 25 auf 21 %, während er in England von 21 auf 17 % gefallen ist. Wertmäßig hat gegenüber 1913 die Kraftmaschinenproduktion in Deutschland und Großbritannien um etwa die Hälfte, in den V. S. Amerika jedoch um 120 % zugenommen. Ein großer Teil der Gesamterzeugung verbleibt auf dem Binnenmarkt, u. zw. in den V. S. Amerika etwa $^9/_{10}$, in Deutschland etwa $^2/_3$ und in Großbritannien rd. $^3/_5$.

Der Weltexport von Kraftmaschinen nach Maschinenarten zeigt folgende Entwicklung:

Maschinenart	1913 Mill RM	1913 %	1925 Mill RM	1925 %	1929 Mill RM	1929 %	1913 = 100
Verbrennungs- und Explosionsmotoren	210,3	37,7	295,5	46,3	382,0	47,9	181,6
Elektrokraftmaschinen	208,3	37,3	242,5	38,0	307,0	38,5	147,0
Dampfmaschinen, Dampfturbinen[3]	115,5	20,7	81,1	12,7	85,5	10,7	74,0
Wasserkraftmaschinen, Windmotoren u. sonst. Kraftmaschinen	23,8	4,3	19,0	3,0	23,5	2,9	98,7
Insgesamt	557,9	100,0	638,1	100,0	798,0	100,0	143,0

Die Ausfuhr von Wärmekraftmaschinen ist trotz wachsender Bedeutung der Dampfturbinen wertmäßig stark zurückgegangen, u. zw. gegenüber 1913 um 26 %, während der Wasserturbinen- und Windmotorenexport nahezu unverändert blieb. Dagegen hat sich die Weltausfuhr an Verbrennungs- und Explosionsmotoren um rd. 82 %, von Elektrokraftmaschinen um 47 % erhöht.

Die wichtigsten Exportländer für Verbrennungs- und Explosionsmotoren waren 1929 die V. S. Amerika, auf die 32 % der 382 Mill RM betragenden Gesamtweltausfuhr dieser Maschinenart entfielen, ferner Deutschland mit 23 %, Großbritannien mit 20,7 %, die Schweiz und Schweden mit je 5,4 %.

Die Weltausfuhr von Elektrokraftmaschinen stieg dem Jahr 1925 gegenüber um 61,6 Mill RM auf insgesamt 307 Mill RM. Daran waren von den bedeutenderen Herkunftsländern beteiligt: Deutschland mit 81,9 Mill RM oder 26,7 % (1925: 19 %), die V. S. Amerika mit 65,9 Mill RM bzw. 21,5 % (23,2 %), Großbritannien mit 52,9 Mill RM bzw. 17,2 % (22,6 %), ferner die Schweiz mit 9,9 % (9,4 %), Schweden mit 5,8 % (8,2 %) und Frankreich mit 4,3 % (6,2 %). Deutschland steht also in der Elektromaschinenausfuhr wieder an der Spitze; sein Anteil, der 1913 38 % betrug, ist in den Nachkriegsjahren von Jahr zu Jahr wieder gestiegen.

Die hauptsächlichsten Kraftmaschinenlieferanten für die einzelnen Bestimmungsländer sind in der folgenden Zahlentafel genannt:

Kraftmaschinenausfuhr einiger wichtiger Länder nach Bestimmungsländern i. J. 1928.
Werte in 1000 RM.

Bestimmungsland	V. S. Amerika	Deutsches Reich	Großbritannien	Schweiz	Schweden	Niederlande
Gesamt	202 183	160 117	162 342	74 553	46 699	26 666
Europa:						
UdSSR	3 208	32 088	5 964	1 221	5 201	279
Polen–Danzig	190	9 912	·	5 436	1 678	111
Niederlande	886	7 883	4 899	7 321	1 020	—
Irischer Freistaat	314	1 090	1 391	12	·	·
Spanien	2 363	9 205	3 388	8 772	2 219	727
Portugal	98	1 070	486	722	·	63
Italien	1 100	4 481	1 443	2 093	1 139	694
Griechenland	135	2 558	2 767	654	845	28
Bulgarien	12	1 328	151	433	87	9
Rumänien	597	5 143	1 334	2 230	151	266
Jugoslawien	78	4 007		677	286	33

[1] Nur stationäre und zum Antrieb von Fahrzeugen dienende Kraftmaschinen.
[2] Ursprungswerte 1913 vergleichshalber um 40% erhöht.
[3] z. T. geschätzt.

Bestimmungsland	V. S. Amerika	Deutsches Reich	Großbritannien	Schweiz	Schweden	Niederlande
Amerika:						
Argentinien	11 687	9 257	8 532	1 436	2 422	1 06[illegible]
Brasilien	3 658	5 379	2 792	1 191	2 282	19
Chile	1 894	1 854	835	597	291	[illegible]
Kolumbien	3 411	952		48	378	[illegible]
Venezuela	2 242	511	708	698	16	19
Mexiko	7 966	1 797	1 062	431	162	[illegible]
Kanada	91 017	79	6 685	373	1 662	280
Asien:						
Japan	10 845	6 262	3 133	7 663	960	[illegible]
China (mit Hongkong)	2 017	3 036	2 214	605	326	64
Siam	1 563	607	693	9	334	[illegible]
Niederländisch-Indien	672	5 037	1 323	1 853	443	7 40[illegible]
Britisch-Indien	2 963	1 953	37 254	1 487	609	[illegible]
Türkei	133	1 706	418	133	173	111
Afrika:						
Südafrikan. Union	4 718	876	6 180	567	264	242
Ägypten	83	1 723	7 393	2 239	83	80
Australien:						
Australischer Bund	4 607	483	16 578	972	657	660
Neuseeland	1 052	12	3 084	108	233	·

Der Wert der deutschen Kraftmaschinenausfuhr konnte sich von 101,5 Mill RM im Jahr 1925 auf 160,1 Mill RM im Jahr 1928, also um etwa 58 % erhöhen; nach den genannten europäischen Staaten insgesamt betrug die Steigerung 85 %, nach den asiatischen Ländern 71 %, während die amerikanischen Staaten wertmäßig die gleiche Menge bezogen wie vor drei Jahren. Die wichtigsten Absatzgebiete der V. S. Amerika sind die amerikanischen Länder, namentlich Kanada, während Großbritannien in der Hauptsache seine Dominions und Kolonien beliefert.

Im Jahr 1928 deckten über 40 % ihrer gesamten Kraftmaschineneinfuhr aus Deutschland die Länder Österreich, die Tschechoslowakei und die Schweiz, Polen-Danzig, Schweden, Norwegen, die Niederlande und die Mandatsgebiete Deutsch-Südwestafrika.

Die Kraftmaschineneinfuhr Deutschlands stieg von 12,4 Mill RM im Jahr 1925 auf 45,1 Mill RM im Jahr 1928. Davon kamen aus den V. S. Amerika 34,9 %, aus Großbritannien 8,6 % und aus der Schweiz 14 %. Dabei handelte es sich fast ausschließlich um Verbrennungs- und Explosionsmotoren zum Antrieb von Fahrzeugen (27,6 Mill RM) sowie um Dynamomaschinen, Elektromotoren und Umformer (13,7 Mill RM). 1929 betrug der Gesamteinfuhrwert 40,2 Mill RM.

C. A.

Elektrotechnischer Außenhandel der V. S. Amerika[1]. — Die Ausfuhr elektrischer Maschinen, Apparate und Zubehörteile hatte im Mai 1930 einen Wert von 11 653 007 $ und war damit um 644 810 $ oder 6 % größer als im Parallelmonat des Vorjahres (11 008 197 $). Die Steigerung betraf im wesentlichen Krafttransformatoren von 500 kVA und mehr sowie Verteilungstransformatoren unter dieser Leistung (für erstere waren besonders Rußland, Brasilien und Chile, für letztere die beiden erstgenannten Länder, Mexiko und die Philippinen Abnehmer), größere Schalter, stationäre Motoren bis 200 PS, Industrielokomotiven und -öfen, Radioempfänger (der Gesamtexport von Radioapparaten betrug 1 361 299 $ (1 121 399 i. V.) sowie Taschenlampenbatterien, während die Gehäuse ebenso wie z. T. Trockenbatterien, Staubsauger, Fernsprechinstrumente und -Schalttafeln sowie nicht näher bezeichnete Apparate eine Abnahme aufweisen.

[1] El. World Bd. 96, 1930, S. 141. Vgl. ETZ 1929, S. 1572.

Bezugsquellenverzeichnis.

Frage 34: Wer fertigt Reklamebeleuchtungsbuchstaben mit Zelluphan-Abdeckscheiben an?

Abschluß des Heftes: 9. August 1930.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin. Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Apyroldraht.

Mitteilung der AEG.

Die Apyroldrähte, ein neues Wicklungsmaterial der AEG mit Asbestisolation, haben eine wesentlich bessere Isolationsfestigkeit für hoher Erwärmung als Drähte mit Baumwollisolation. Die REB-Normalien lassen für Wicklungen mit Glimmer oder Asbestisolation eine Temperatur von 120° bei einer Belastung während

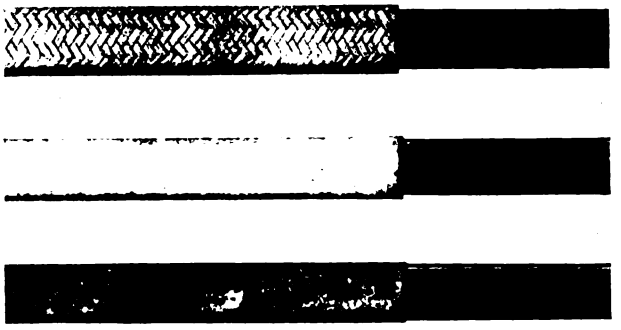


Abb. 1. Vierkantdrähte mit verschiedener Isolation.

einer Stunde und 105° bei Dauerbelastung zu, für Baumwollisolation dagegen nur 100° bzw. 85°. Den praktischen Nutzen aus dieser Bestimmung zu ziehen, ist erst durch Verwendung des von der AEG seit 2 Jahren hergestellten Apyroldrahtes möglich geworden.

Die Isolation des Apyroldrahtes ist billiger als Glimmer und hat sehr gute mechanische und elektrische Eigenschaften. Da der Isolationsauftrag (doppelseitig) nur 0,5 bis 0,6 mm beträgt, nimmt die Asbestisolation nicht mehr Wicklungsraum ein, als doppelte Baumwollumspinnung (Abb. 1). Sie ist vollkommen gleichmäßig, bildet keine Knoten oder Verdickungen und haftet fest am Kupferdraht. Die AEG liefert Apyrolflachdrähte von 3 bis 42 mm² Kupferquerschnitt mit einem max. Seitenverhältnis von 1:4, sowie Apyrolrunddrähte von 1,2 mm an.

Bei einem Vergleichsversuch wurde eine Apyroldrahtspule und eine mit Baumwolle isolierte Spule dauernd belastet, so daß die Drahttemperatur 220

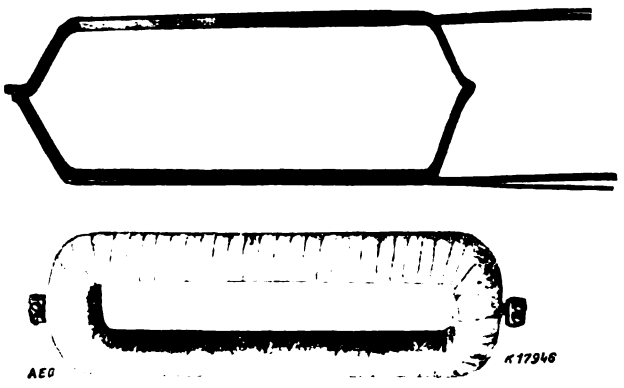


Abb. 2. Bahnmotorwicklung aus Apyroldraht.

bis 230° betrug. Die Baumwollisolation verkohlte schon nach 3 Stunden und schlug bei 560 V durch, während die Asbestisolation nach 8stündiger Erwärmung keine bemerkenswerte Veränderung zeigte und der Durchschlag erst bei 1250 V erfolgte.

Das Prüfergebnis und zweijährige Erfahrungen zeigen, daß Apyroldrähte in Form von Ankerspulen, Feldspulen oder Statorwicklungen etwa die gleiche, bei starker Überlastung der Wicklungen sogar eine viel bessere Isolationsfestigkeit haben als Drähte mit Baumwollisolation.

Die Verwendung der Asbestisolation gibt somit die Sicherheit, daß bei Überlastung, Stromstößen und anderen ungewöhnliche Beanspruchungen der Wicklung der Isolationswiderstand unbedingt erhalten bleibt. Auch eine Alterung, wie sie bei Baumwolle häufig ist, tritt bei Apyroldrähten nicht ein. Eine praktische Grenze für die Wärmebeanspruchung der Asbestisolation ist nur dadurch gegeben, daß bei zu hoher Wärme die Lötstelle und die Isolation der Lamellen zerstört werden würde.

Der Apyroldraht wird mit besonderem Vorteil für Elektromotoren verwendet, die zum Antrieb von Fahrzeugen dienen, z. B. bei Straßenbahnen, Vollbahnen und Kranen, doch bringt er auch bei ortsfesten Motoren wesentliche Vorteile, weil die Belastung des mit Asbest isolierten Drahtes etwa 10 vH höher sein kann als die des Baumwolldrahtes (Abb. 2 u. 3).

Die Patent- und Fachliteratur der letzten drei Jahrzehnte enthält eine große Zahl von Vorschlägen zur Herstellung von Draht mit Asbestisolation. Durch Bespinnen oder Beflechten des Drahtes mit Asbestfäden kann eine derartig dünne, gleichmäßige Isolation nicht erreicht werden, sondern nur durch feinste Zer-

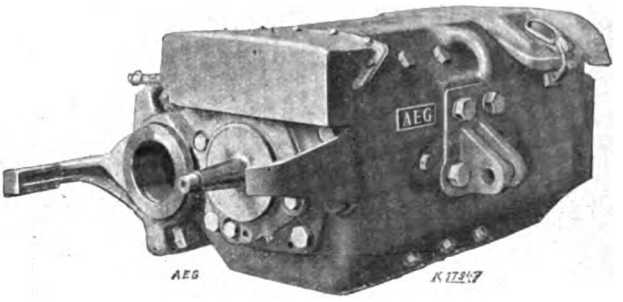


Abb. 3. AEG-Bahnmotor mit Apyroldrahtwicklung.

teilung der Asbestfäden und gleichmäßiges Aufbringen der Fasern auf den Draht. Dies wird durch die Spezialmaschinen der AEG erreicht.

Ankerwicklungen waren bisher meist mit Baumwolle beflochten, Feldwicklungen mit Baumwolle besponnen. Die Apyroldrähte haben sich sowohl für Anker- als auch für Feldwicklungen bewährt.

Naturgemäß ist beim Biegen der Drähte zur Spule infolge der festen Anschmiegung vorsichtig zu verfahren, und es dürfen nur Holz- oder Gummihämmer zu Hilfe genommen werden, obgleich die Isolation sehr fest auf dem Draht haftet und gut biegsam ist.

Das Anwendungsgebiet des Apyroldrahtes läßt sich in vier Gruppen einteilen.

Bei Fahrzeugmotoren, z. B. für elektrische Bahnen, ist die durch die Leistungserhöhung gewonnene Gewichtsverringerung, aber auch die Überlastbarkeit beim Anfahren wichtig.

Große ortsfeste Motoren mit Apyroldraht können Belastungsstromstöße besser aushalten als Motoren mit Baumwollbewicklung.

Beim Hebemagneten mit Apyroldraht gestattet gleichfalls die Überlastbarkeit eine Verringerung der Eigenlast und Gewinn an Nutzlast um mindestens 10 vH.

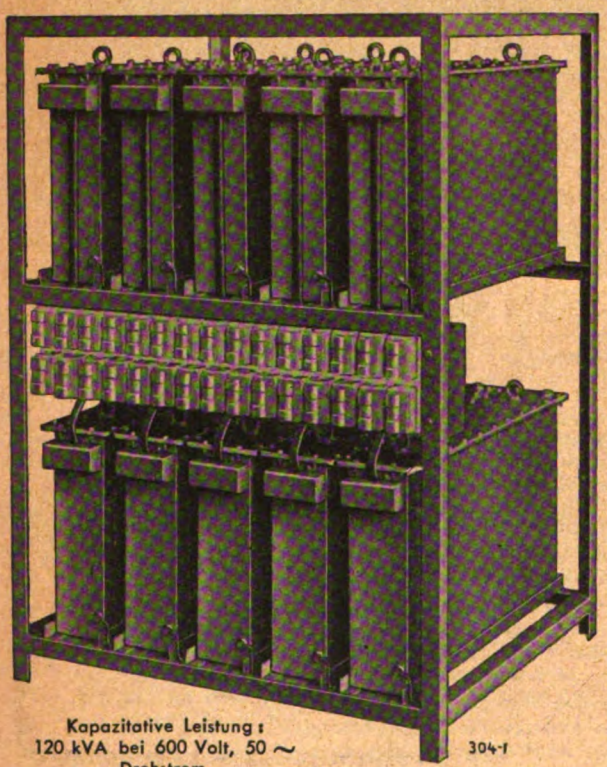
Bei Wicklungen und Zuleitungen von Schweißmaschinen, Schmelzöfen und anderen Heizvorrichtungen gestattet die Verwendung von Apyroldraht Raumersparnis und höhere Sicherheit.

Digitized by Google

STATISCHE KONDENSATOREN

MICAFIL

BEWÄHRTE KONSTRUKTIONEN FÜR ALLE ZWECKE, SPANNUNGEN UND LEISTUNGEN



Kapazitative Leistung: 120 kVA bei 600 Volt, 50 ~ Drehstrom

304-1

KONDENSATORBATTERIEN ZUR VERBESSERUNG DES LEISTUNGSFAKTORS (COS φ)

EINZELABSICHERUNG DER KONDENSATOREN

VERLUSTE KLEINER ALS 0,4 % DER KAPAZITIVEN LEISTUNG

GROSSE BETRIEBSSICHERHEIT GEWÄHRLEISTET DURCH GROSSE KÜHLFLÄCHEN

GRÖSSTE ÜBERSICHTLICHKEIT

KEINE WARTUNG

MICAFIL A.G. ZÜRICH-ALTSTETTEN

Telephon: Zürich-Uto Nr. 5200 — Telegr.: MICAFIL-Altstetten (Schweiz)

Digitized by Google

Engineering

E T Z

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

INHALT

Wetterberatung bei der Betriebsführung großer Hochspannungsnetze. Von B. Koetzold. 1189

Über den maßgebenden Leistungsfaktor eines Gleichrichters. Von K. Müller-Lübeck. 1193

Stromverdrängung in Statorwicklungen als Wirkung des Stirnstreufeldes. Von R. Pohl. 1195

Bericht über die Internationale Tagung des Studienkomitees für Flugverkehrsbeleuchtung in Berlin. Von F. Born. 1202

Die neuere Entwicklung der Schnurverstärkertechnik. 1203

Die Elektrizitätsgesetzgebung der Kulturländer der Erde. Von Block. 1204

Rundschau

Betriebsüberwach. v. Zugbeeinflussungseinricht. 1206 — Die Kraftwerke Brusio A.-G. 1207 — Diagramm des Spannungsabfalles in einem Netzwiderstand bei Phasenschieb. 1207 — Unvorschriftsmäßige Schmelzsicherungen. 1208 — Südwestdeutsche Lichttechn. Ges. e. V., Karlsruhe. 1208 — El. Gebäudeheiz. außerhalb der Spitzenzeit. 1208 — Stromwandler f. therm. Relais. 1209 — Das Ein- u. Ausspeichern v. Stückgütern. 1209 — Das Weltfernsprechnetz in seinen geograph. Bedingtheiten. 1210 — Detektorwirk. an Metallkontakten. 1210 — Der el. Durchschlag v. Luft zwischen konzentr. Zylindern. 1210 — Eisenverluste bei hohen Frequenzen. 1211 — Zur Theorie der Gasentlad. 1211 — Untersuch. des Hochspannungs-Überschlags. 1211 — Die Tätigkeit der PTR im Jahre 1929. 1212 — Energiewirtschaft. 1213

Vereinsnachrichten. 1214 — **Bekanntmachung des VDE.** 1214

Persönliches. F. Pack †, E. Schulz †. 1216

Briefe a. d. Schriftl. H. Cron / A. Cohn. 1217

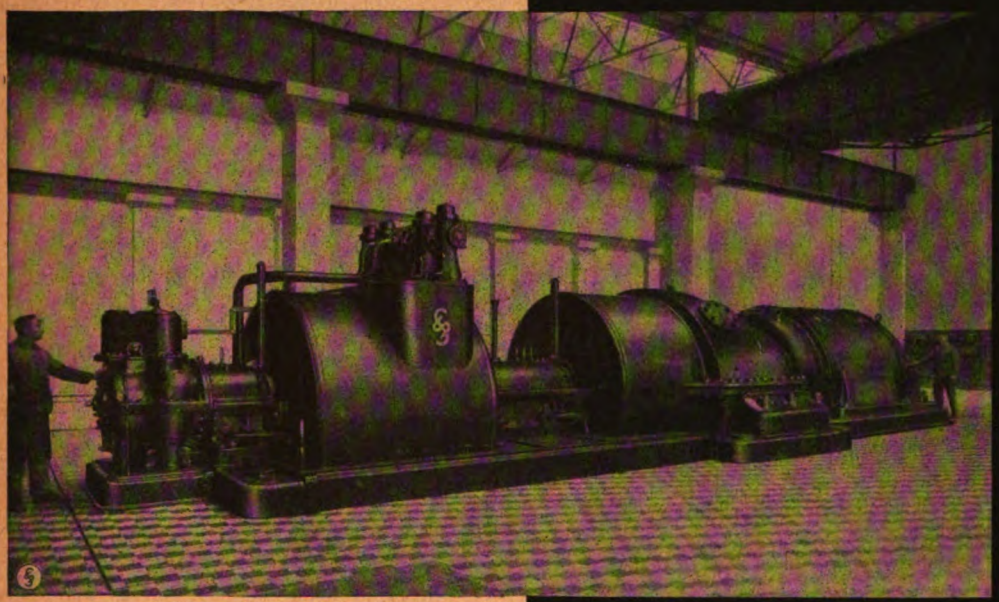
Literatur: L. Betz, H. Bethmann, F. Kiebitz, E. Praetorius, W. Stürzenacker, B. M. Konorski. Eingegang. Doktordissertationen. 1218

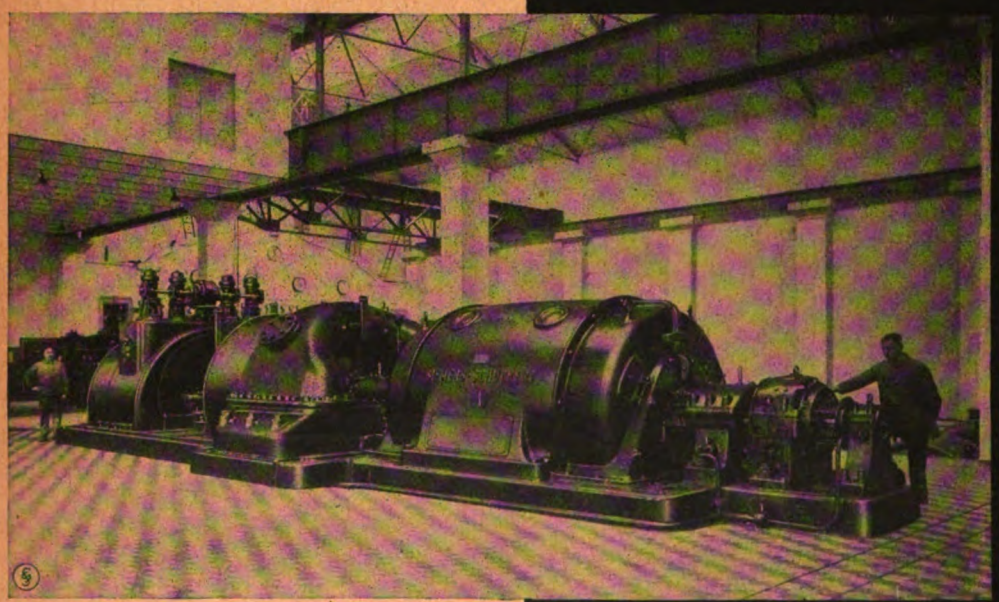
Geschäftl. Mitteilungen. 1220

34. HEFT · 51. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9
(1189-1220) 21. August 1930

Digitized by Google

DAMPF-TURBINEN





2-gehäusige Kondensationsturbine 12 000 kW, 3000 U/min im Kraftwerk Gevelsberg (Wasser- und Elektrizitätswerk des Kreises Schwelm)

SIEMENS-SCHUCKERT

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

51. Jahrgang **Berlin, 21. August 1930** **Heft 34**

Wetterberatung bei der Betriebsführung großer Hochspannungsnetze.

Von **Bernd Koetzold**, Weimar.

Übersicht. In der Literatur sind bisher fast ausschließlich nur die Sicherheitsvorkehrungen und -einrichtungen gegen Gewitterstörungen im Aufbau der Freileitungen behandelt worden. Es wird gezeigt, mit welchen Erfolgen auch die Betriebsführung durch enge Zusammenarbeit mit der öffentlichen Wetterberatung die unvermeidlichen Gewitter- und Blitzstörungen abschwächen und eingrenzen kann. — Literaturhinweise erfolgen nur auf die neueren Veröffentlichungen ab 1925.

Die bisher wohl zweifellos noch mit die größten Betriebsorgen bereitende Eigenheit von Hochspannungs-Überland- und -Großversorgungsnetzen ist ihre Gewitterempfindlichkeit[1]. Schon die rege Tätigkeit, die besonders in den letzten Jahren in Schweden (Norinder), in Deutschland (vor allem durch die Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen[2] und auch in Amerika auf dem Gebiete der Erforschung der Natur des Blitzes sowie seiner Wirkungen und deren Bekämpfung entfaltet ist, und die zu recht bedeutsamen und aufklärenden Ergebnissen geführt hat, zeigt die Wichtigkeit, die man dieser Frage in Fachkreisen beimißt, ebenso wie die Unzahl von Blitzschutzeinrichtungen und Apparaten, die sich seit den Kindertagen der Hochspannungstechnik in der Praxis mehr oder weniger bewährten. Hierzu gehört ferner die erfolgreiche Verbesserung der Freileitungsisolation, welche die durchschlagsicheren und lichtbogenfesten Isolatorentypen hervorbrachte, sowie die immer weiter getriebene Vervollkommnung der Leitungs- oder Netzschutzeinrichtungen, die u. a. zum Wahlschutzrelais in den verschiedensten Ausführungsarten führte.

Aber alle diese Erkenntnisse und Vervollkommnungen sind nicht in der Lage, die Gewitterstörungen selbst auf den Freileitungen und auch in den anschließenden Umspann- und Kraftwerken ganz zu verhindern, sondern sie können nur die örtlichen Zerstörungen an der Einschlagstelle der Entladung abschwächen und die Auswirkungen auf den Gesamtbetrieb möglichst eingrenzen. Vor allem die letztere Aufgabe ist bei dem immer weiter fortschreitenden Zusammenschluß ausgedehnter Hochspannungsnetze von außerordentlicher Wichtigkeit.

Jedoch nicht nur durch technische Verbesserung der Anlagen und Vervollkommnung der Betriebsmittel allein ist das Ziel der Eingrenzung von Störungsauswirkungen herbeizuführen, sondern auch die Netzbetriebsführung muß, je größere Gebiete die zusammengeschlossenen Netze umfassen, um so mehr Mittel und Wege suchen, die Beunruhigung des Betriebes durch die unvermeidlichen Gewitterstörungen mit ihren unangenehmen Folgen (Netzverbeugungen) soweit wie möglich einzuschränken bzw. nur in Teilgebieten des Gesamtnetzes zur vollen Erscheinung kommen zu lassen. Zu diesem Ziele wird schon seit einigen Jahren in größeren Netzen, oft unter Einbeziehung der benachbarten Netze, ein Gewittermeldedienst in der Weise durchgeführt, daß mit Hilfe des Betriebsfernsprechers jedes auftretende Gewitter schnellstens oft nicht nur den Betriebsleitungen oder den Netzkommandostellen, sondern auch allen übrigen Netzdienststellen mitgeteilt wird. Durch weitere Angaben über Stärke und Zugrichtung der Gewitter — in Deutschland für gewöhnlich von Westen nach Osten[3] — kann für die noch nicht vom Gewitter betroffenen Netzgebiete häufig schon auf eine gewisse Gewitterwarnung geschlossen werden, die zu entsprechenden Vorsichts- und Vorkehrungsmaßnahmen im Betriebe Veranlassung geben kann.

Ausgehend von diesem trotz seiner Unvollkommenheit doch schon erfolgreichen Meldedienst und der Erkenntnis, daß sich hier durch Hinzuziehung der öffentlichen Wetterdienststellen eine sehr wertvolle Unterstützung der Netzbetriebsführung durch Einrichtung eines Gewitterwarnungsdienstes erreichen lassen müsse, wurde von der Thüringischen Landeselektrizitätsversorgungs AG. „Thüringenwerk", deren Hochspannungsanlagen fast das gesamte Land Thüringen überziehen, mit der Thüringischen Landeswetterwarte Weimar der Versuch einer möglichst engen Zusammenarbeit gemacht, ebenso wie auch einige andere deutsche Werke — in Verfolg einer in der Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen aufgegriffenen Anregung — mit den für ihren Bezirk in Frage kommenden Wetterdienststellen in Verbindung traten.

Es war von vornherein klar, daß der allgemeine öffentliche Wetterdienst, wie er in den täglich herausgegebenen Wetterkarten und den für die Presse bestimmten Wetterprognosen seinen Niederschlag findet, den vom Hochspannungsnetz-Betrieb zu stellenden Ansprüchen nicht genügen konnte. Diese täglichen Voraussagen leiden an dem Hauptnachteil, daß sie — um zur Veröffentlichung zur rechten Zeit zu kommen — zu einer bestimmten festliegenden Stunde abgeschlossen sein müssen. Häufig liegt diese Abschlußzeit noch in den Vormittagstunden, in denen sich insbesondere bei der stark, oft stündlich schwankenden Wetterlage des Sommers aus den vorliegenden Wettermeldungen noch kein endgültiges Bild gewinnen läßt[4]. Dieser Wetterdienst mußte also ausscheiden.

Dagegen hat die der Thür. Landeswetterwarte unterstellte Flugwetterwarte Erfurt die günstigsten Voraussetzungen für einen Wetterdienst, wie er den Anforderungen des Hochspannungsnetzbetriebes gerecht wird. Diese Wetterdienststelle verfolgt während des ganzen Tages dauernd den Verlauf der Witterung. Die ständig eingehenden Meldungen aller Art — vor allem Funkmeldungen, dann Meldungen der Post, mit der hierüber ein besonderes Übereinkommen getroffen ist, Fernsprechmeldungen über das Flugkabelnetz, Mitteilungen der eintreffenden Flugzeugführer usw. — werden laufend verarbeitet und ausgewertet. Auch rasch wechselnde und örtlich begrenzte Wetterlagen werden erfaßt und für den Laienbeobachter unvermutete plötzliche Wetterumschläge rechtzeitig erkannt. Wie der Name der Dienststelle besagt, hat sie in erster

[1] Peucker, ETZ 1926, S. 301. — Die Zuverlässigkeit von Fernleitungen. Bericht nach El. World in Elektrizitätswirtsch. Bd. 25, S. 358 (1926). — Matthias, ETZ 1926, S. 153. — Rachel, ETZ 1925, S. 1347. — Dutoit u. Rump, ETZ 1926, S. 1168.

[2] Matthias, ETZ 1925, S. 873. Elektrizitätswirtsch. Bd. 25, S. 297 (1926); Bd. 26, S. 2 (1927). ETZ 1927, S. 1477; 1929, S. 1469.

[3] Langbeck, ETZ 1927, S. 252.

[4] In erster Linie benutzt der Meteorologe für seine Wetterdiagnose die Wetterkarte, die er auf Grund der Wettermeldungen von zahlreichen Wetterbeobachtungstationen in ähnlicher Weise wie die bekannten öffentlichen Wetterkarten aufstellt, nur daß sie in übersichtlicherem, größerem Maßstab gezeichnet wird und wesentlich mehr Eintragungen enthält. Für Deutschland werden sämtliche Beobachtungsmeldungen, die synoptisch zu 4 bestimmten Tageszeiten (2^h, 8^h, 14^h, 19^h) aufgenommen werden, von der Seewarte Hamburg gesammelt und verschlüsselt gemeinsam durch Funkspruch bekanntgegeben. In ähnlicher Weise verbreiten die anderen europäischen Länder über ihren Sender die gesammelten Meldungen ihres Gebietes, so daß diese von sämtlichen Wetterdienststellen unmittelbar empfangen werden können. Für die kurzzeitigen und örtlich bestimmteren Prognosen sind jedoch die Pausen zwischen diesen Meldungen zu lang. Sie müssen daher durch Zwischenmeldungen ergänzt werden, was insbesondere im Dienste der Flugberatung für Mitteleuropa über Flugplatzsender u. dgl. durchgeführt wird. Der Gewitterwarnungsdienst stützt sich vornehmlich auf die derart erhaltene „8^h-Wetterkarte" und „11^h-Wetterkarte".

Digitized by Google

Linie die Aufgabe der Flugberatung. Aus dem allgemeinen öffentlichen Wetterdienst hat sie sich dadurch entwickelt, daß jedem der zu allen Tageszeiten abgehenden Flugzeuge eine Wetterberatung mitgegeben werden muß. Ihre Hauptstärke für kurzzeitige Prognosen liegt darin, daß die Verarbeitung der eingegangenen Unterlagen für die Wetterkarte nicht zu irgendeinem bestimmten Zeitpunkt abgeschlossen sein braucht, zu dem das Wetterbild und seine vermutliche Entwicklung vielleicht noch nicht eindeutig erkennbar ist, sondern daß die Meldungen solange verfolgt und verarbeitet werden können, bis der Meteorologe eine klare Übersicht der Wetterlage und ihrer voraussichtlichen Entwicklung gewonnen hat. Diese dauernde Beobachtung des Wetters auf einem weit über Europa hinausgehenden Gebiet ermöglicht in unerwartet günstiger Weise den „Gewitterwarnungsdienst". Sobald die Wetterwarte erkannt hat, daß für ihr besonderes Beobachtungsgebiet, welches sich im vorliegenden Falle mit dem Bereich des thüringischen Hochspannungsnetzes ziemlich genau deckt, oder auch in den angrenzenden Gebieten ein Gewitter in der Bildung begriffen ist oder hereinzieht, erfolgt entsprechende Meldung — „Warnung" — an die Netzbetriebsleitung. In den Meldungen werden in erster Linie voraussichtliche Art und Stärke der zu erwartenden Gewitter, vermutlicher Zeitpunkt des Beginnes bzw. des Eintreffens und der Dauer so-

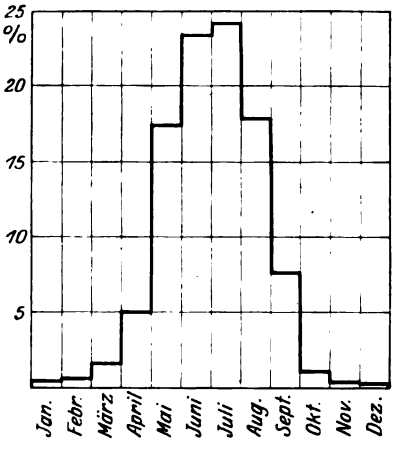


Abb. 1. Prozentuale Verteilung der Gewitter auf die Monate des Jahres.

Die Wetterwarnungen werden nicht nur im eigenen Netzbetrieb des Thüringenwerks verwertet, sondern auch an sämtliche Abnehmerwerke, die z. T. ausgedehnte Überlandnetze betreiben, sowie an die benachbarten Großversorgungs-Unternehmungen umgehend weitergegeben. Anderseits ist der Wetterdienst so aufgebaut, daß sämtliche Unwetter, welche die Betriebstellen der am Wetterdienst beteiligten Werke beobachten, sofort der Netzbetriebsleitung des Thüringenwerks mitgeteilt werden, die ihrerseits die umgehende Weitervermittlung an die Wetterwarte veranlaßt. Auch für die Flugberatung wird dieses Gegenseitigkeitsverhältnis ausgenutzt, indem von Dienststellen des Thüringenwerknetzes auf Anfrage der Flugwetterwarte örtliche Sichtmeldungen u. dgl. abgegeben werden.

Der Erfolg dieses seit Sommer 1928, zunächst versuchsweise, eingerichteten Wetterwarnungsdienstes kann am besten durch die Feststellung dargelegt werden, daß seit Mitte 1928 über Thüringen und auch den benachbarten Gebieten kein Gewitter niedergegangen ist, das von der Wetterwarte nicht etwa 1 oder 2 h, manchmal auch sehr kurzzeitig vorausgesagt wurde! Dieses Ergebnis war unerwartet und überraschend, es beweist, daß der eingeschlagene Weg von größerer Bedeutung ist, als man voraussehen konnte.

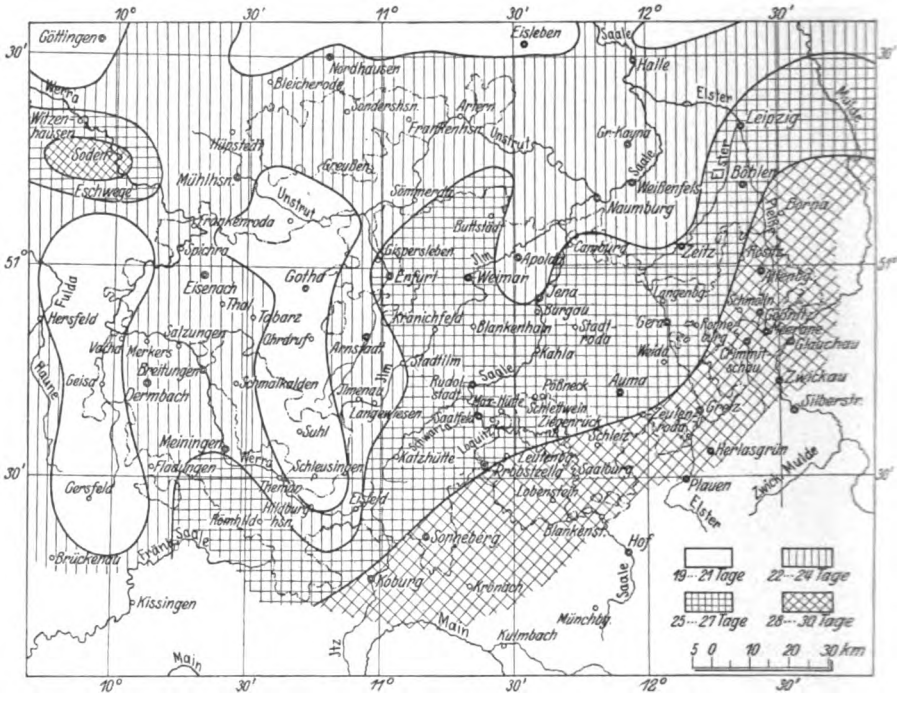


Abb. 2. Gewitterhäufigkeit in Thüringen; Gebietseinteilung nach der jährlichen Anzahl der Gewittertage, ermittelt aus 20jährigen Beobachtungen.

wie die wahrscheinliche Zugrichtung angegeben[5]. Je nach Inhalt und Bestimmtheit dieser Warnungen werden dann von der Netzbetriebsleitung die Vorkehrungen und Vorsichtsmaßnahmen im Betriebe angeordnet, die später noch eingehender behandelt werden sollen. Wie die Vorausmeldungen gefaßt und wie sie zu bewerten sind, ist in dem nachstehenden Auszug aus dem Unwettermeldebuch des Thüringenwerks für 1929 zu erkennen (hierzu s. Karte, Abb. 3).

Tag	Zeit	Vorausmeldungen oder Warnungen für Gebiet	Zeit	beobachtete Gewitter im Gebiet
13. IV.	14^{35}	für Ostthüringen, Zugrichtung von Osten nach Westen	16^{30}	Böhlen
			16^{55}	Herlasgrün
29. IV.	16^{40}	für ganz Thüringen (i. d. Nacht)	19^{46}	Langewiesen, Sonneberg u. Gispersleben
			20^{15}	
30. IV.	14^{00}	kurz vor Erfurt (möglicherweise)	14^{29}	Gispersleben u. Erfurt
23. V.	12^{10}	für Vogtland und ganz Thüringen	12^{27}	Langewiesen, Sonneberg
			13^{30}	Rudolstadt, Gehren
	14^{15}	für ganz Thüringen	15^{54}	Gispersleben, Arnstadt
	17^{30}	für ganz Thüringen	18^{21}	Gotha, Langewiesen
20. VI.	15^{08}	für ganz Thüringen am Spätnachmittag	18^{16}	Langewiesen, Weimar
			23^{13}	Jena, Ziegenrück
27. VI.	16^{00}	im Westen und Saaletal Zugrichtung nach Osten	17^{00}	Apolda und
			18^{25}	Jena

[5] Hauptsächlich ist zwischen zwei Gewitterarten zu unterscheiden. Die Wärmegewitter treten an heißen Sommertagen örtlich auf, haben größtenteils nur geringe Ausdehnung von einigen Kilometern und kleine oder gar keine Zuggeschwindigkeit. Unter Umständen können sie von längerer Dauer sein, abschwächen und wieder stärker werden. Fast stets sind langsam von Osten nach Westen ziehende Gewitter in Mitteldeutschland solche „Wärmegewitter". Im Gegensatz hierzu stehen die „Frontgewitter", die häufig mit großer Zuggeschwindigkeit und in breiter, aber verhältnismäßig wenig tiefer Front von Westen nach Osten ziehen und von Sturm begleitet sind. Manchmal folgen auch mehrere solcher Fronten aufeinander.

Nun darf anderseits nicht verlangt werden, daß jedes angemeldete Gewitter auch tatsächlich eintrifft. Es liegt in der Natur der Sache, daß bei unvollkommenen oder verstümmelten Meldungen — besonders der Funkempfang leidet häufig noch unter atmosphärischen Störungen — die Prognose recht erschwert wird und der Meteorologe lieber sichergehen will, oder daß besonders bei einer im Sommer ständig wechselnden Wetterlage ein im Entstehen begriffenes Gewitter schon vor seinem Ausbruch wieder abgebaut wird und nicht zur Entladung kommt. Für den Netzbetrieb ist es aber wichtiger, daß alle tatsächlich vorkommenden Gewitter rechtzeitig erfaßt werden, als daß von Zeit zu Zeit eine Warnung nicht eintrifft und etwaige Vorsichtsmaßnahmen im Betriebe umsonst durchgeführt werden. Im übrigen werden solche Gewitterwarnungen, die noch sehr unbestimmt sind, nur an die Netzbetriebsleitung zu deren vorsorglicher Unterrichtung mitgeteilt, aber an die übrigen Netzdienststellen zur Vermeidung unnötiger Beunruhigung des Betriebspersonals nicht weitergegeben. Ferner wird auch eine ausgegebene Gewitterwarnung natürlich wieder aufgehoben, sobald die Wetterwarte erkennt, daß die Wetterlage sich vor Ausbruch des Gewitters beruhigt hat und keine Gewittergefahr mehr besteht.

Als Beispiel seien die Ergebnisse des Sommerhalbjahres 1929 mitgeteilt. Vom 1. IV. bis 30. IX. wurden von

Digitized by Google

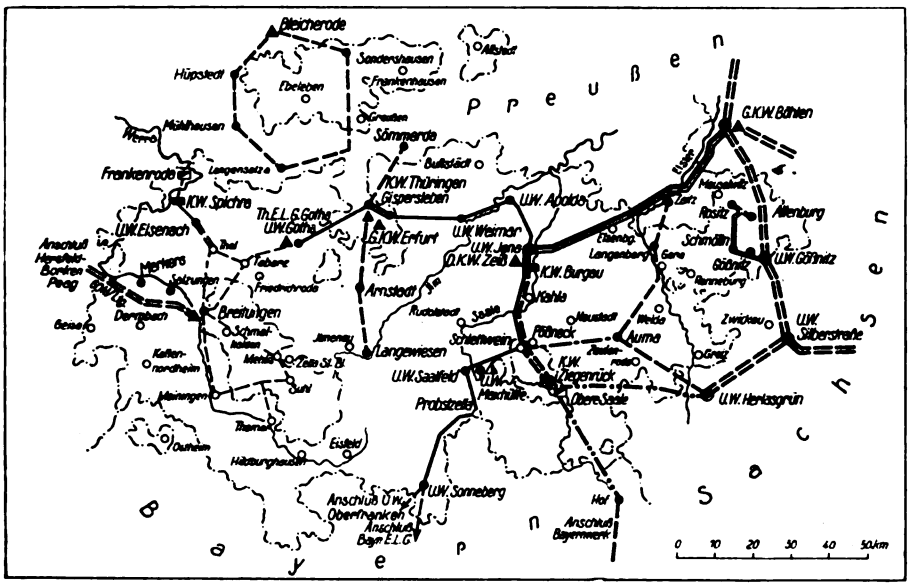
der Wetterwarte insgesamt 64 Warnungen ausgegeben. Von diesen vorausgesagten Gewittern sind 37 tatsächlich eingetroffen. Bei 18 Voraussagen ist es unbestimmt, ob sie eintrafen oder nicht, da die Gewitter in Gebietsteilen Thüringens niedergegangen sein können, die von der Netzbeobachtung noch nicht mit erfaßt werden. Bei 9 Meldungen steht es fest, daß sie sich nicht erfüllten. Auf die Tage des Halbjahres verteilt, ist also rd. jeden 3. Tag eine Warnung ausgegeben worden, und mehr als die Hälfte hiervon, rd. 60 %, sind wirklich eingetroffen. Ob eine weitere Verminderung des Prozentsatzes der nicht eingetroffenen Warnungen sich ermöglichen lassen wird, muß die Erfahrung der kommenden Jahre lehren, ist jedoch gegenüber der vollkommenen Erfassung aller auftretenden Gewitter von untergeordneter Bedeutung.

Die Zusammenarbeit des Thüringenwerks mit der Wetterwarte beschränkt sich jedoch nicht nur auf Gewitter- und Unwetter-(Sturmwarnungs-)Dienst, sondern es wird auch versucht, Rauhreifwarnungen zu geben, welche für die im Gebirgstock des Thüringer Waldes in Höhen bis über 750 m verlaufenden Leitungen sehr wichtig sind. Dieses Gebiet des Wetterwarnungsdienstes steckt jedoch noch in den Kinderschuhen, da nur wenig einwandfreies Erfahrungsmaterial hierzu vorliegt und zudem die Rauhreifbildung stark an örtliche Verhältnisse gebunden ist, die jeweils erst zu erforschen sind[6]. Aber schon eine allgemein gehaltene Voraussage, daß die Witterung Neigung zur Rauhreifbildung zeigt, ist für den Betriebsmann von Wert gegenüber dem bisherigen Zustand der vollkommenen Unsicherheit.

Sehr wertvoll sind auch die Unterlagen, die über die Verteilung der Gewitterhäufigkeit auf das Jahr von der Wetterwarte als Mittelwert aus 20 Beobachtungsjahren (Zahlentafel 1) aufgestellt sind (Abb. 1). Sie zeigen dem Betriebsleiter, in welchen Monaten die Gewitter häufiger zu erwarten sind, was für den allgemeinen Netzdienst schon wissenswert ist und auch bei Überholungsarbeiten aller Art mit teilweiser Abschaltung des Netzes oder von Netz-Speiseleitungen ins Gewicht fällt. Es sei hier bemerkt, daß erfahrungsgemäß scheinbar die Häufigkeit der Gewitterstörungen nicht ganz mit der Häufigkeit der Gewitter selbst übereinstimmt, da nämlich in den Frühjahrsmonaten April und Mai im allgemeinen mehr Störungen auftreten dürften als in den Monaten August und September mit angenähert der gleichen Gewitterhäufigkeit. Man wird diese Beobachtung wohl damit erklären müssen, daß die ersten Gewitter im Jahr alle kranken Stellen des Netzes zum Vorschein bringen, die sich im Laufe des Winters

Zahlentafel 1. Verteilung der Gewitter auf die Monate eines Jahres. (Durchschnitt aus 20 Jahren.) Angabe in Prozenten bei Gesamtanzahl der Gewittertage des Jahres gleich 100 %.

Station	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Göttingen .	0,3	0,3	0,9	4,0	15,1	25,1	25,7	19,1	8,0	0,6	0,6	0,3	100,0
Witzenhaus.	0,2	0,2	2,3	4,1	15,6	23,4	24,1	18,8	8,1	1,6	1,3	0,3	100,0
Sondershaus.	0,4	—	2,2	5,6	15,5	22,1	25,6	16,3	9,9	1,1	0,9	0,4	100,0
Eisenach ...	0,4	0,4	1,2	3,5	17,5	24,6	23,0	19,5	8,2	1,3	0,2	0,2	100,0
Meiningen ..	0,2	0,6	2,2	4,6	17,4	25,0	24,6	17,0	6,7	1,7	—	—	100,0
Coburg	0,5	1,2	2,1	5,5	20,1	23,0	22,1	16,4	6,7	1,2	0,5	0,7	100,0
Naumburg .	0,2	0,3	2,1	7,0	17,3	23,4	24,1	15,5	8,4	1,0	0,2	0,5	100,0
Erfurt	0,2	0,5	1,7	3,6	15,6	24,0	23,8	21,1	7,6	0,9	0,2	0,8	100,0
Lehesten ...	0,2	0,3	1,2	5,3	19,4	23,1	22,9	19,4	6,8	0,6	0,2	0,6	100,0
Jena	0,4	0,4	2,2	5,8	19,0	23,4	24,5	15,5	7,5	1,3	—	—	100,0
Altenburg ..	0,7	0,4	0,4	6,2	20,4	20,4	25,6	18,3	6,9	0,4	0,1	0,2	100,0



50 kV-Leitung Thüringenwerk
50 „ „ fremd
50 „ „ geplant
30 „ „ Thüringenwerk
Dampfkraftwerk
Wasserkraftwerk
100 kV-Leitung Thüringenwerk
100 „ „ fremd
100 „ „ geplant
30 „ „ fremd
Gaskraftwerk
Umspannwerk

Abb. 3. Netzplan der Elektrizitätsversorgung Thüringens.

ausbildeten und den normalen Beanspruchungen der atmosphärisch ruhigen Jahreszeit noch standhielten, den Gewitterüberspannungen jedoch nicht gewachsen sind. Ferner ist für die Beurteilung der Gewitterhäufigkeitskurve wichtig, daß die Frühjahrsgewitter jedenfalls stärker sind als die Herbstgewitter.

In weitgehendem Maße wird auch für Leitungsplanungen bei Neubauten die Wetterwarte zu Rate gezogen. Auf Veranlassung des Thüringenwerks stellte die Wetterwarte eine Karte her (Abb. 2), auf der die Gewitterhäufigkeit in Thüringen nach 20jährigen Beobachtungswerten regional eingetragen ist. Auf die außerordentlich interessante kritische Betrachtung dieser Gewitterkarte einzugehen, verbietet hier leider der Raum. Wie erwähnt, ist diese Karte für die Planungen wichtiger Leitungen sehr wertvoll, da man, soweit möglich, Gebiete stärkerer Gewittertätigkeit vermeiden und umgehen wird oder bei diesen Leitungstrecken auf ausreichenden Gewitterschutz besonderes Augenmerk richten wird. Aber auch bei der Untersuchung der Störungshäufigkeit in den einzelnen Netzteilen kann eine solche Karte sehr aufschlußreich sein, wenn sie mit einer Netzkarte, in welche die Störungen eingezeichnet sind, überdeckt wird[7]. Es sei in diesem Zusammenhang erwähnt, daß fast stets von den Telegraphenbauämtern sehr umfangreiches und genaues Erfahrungsmaterial über Gewitterstörungs- und Rauhreifgebiete zu erhalten ist, während für waldreiche Gebirgsgegenden bezüglich Rauhreifgefahr auch von der Forstbehörde sehr brauchbare Angaben zu bekommen sind.

In vielen Betrieben hat man sich zur Vermeidung der Übertragung von Störungsauswirkungen häufig entschlossen, einzelne Maschinen- oder Kraftwerks- und Leitungsgruppen vollkommen getrennt voneinander zu fahren. Diesen zweifellos nicht idealen Betriebszustand konnte das Thüringenwerk für sein Netz verlassen, nachdem der Gewitterdienst die Handhabe zu anderen gleichwertigen Betriebsmaßnahmen gestattete und somit den zweifellos wirtschaftlicheren und insbesondere mit Rücksicht auf die Augenblicksaushilfe vorteilhafteren dauernden Parallelbetrieb des gesamten Netzes möglich machte. Sobald eine Gewitterwarnung ausgegeben ist, tritt für sämtliche Netzbetriebstellen die „erhöhte Dienstbereitschaft" in Kraft, d. h. je nach Besetzung und Größe der Umspannwerke hat z. B. der sich in Ruhe- oder Bereitschaftsdienst befindliche Schaltwärter sofort den Wachdienst aufzunehmen, entweder für die sofortige Dienstbereitschaft eines Umspannwerkes mit Einmann- oder Zweimannbesetzung oder bei stärkerer Personalbesetzung zur Unterstützung des z. Z. Diensthabenden. Das Netz wird soweit wie möglich metallisch aufgeteilt, jedoch ohne Unterbrechung des Parallelbetriebes, der über Umspannerkopplung fortgesetzt wird. Am Beispiel des mittel-

[6] Elektrizitätswirtsch. Bd. 26, S. 91 (1927).

[7] Schilling, Elektrizitätswirtsch. Bd. 26, S. 21 (1927).

Digitized by Google

thüringischen 50 kV-Netzes (Abb. 3) möge diese „Gewitterschaltung" erläutert werden. Die Speisung des Netzes erfolgt aus den Großkraftwerken Böhlen (bei Leipzig) und Erfurt; beide Werke fahren dauernd parallel. In der Gewitterschaltung wird das Netz in 3 Abschnitte metallisch aufgeteilt; die Auftrennungstellen, bei denen natürlich auch die induktive Kopplung erfolgt, befinden sich in Erfurt und Jena als den Speisepunkten. Schematisch ergibt sich das in Abb. 4 dargestellte Schaltbild. Durch die Dämpfung der induktiven Kopplung werden die in einem Netzabschnitt auftretenden Störungen in ihrer Auswirkung auf die übrigen Netzabschnitte soweit abgeschwächt, daß sie dort auch von den empfindlichsten Abnehmern ertragen werden können. Folgende in großen Zügen angedeutete Überschlagsrechnung[8] kann ein Bild über die Größenordnung der Dämpfungswirkung und den Schutzwert der Gewitterschaltung geben.

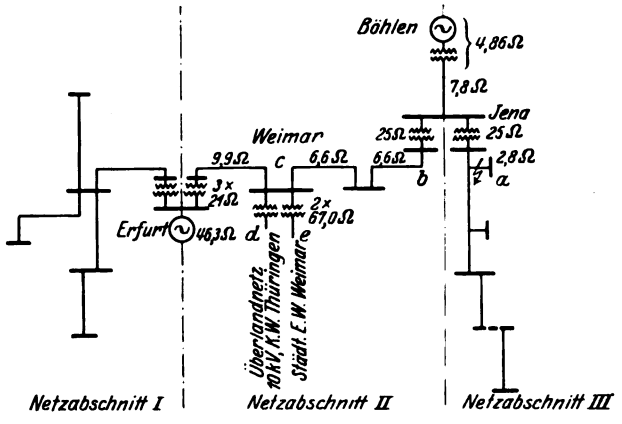
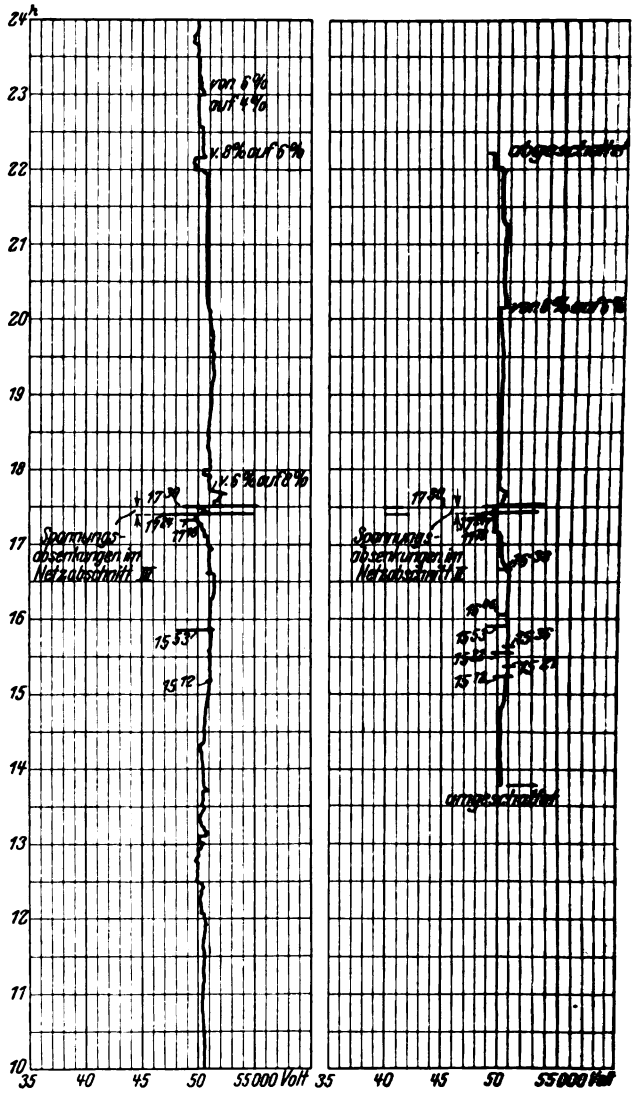


Abb. 4. Kurzschlußkarte mit Angabe der Netzuntertellung (Kurzschlußimpedanzen auf 50 kV bezogen).

An der mit *a* bezeichneten Stelle soll ein Kurzschluß eintreten. Sind die Umspanner in den Speisepunkten Erfurt und Jena ober- und unterspannungseitig parallel geschaltet, so daß das 50 kV-Netz metallisch vollkommen zusammenhängt, dann ergibt sich aus der resultierenden Kurzschlußimpedanz an der Fehlerstelle ein Kurzschlußstrom von $28\,800/26{,}1 = 1100$ A, der von Erfurt mit 156 A und von Böhlen mit 944 A gedeckt wird. Die Spannung auf der 50 kV-Seite in Jena bricht auf $1100 \cdot 2{,}8 \cdot \sqrt{3} \approx 5350$ V zusammen, d. h. um rd. 90 % der Netzspannung; in Weimar geht sie auf $5350 + 156 \cdot 13{,}2 \cdot \sqrt{3} = 8910$ V, d. h. um rd. 82 % zurück. Ist dagegen die Gewitterschaltung durchgeführt, so wird an sich schon der Kurzschlußstrom kleiner, da die resultierende Impedanz durch die Umspannertrennung und Hintereinanderschaltung in Jena für den Erfurter Anteil auf 39,23 Ω gestiegen ist, so daß der Kurzschlußstrom $28\,800/39.23 \approx 734$ A beträgt. Die Spannungsrückgänge ergeben sich nunmehr für die 50 kV-Seite in Jena, Richtung Kurzschlußstelle, zu rd. 93 %, Richtung Weimar (*b*) zu rd. 23 %! In Weimar verringert sich der Spannungszusammenbruch auf rd. 20 %. Während also der Netzabschnitt *II* bei Durchschaltung des Gesamtnetzes von der Netzverbeugung infolge des Kurzschlusses bei *a* außerordentlich stark in Mitleidenschaft gezogen wird, bewirkt die Gewitterschaltung mit sonst gleichbleibenden Verhältnissen bei dem dargestellten Fall in dem geschützten Netzabschnitt eine Verringerung des Spannungszusammenbruchs von rd. 82 % auf nur rd. 20 %, also auf etwa den vierten Teil!

Ein Beispiel aus der Praxis zeigen die in Abb. 5 a und b wiedergegebenen Spannungs-Schreibstreifen, welche die Vorgänge in Jena bei einer Störung im Netzabschnitt *II* aufgezeichnet haben. Während im kranken Netzteil die Spannung um 50 % zusammenbricht, geht sie in dem durch die Gewitterschaltung geschützten Nachbarabschnitt *III* nur um 20 % zurück. Die rechnerische Nachprüfung bestätigt diese Aufzeichnung mit ziemlicher Annäherung.

Gegenüber der vollkommenen Netzauftrennung hat die Gewitterschaltung neben ihrem Vorzug, daß der günstigste Lastverteilungsplan durchgehalten und die Wirtschaftlichkeit des Betriebes beibehalten werden kann, noch den ganz erheblichen Vorteil, daß beim Störungsausfall einer Speiseleitung oder -gruppe sofort die andere Stromquelle einspringen und aushelfen kann. Würde z. B. der Netzabschnitt *II* von Erfurt aus allein beliefert und die Leitung Erfurt—Weimar würde gestört, so hätte das für die zwischen Erfurt und Jena liegenden Umspannwerke eine Stromunterbrechung zur Folge. Bei der Gewitterschaltung dagegen übernimmt sofort Jena bzw. Böhlen selbsttätig die Belieferung, ohne daß Unterbrechungen eintreten oder Schaltungen vorgenommen zu werden brauchen. Eine weitere unmittelbare Störungseinschränkung wird bei dieser Schaltung dadurch erreicht, daß der Erdschlußstrom begrenzt wird und ein Erdschluß nicht das Gesamtnetz befällt, sondern sich nur in dem kranken Netzteil bemerkbar macht.



a) Spannungsenkungen im gesunden Netzabschnitt *III*, außer 15h 53m, geringer als im betroffenen Netzabschnitt *II*, z. B. 17h 24m und 17h 30m etwa 20%.

b) Spannungsenkungen im kranken Netzabschnitt *II* größer als im geschützten Netzabschnitt *III*, z. B 17h 24m u. 17h 30m etwa 50%.

Abb. 5. Schutzwirkung der Gewitterschaltung, dargestellt an den gleichzeitigen Spannungsaufzeichnungen zweier metallisch getrennter, nur über Umspanner gekoppelter Netzabschnitte in einem Umspannwerk.

Aber auch in den Unterwerken wird die metallische Netzauftrennung durchgeführt, wie in Abb. 4 beim Umspannwerk Weimar angedeutet ist. Hier wird z. B. die Speisung des Städt. El.-W. Weimar und des Überlandnetzes der Kraftwerk Thüringen AG., Gispersleben, je für sich auf einen besonderen Umspanner gelegt. Von welchem Erfolg auch in diesem Falle die Gewitterschaltung ist, läßt nachstehende Überschlagsrechnung erkennen: Tritt in dem vom U.-W. Weimar aus versorgten 10 kV-Überlandnetz in etwa 10 km Entfernung ein Kurzschluß ein (*d*), so wird bei zusammengeschalteten 10 kV-Abgängen und beiderseitigem Parallelbetrieb von zwei Umspannern der resultierende Kurzschlußstrom auf der 10 kV-Seite rd. 1250 A betragen und beim U.-W. Weimar die Spannung auf der 10 kV-Seite einen Rückgang von rd. 57 % erleiden. Liegen die beiden Um-

[8] Koetzold, ETZ 1924, S. 740.

Digitized by Google

spanner dagegen in Gewitterschaltung, und sind die beiden 10 kV-Abgangsgruppen getrennt, so geht der Kurzschlußstrom, da in der Kurzschlußbahn nur ein Umspanner liegt und somit die Kurzschlußimpedanz entsprechend größer geworden ist, auf rd. 975 A zurück. Der Spannungszusammenbruch auf der Kurzschlußseite der 10 kV-Anlage beläuft sich dann auf rd. 66 %, bleibt dagegen in dem nicht betroffenen Teil der 10 kV-Anlage (e) auf rd. 21 % beschränkt. Die Schutzwirkung der Gewitterschaltung ermäßigt also auch in diesem Falle, in dem für die Betriebspannung des gesunden Netzunterabschnittes die stützende Wirkung eines parallelfahrenden Kraftwerkes fehlt, den Spannungszusammenbruch von 57 % auf 21 %, d. h. auf fast ein Drittel!

Die beim Thüringenwerk angewendeten Betriebsmaßnahmen sind nur ein Beispiel dafür, in welcher erfolgreichen Weise der Gewitterwarnungsdienst zur Betriebsführung großer Netze herangezogen werden kann. Sie werden in anderen Netzen je nach Gestaltung und Vermaschung in vielen anderen Spielarten anzuwenden, einzuschränken oder zu ergänzen sein. Auch wird man bei der Netzauftrennung darauf Rücksicht nehmen müssen, daß die induktive Kopplung über die Umspanner nicht die Netzstabilität stört. Aber für all diese Fragen lassen sich keine starren Regeln aufstellen, sondern sie müssen von Fall zu Fall sorgfältig untersucht und behandelt werden.

In erster Linie sollten die vorstehenden Ausführungen zeigen, welches wertvolle Hilfsmittel den Netzbetriebsleitern durch die Entwicklung des Wetterdienstes in den letzten Jahren — man möchte von „angewandter Meteorologie" sprechen — an Hand gegeben ist und wie mannigfaltig die Verwertungsmöglichkeiten sind. Je weiter die Großversorgung fortschreitet und je größere Gebiete die gekuppelten Netze überspannen, je mehr die großdeutsche Kraftwirtschaft ihrer Verwirklichung entgegengeht, um so wirkungsvoller, aber auch um so notwendiger wird der Wetterwarnungsdienst einzusetzen sein. Das verhältnismäßig dichte Netz der Wetterdienststellen, auch der Flugwetterwarten, in Deutschland ermöglicht schon heute in allen Teilen des Reiches die Heranziehung des Wetterdienstes in der geschilderten Weise für die bestehenden Großversorgungsnetze. Es soll an dieser Stelle nicht unerwähnt bleiben, daß in erster Linie zum Gelingen des vom Thüringenwerk unternommenen Versuches das verständnisvolle Eingehen auf die Anforderungen des Hochspannungsnetzbetriebes an den Wetterdienst sowohl seitens des Vorstandes der Thür. Landeswetterwarte als auch des Leiters der Flugwetterwarte Erfurt beigetragen hat.

Über den maßgebenden Leistungsfaktor eines Gleichrichters.

Von **Kurt Müller-Lübeck**, Berlin.

Übersicht. **Es wird gezeigt, daß man bei Gleichrichtern von einem bestimmten „maßgebenden Leistungsfaktor" sprechen und diesen leicht errechnen kann, wenn man den Grundleistungsfaktor des Primärnetzes kennt. Ferner wird die Kompensation der Blindleistung besprochen.**

Es herrscht sowohl in den Kreisen der Elektrizitätswerke als auch in den Kreisen der Gleichrichter erzeugenden Firmen immer noch Unklarheit darüber, wie ein Gleichrichter im Hinblick auf seinen Leistungsfaktor bewertet werden soll. Diese Frage versucht die vorliegende Arbeit zu beantworten.

Unter dem Leistungsfaktor versteht man bekanntlich diejenige Maßzahl, welche angibt, wie groß die effektive Wirkleistung, die der Gleichrichter aus dem Wechselstromnetz entnimmt, im Vergleich zu der kVA-Leistung des Netzes ist, die für die thermische Beanspruchung des stromliefernden Generators maßgebend ist. Aber schon da beginnt eine große Schwierigkeit, denn welche kVA-Leistung ist hierfür maßgebend?

Der Gleichrichter unterscheidet sich von den normalen Maschinen dadurch, daß der primäre Netzstrom nicht mehr sinusförmig ist, weil ja aus dem Transformator des Gleichrichters nur intervallweise Strom entnommen wird, der außerdem selbst mit der Sinusform nichts mehr zu tun hat. Wir wollen nun annehmen, und das darf man, daß wenigstens die primäre Netzspannung angenähert sinusförmig sei. Wir messen dann die Wirkleistung des Gleichrichters mit einem (elektrodynamischen) Wattmeter, sie sei N_W. Ferner messen wir die Blindleistung des Gleichrichters mit einem (ebenfalls elektrodynamischen, mit um 90° verschobener Spannung arbeitenden) Blindleistungswattmeter, diese sei N_B. Außerdem messen wir die effektive Phasenspannung U des Netzes, den effektiven Netzstrom I des Gleichrichters und berechnen die Scheinleistung; bei einem Drehstromnetz wäre diese $N = 3\,U\,I$, wenn U die Sternspannung bedeutet, sie wäre $N = \sqrt{3}\,U\,I$, wenn U die verkettete Spannung bedeutet. Dann definieren wir zwei Faktoren

$$\lambda_E = \frac{N_W}{N} \text{ und } \lambda_M = \sqrt{1-\left(\frac{N_B}{N}\right)^2} \quad \ldots\ (1)$$

und nennen den ersten den elektrischen Leistungsfaktor und den zweiten den magnetischen Leistungsfaktor, um diese besser zu unterscheiden und anzudeuten, daß die Blindleistung — auch bei dem Gleichrichterbetrieb — von magnetischen Energien unterhalten wird, während der erste mehr von dem elektrischen Charakter des Verbrauchers, d. h. hier von der absatzweisen Belastung des Transformators herrührt. Aber darunter möge man sich physikalisch nicht zu viel vorstellen[1].

[1] Vgl. das Buch des Verf. „Der Quecksilberdampfgleichrichter" Bd. 2, S. 142; ferner die Aufsätze ETZ 1928, S. 251, 633.

Die beiden Leistungsfaktoren sind hier voneinander verschieden, weil der Primärstrom nicht sinusförmig ist. Bei normalen Maschinen und Transformatoren sind sie identisch und werden dann $\cos\varphi$ genannt. Es läßt sich zeigen, daß sie immer kleiner als 1 sein müssen, ferner ist immer $\lambda_E \leqq \lambda_M$. Mit diesen beiden Faktoren kann man unmittelbar nichts anfangen. Wäre ein einziger Gleichrichter an einen einzigen Generator angeschlossen, dann wäre λ_E der maßgebende Leistungsfaktor für die Überbeanspruchung des Generators. Aber dieser Fall liegt ja fast nie vor.

In Wirklichkeit wird der Gleichrichter an ein weitverzweigtes Netz angeschlossen, dessen Energie unvergleichbar groß gegenüber der des Gleichrichters ist, und das eine von normalen Maschinen herrührende Grundbelastung besitzt. Der Leistungsfaktor dieser sehr großen Grundlast sei, an dem Generator gemessen, gleich $\cos\varphi$. Es läßt sich dann folgendes beweisen: Schaltet man den Gleichrichter auf das Netz, so erscheint der Gleichrichter im Hinblick auf seine kVA-Beanspruchung des Generators wie eine normale Maschine der gleichen Wirkleistung, deren Leistungsfaktor gleich λ ist und sich berechnet aus der Gleichung

$$\lambda \sin\varphi - \sqrt{1-\lambda^2}\cos\varphi = \lambda_E \sin\varphi - \sqrt{1-\lambda_M^2}\cos\varphi\,. \quad (2)$$

Der Wert dieses Leistungsfaktors λ, welcher den für das Elektrizitätswerk maßgebenden Leistungsfaktor des Gleichrichters darstellt, liegt immer zwischen λ_E und λ_M. Wäre der Leistungsfaktor der Grundbelastung des Netzes gleich 1, so wäre $\lambda = \lambda_M$; wäre der Leistungsfaktor des Netzes gleich 0, so wäre $\lambda = \lambda_E$. Im allgemeinen liegt der Leistungsfaktor des Netzes in der Nähe von 1, so daß der maßgebende Leistungsfaktor des Gleichrichters in der Nähe von λ_M liegt. Man kann sich diesen Leistungsfaktor bequem berechnen, indem man vorübergehend $\lambda = \cos\psi$ setzt; dann wird aus Gl. (2)

$$\sin(\varphi - \psi) = \lambda_E \sin\varphi - \sqrt{1-\lambda_M^2}\cos\varphi, \quad \ldots\ (2a)$$

woraus sich ψ und dann $\cos\psi$ berechnen läßt. Der Winkel ψ ist jedoch nur eine Hilfsgröße und hat keinerlei physikalische Bedeutung. Die Auswertung ergibt nun, daß λ in Abhängigkeit von $\cos\varphi$ zwischen den Grenzwerten λ_E und λ_M nahezu linear verläuft, so daß man angenähert schreiben darf

$$\lambda \approx \lambda_E + (\lambda_M - \lambda_E)\cos\varphi \quad \ldots\ (2b)$$

Als Bedingung dafür, daß $\lambda \lessgtr \cos\varphi$, d. h. daß der Gleichrichter den Leistungsfaktor des Netzes verbessert oder verschlechtert, findet man aus Gl. (2) die Bedingung $\operatorname{tg}\varphi \gtrless \sqrt{1-\lambda_M^2}/\lambda_E$ oder, was dasselbe bedeutet,

$$\cos\varphi \lessgtr \frac{\lambda_E}{\sqrt{1-(\lambda_M^2-\lambda_E^2)}} \approx \frac{\lambda_E}{1-(\lambda_M-\lambda_E)} \quad \ldots\ (3)$$

Digitized by Google

Aus diesem Ausdruck liest man übrigens heraus, daß der Gleichrichter den Leistungsfaktor des Netzes zu verbessern vermag, selbst wenn sein Leistungsfaktor λ_E, welcher bisher den Leistungsfaktor schlechthin vorstellte, kleiner ist als der Netzleistungsfaktor. Dieser Umstand, auf welchen zuerst L. P. Krijger[2] aufmerksam gemacht hat, findet erst bei der Betrachtung der beiden Leistungsfaktorwerte λ_E und λ_M seine Erklärung; Krijger suchte dem seinerzeit durch eine Faktorenzerlegung des bisherigen Leistungsfaktors in einen „Verzerrungsfaktor" und einen „Verschiebungsfaktor" Rechnung zu tragen, wobei dann der letztere die maßgebendere Vergleichsgröße darstellen sollte; jedoch gilt diese Zerlegung nur unter so speziellen Voraussetzungen, daß man ihr keine allgemeine Bedeutung zusprechen kann.

Wir wollen nun den Beweis der Gl. (2) nachholen. Die Spannungen und Ströme von Grundbelastung und Gleichrichter seien:

$$\text{Grundbelastung: } u = \sqrt{2}\, U \sin\vartheta$$
$$i = \sqrt{2}\, I \sin(\vartheta - \varphi)$$
$$\text{Gleichrichter: } u' = u$$
$$i' = \sqrt{2} \sum_{\nu} I_\nu' \sin(\nu\vartheta - \alpha_\nu')$$

mit $\vartheta = \omega t$. Es ist U der Effektivwert von u, I der von i. Der Effektivwert von i' ist gegeben durch $I'^2 = I_1'^2 + I_2'^2 \ldots$ Die Scheinleistung der Grundbelastung ist $N = U I$, die des Gleichrichters ist $U I'$. Die Wirkleistung der Grundbelastung ist $N_W = U I \cos\varphi$, die Blindleistung derselben ist $N_B = U I \sin\varphi$. Die Wirkleistung des Gleichrichters ist $N_W' = U I_1' \cos\alpha_1'$, die Blindleistung desselben $N_B' = U I_1' \sin\alpha_1'$. Der Leistungsfaktor der Grundbelastung ist $\cos\varphi$; für den Gleichrichter ist

$$\lambda_E = \frac{I_1'}{I'} \cos\alpha_1' \text{ und } \lambda_M = \sqrt{1 - \left(\frac{I_1'}{I'} \sin\alpha_1'\right)^2}.$$

Zur Berechnung der gesamten Scheinleistung von Grundbelastung und Gleichrichter ist erst der Effektivwert des resultierenden Stromes zu berechnen; dessen Quadrat ist gleich der Summe der Quadrate der Effektivwerte der Oberwellen. Wenn wir nun annehmen, daß die Gleichrichterbelastung klein ist gegenüber der Grundbelastung, so erscheinen die Oberwellen des Gleichrichterstromes im Effektivwerte des Gesamtstromes als klein zweiter Ordnung; es genügt somit, nur den Effektivwert der Grundwelle des Gesamtstromes zu berechnen. Dieser ist jedoch bis auf Größen zweiter Ordnung gleich

$$I + I_1' \cos(\alpha_1' - \varphi) = I\left(1 + \xi \frac{I_1'}{I'} \cos(\alpha_1' - \varphi)\right),$$

worin ξ das Belastungsverhältnis von Gleichrichter zu Grundlast ($\xi \ll 1$) bedeutet. Darin kann man offenbar noch schreiben,

$$\frac{I_1'}{I'} \cos(\alpha_1' - \varphi) = \lambda_E \cos\varphi + \sqrt{1 - \lambda_M^2} \sin\varphi.$$

Bedenkt man nun noch, daß die gesamte Wirkleistung von Grundbelastung und Gleichrichter gleich

$$U(I\cos\varphi + I_1' \cos\alpha_1') = U I (\cos\varphi + \xi \lambda_E)$$

ist, so erhält man endgültig für den resultierenden Leistungsfaktor I_r der Gesamtbelastung

$$\lambda_r = \frac{\cos\varphi + \xi\lambda_E}{1 + \xi(\lambda_E \cos\varphi + \sqrt{1 - \lambda_M^2} \sin\varphi)}$$
$$\approx \cos\varphi + \xi \sin\varphi (\lambda_E \sin\varphi - \sqrt{1 - \lambda_M^2} \cos\varphi).$$

Würden wir uns an Stelle des Gleichrichters eine normale Maschine mit dem Leistungsfaktor λ denken, so würde diese einen resultierenden Leistungsfaktor

$$\lambda_r = \cos\varphi + \xi \sin\varphi (\lambda \sin\varphi - \sqrt{1 - \lambda^2} \cos\varphi)$$

bewirken, denn bei einem normalen Verbraucher mit sinusförmigem Belastungstrom wären ja λ_E und λ_M identisch. Diese Maschine ist dem Gleichrichter äquivalent, wenn sie denselben resultierenden Gesamtleistungsfaktor erzeugt. Dann sind die beiden rechten Seiten der beiden letzten Gleichungen gleich, und wir entnehmen

$$\lambda \sin\varphi - \sqrt{1 - \lambda^2} \cos\varphi = \lambda_E \sin\varphi - \sqrt{1 - \lambda_M^2} \cos\varphi;$$

dies ist aber die Gl. (2), welche wir beweisen wollten.

[2] L. P. Krijger. ETZ 1923. S. 286.

Sofern die Verhältnisse nun so liegen sollten, daß der Gleichrichter den Leistungsfaktor des Netzes verschlechtert, ist es eine für die Praxis noch wichtige Frage, wie man diesen Einfluß kompensieren kann. Angenommen es soll parallel zum Gleichrichter ein Kondensator oder eine Maschine mit kapazitiver Blindleistung geschaltet werden, dann ist die Scheinleistung dieser Kapazität anzugeben, welche hinreicht, nach Zuschalten des Gleichrichters den Leistungsfaktor des Netzes aufrechtzuerhalten.

Der Strom, welchen der Kondensator aufnimmt, sei $i'' = \sqrt{2}\, I'' \cos\vartheta$. Wir berechnen zunächst die gesamte Scheinleistung; hierzu genügt es unter den gemachten Voraussetzungen wieder, die Grundwelle des resultierenden Stroms heranzuziehen, dieser ist in Abb. 1 vektoriell dargestellt. Aus dieser Abbildung entnimmt man, daß der Effektivwert des resultierenden Stromes angenähert gleich

$$I + I_1' \cos(\alpha_1' - \varphi) - I'' \sin\varphi$$
$$= I\left[1 + \xi\left(\frac{I_1'}{I'} \cos(\alpha_1' - \varphi) - k \sin\varphi\right)\right]$$

ist, wenn darin k das Verhältnis I''/I', d. h. das Verhältnis der Scheinleistung des Kondensators zu der des Gleichrichters bedeutet. Die Wirkleistung ändert sich durch das Hinzutreten des

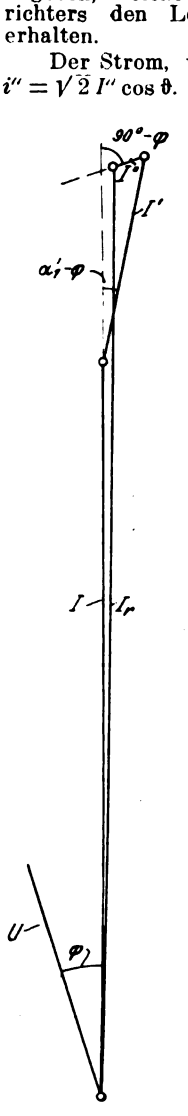


Abb 1. Kompensation der Blindleistung eines Gleichrichters. Vektorbild der Grundwellen der Ströme.

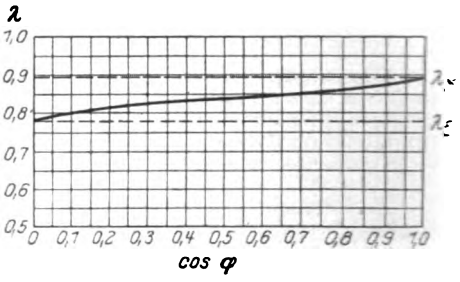


Abb. 2. Maßgebender Leistungsfaktor eines Dreiphasen-Gleichrichters.

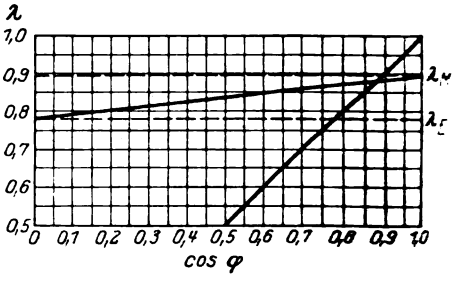


Abb. 3. Vereinfachtes Schema für den maßgebenden Leistungsfaktor.

Kondensators nicht, infolgedessen ist der resultierende Leistungsfaktor jetzt

$$\lambda_r = \frac{\cos\varphi + \xi\lambda_E}{1 + \xi(\lambda_E \cos\varphi + \sqrt{1 - \lambda_M^2} \sin\varphi - k \sin\varphi)}$$
$$\approx \cos\varphi + \xi \sin\varphi (\lambda_E \sin\varphi - \sqrt{1 - \lambda_M^2} \cos\varphi + k \cos\varphi).$$

Die gewünschte Kompensation der Blindleistung des Gleichrichters durch den Kondensator wird erreicht, wenn $\lambda_r = \cos\varphi$ bleibt, d. h. wenn der mit ξ behaftete Teil der Gleichung verschwindet. Das ist der Fall, wenn

$$k = \sqrt{1 - \lambda_M^2} - \lambda_E \operatorname{tg}\varphi \quad \ldots \quad (4)$$

ist. Hierfür kann man offenbar schreiben

$$N'' = N_B' - N_W' \operatorname{tg}\varphi, \quad \ldots \quad (4a)$$

wenn N'' die Scheinleistung des Kondensators und N_W bzw. N_B' die Wirkleistung bzw. Blindleistung des Gleich-

Digitized by Google

richters bedeuten. Es sei noch bemerkt, daß die Eigenart der Gleichrichterbelastung es mit sich bringt, daß durch die Kompensation der resultierende Vektor der Grundwelle nicht ganz in die Richtung des Vektors des Stromes der Grundbelastung zurückgedreht wird, wie man sonst zu erwarten gewohnt ist (hierzu müßte die Scheinleistung des Kondensators $N'' = (N_B' - N_W' \operatorname{tg}\varphi)/\sqrt{1-(\lambda_M^2 - \lambda_E^2)}$ betragen), sondern um einen Betrag zurückbleibt, welcher proportional $\xi(\lambda_M^2 - \lambda_E^2)$ ist. Dieser Umstand kommt auch in Abb. 1 zum Ausdruck.

Die im vorhergehenden gegebene Formulierung des Leistungsfaktorbegriffes, welche an die Voraussetzung einer sinusförmigen Spannung und an eine sehr große Grundbelastung mit sinusförmigem Strom gebunden ist, ist übrigens der spezielle Teil einer allgemeineren Formulierung bei beliebiger Spannungs- und Stromform und beliebiger Belastungsverteilung, welche wir an anderer Stelle gegeben haben[3].

[3] Petersen, Forschung und Technik, S. 134. Verlag Julius Springer, Berlin 1930.

Ein **Beispiel:** Für einen Gleichrichter mit einer Leistung von der Größenordnung 100 kW errechnet man für die Eigenleistungsfaktoren λ_E und λ_M unter Zugrundelegung von etwa 35° Überlappungswinkel und von einem Magnetisierungstrom in Höhe von 10 % des Primärstromes die folgenden Werte:

Dreiphasen-Gleichrichter: $\lambda_E = 0{,}78$, $\lambda_M = 0{,}89$,

Sechsphasen-Gleichrichter: $\lambda_E = 0{,}89$, $\lambda_M = 0{,}90$.

Der Unterschied der Eigenleistungsfaktoren ist bei dem Dreiphasen-Gleichrichter beträchtlich, für diesen ist somit die Frage nach dem „maßgebenden Leistungsfaktor" besonders interessant. Die dementsprechende Ausrechnung nach Gl. (2) bzw. (2a) zeigt die Abb. 2; die dortige Kurve gestattet, zu jedem Grundleistungsfaktor des Netzes den zugehörigen maßgebenden Leistungsfaktor des Gleichrichters abzulesen. In Abb. 3 ist diese Kurve näherungsweise durch eine gerade Linie ersetzt, hiervon wird man in der Praxis wohl ausschließlich Gebrauch machen, erspart man sich dadurch doch jegliche Rechnung. Die in derselben Abbildung eingetragene Diagonale läßt erkennen, bis wann der Gleichrichter den Leistungsfaktor des Netzes verbessert und von wann ab er diesen verschlechtert.

Stromverdrängung in Statorwicklungen als Wirkung des Stirnstreufeldes.

Von Dr. **Robert Pohl**, Berlin.

Übersicht. Es wird gezeigt, daß die Stromverdrängung im Nutenkupfer großer Wechselstrommaschinen nicht nur durch das Nutenquerfeld, sondern auch durch das „Stabend-Querfeld", d. h. die Tangentialkomponente des Stirnstreufeldes, hervorgerufen wird. Die Berechnung der so entstehenden Zusatzverluste, erhärtet durch Untersuchungen an Turbogeneratoren, läßt erkennen, daß dieser bisher vernachlässigte Einfluß des Stirnstreufeldes unter Umständen von erheblicher praktischer Bedeutung ist, insbesondere für die in den bohrungseitigen Stäben von Zweistabwicklungen auftretenden Verluste. Durch geeignete Verschränkungsarten der Teilleiter lassen sich beide Querfelder gemeinsam kompensieren. Der Schluß behandelt die Zusatzverluste verschalteter Zweischichtwicklungen.

Bei der Prüfung großer Generatoren mit Zweistabwicklung und hoher Strombeanspruchung hat sich gezeigt, daß die die bohrungseitige Lage bildenden „Bohrungstäbe" eine höhere Temperatur aufwiesen, als es gemäß der üblichen Berechnung der Zusatzverluste im Kupfer zu erwarten war, während die dem Statorrücken benachbarten „Rückenstäbe" keine besondere Erwärmung zeigten. Durch die Verschränkung der Teilleiter, aus denen die Stäbe zusammengesetzt sind, ist das Nutenquerfeld, das bisher als alleinige Ursache der Zusatzverluste im Nutenkupfer angesehen wurde, bereits vollständig kompensiert, da sie alle Höhenlagen innerhalb der Nut gleichmäßig durchlaufen. Es wurde daher vermutet, daß noch eine weitere Ursache für eine Stromverdrängung in der Wicklung vorhanden ist und daß es sich hier um eine bisher nicht genügend beachtete Wirkung des Stirnstreufeldes handelt. Zweck der nachfolgenden Untersuchung also war, den Einfluß des Stirnstreufeldes auf die Stromverdrängung in den Stäben, insbesondere in den Bohrungstäben klarzustellen.

In einer früheren Veröffentlichung[1] ist der allgemeine Verlauf des Stirnstreufeldes beschrieben worden. Betrachtet man die dort zuerst dargestellten und hier als Abb. 1 und 2 wiedergegebenen Bilder des Stirnstreufeldes einer zweipoligen Maschine, das ein synchron umlaufendes zweipoliges Feld ist, so erkennt man, daß man bezüglich der Erzeugung von Wirbelströmen oder Zusatzströmen in den aus dem aktiven Eisen herausragenden Stabenden grundsätzlich zwischen zwei Komponenten des Stirnstreufeldes unterscheiden muß, die wir als die radiale und die tangentiale kennzeichnen wollen. Die erstere hat im Zeitpunkt der Abb. 2 ihren Höchstwert in der Vertikalebene. Abb. 1 zeigt ihren genaueren Verlauf. Sie tritt in die Schmalseite der Stäbe ein und soll als Stabend-Radialfeld bezeichnet werden (s. Abb. 3). Seine Wirkung ist ähnlich der des sogenannten Nutenlängsfeldes, welches die Nuten in radialer Richtung durchsetzt. Dagegen hat die tangentiale Komponente in Abb. 2 ihren Höchstwert in der Horizontalebene. Wir wollen sie, soweit sie die aus dem Eisen herausragenden Enden der Stäbe durchsetzt, in Anlehnung an den Begriff „Nutenquerfeld" als „Stabendquerfeld" bezeichnen (s. Abb. 4). Die Wirkung dieses Feldes auf die Stromverdrängung ist bisher vernachlässigt worden und bildet den Hauptgegenstand der nachfolgenden Untersuchung. Da es die Stabenden in ganz ähnlicher Weise durchsetzt wie das Nutenquerfeld die aktive Stablänge,

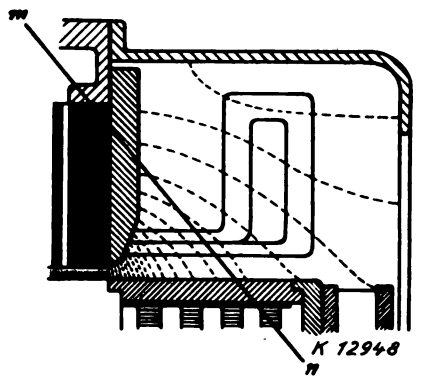


Abb. 1. Streufeldverlauf in der radialen Ebene bei einer Evolventenwicklung.

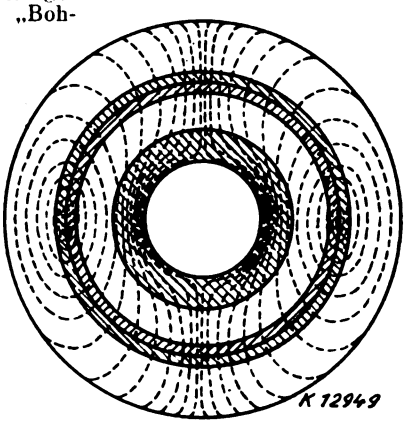


Abb. 2. Streufeldverlauf in der Umfangsrichtung, etwa in der Kegelfläche m—n.

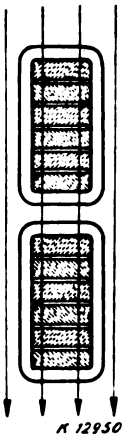


Abb. 3. Stabend-Radialfeld.

[1] AEG-Mitt. 1926, S. 326.

Digitized by Google

so erzeugt es grundsätzlich eine ähnliche Stromverdrängung in den Teilleitern, wie sie vom Nutenquerfeld, u. zw. in einem unverschränkten Stab erzeugt werden würde. Denn die Verschränkung der Teilleiter wurde bisher nur mit Rücksicht auf das Nutenquerfeld, d. h. nur unter Berücksichtigung der aktiven Länge des Eisens und gemäß dem Charakter des Nutenquerfeldes durchgeführt, während die Stabenden zwar unterteilt waren, aber unverschränkt blieben. Es gibt zwar auch Konstruktionen

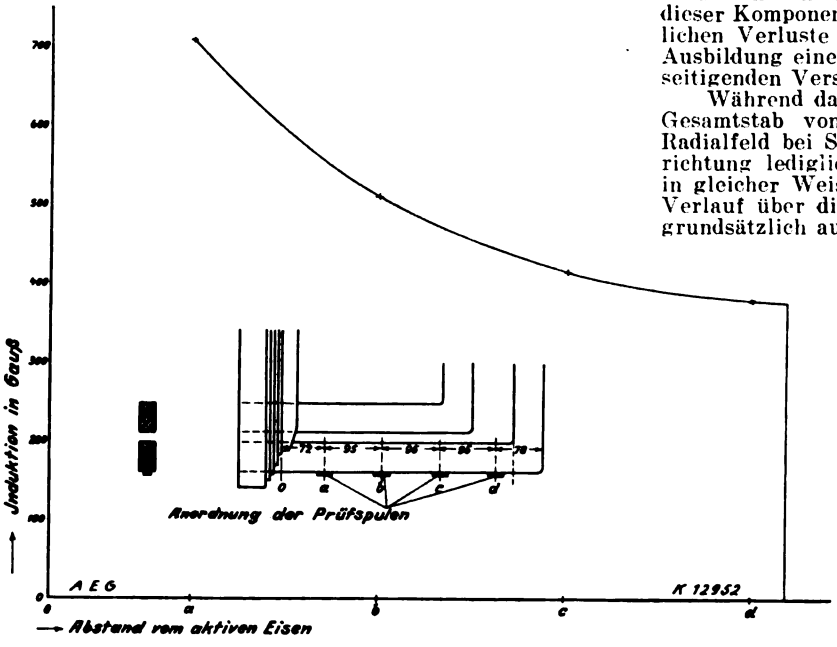


Abb. 5. Stabend-Radialfeld in Abhängigkeit des Abstandes vom aktiven Eisen.

unter den kabelartigen Kunststäben, bei denen sich die Verschränkung der Teilleiter über die freien Stabenden fortsetzt; sie bleibt dabei aber die gleiche wie innerhalb der Nuten, ist demnach dem Stabendquerfeld nicht angepaßt und, wie aus dem folgenden hervorgehen wird, fast unwirksam. Man erkennt also, daß das Stabend-Querfeld

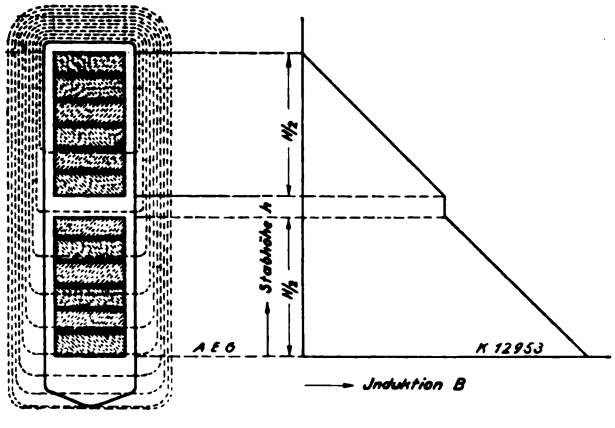


Abb. 6. Nutenquerfeld für Zweistabwicklung (Wirbelzentrum am Nutengrund).

dem Nutzstrom überlagerte Ströme durch die ganze Stablänge schickt, die sich an beiden Enden durch die Lötstellen schließen und so unter Umständen starke Verschiedenheiten in der Strombelastung der einzelnen Teilleiter, also eine Stromverdrängung im ganzen Stab bewirken. Während die vom Nutenquerfeld im Nutenkupfer erzeugten und in der üblichen Weise berechenbaren Zusatzverluste eines für das Nutenquerfeld vollkommen verschränkten Stabes nur durch die Dicke der gleichmäßig belasteten Teilleiter bestimmt sind, handelt es sich hier um Zusatzverluste, welche durch die entsprechende ungleiche Belastung der Teilleiter bedingt werden und von deren Dicke praktisch unabhängig sind, sofern nicht eine besondere Verschränkung der Teilleiter zur Kompensierung des Stabend-Querfeldes geschaffen wird. Es ist auffällig, daß dieser eine Stromverdrängung im gesamten Stab hervorrufenden Wirkung der Tangentialkomponente des Stirnstreufeldes bisher keine Beachtung zuteil geworden ist. Die veröffentlichten experimentellen Untersuchungen[1] beschreiben ausschließlich den Verlauf und die Intensität der Felder in der radialen Ebene, ja, Kuyser glaubte sogar festgestellt zu haben, daß eine tangentiale Komponente überhaupt nicht vorhanden sei, im Gegensatz zu dem vom Verfasser angegebenen Verlauf (Abb. 2).

Zunächst sollte nun durch Messung der Stabend-Querinduktion ein Urteil über die Größe und den Verlauf dieser Komponente und über die von ihr erzeugten zusätzlichen Verluste gewonnen werden als Unterlage für die Ausbildung einer ihre schädlichen Einflüsse möglichst beseitigenden Verschränkungsart der Teilleiter.

Während das Querfeld für die Stromverdrängung im Gesamtstab von Bedeutung ist, erzeugt das Stabend-Radialfeld bei Stäben mit einem Leiter in der Umfangrichtung lediglich Zusatzverluste im Wickelkopf, u. zw. in gleicher Weise für Bohrungs- und Rückenstäbe. Sein Verlauf über die axiale Länge des Wickelkopfes hin ist grundsätzlich aus den genannten früheren Messungen be-

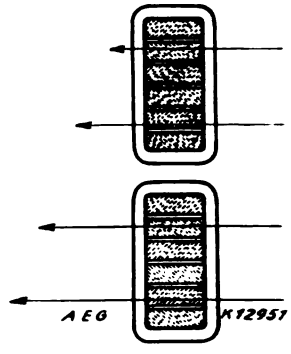


Abb. 4. Stabend-Querfeld.

kannt. Im Zusammenhange der vorliegenden Untersuchung ist es ohne Bedeutung. Daher soll der hier gemessene Verlauf des unmittelbar radial aus dem Bohrungstab austretenden Feldes (Stabend-Radialfeld) nur durch Abb. 5 mitgeteilt werden, damit gleich zum eigentlichen Thema übergegangen werden kann. Die Art der Messung dieses Feldes ist in der Abbildung angedeutet und später näher beschrieben. Die Größenordnung der gefundenen Induktionen stimmt mit den früheren Ergebnissen überein.

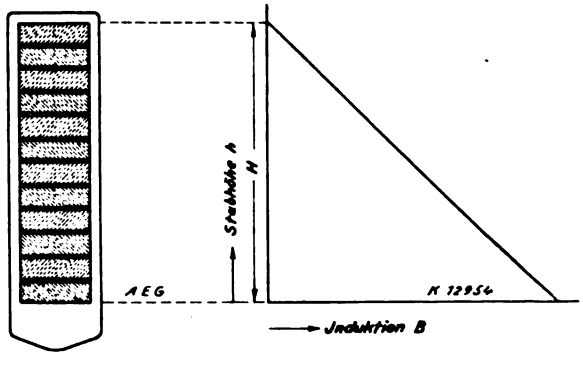


Abb. 7. Nutenquerfeld für Zweistabwicklung (Wirbelzentrum am Nutengrund).

Beim Stabend-Querfeld ist nun zunächst der Verlauf der Induktion als Funktion der Stabhöhe von grundsätzlicher Bedeutung, sodann wiederum der Verlauf über die axiale Länge des Stabendes hin, den wir später betrachten wollen. Für den ersteren gilt nun die folgende Überlegung:

Wäre die magnetische Leitfähigkeit des radial außerhalb und die des innerhalb der Stabenden gelegenen Raumes einander praktisch gleich, so müßte sich ein magnetisches Wirbelfeld ausbilden, dessen Zentrum in der mittleren Höhe der Stabenden liegt. So ist es in Abb. 1 dargestellt. Tatsächlich überwiegt nun aber die magnetische Leitfähigkeit auf der Rückenseite der Stabenden die

[1] Köhler, Siemens-Z. 1928, S. 326; Kuyser, J. Inst. El. Engs. London Bd. 67, S. 1081.

Digitized by Google

des inneren Raumes bei weitem. Je mehr sie es tut, in um so stärkerem Maße wird sich der Mittelpunkt des Wirbelfeldes nach dem Rücken zu verschieben. Im Grenzfalle wird der Verlauf des Stabendquerfeldes ein ähnlicher

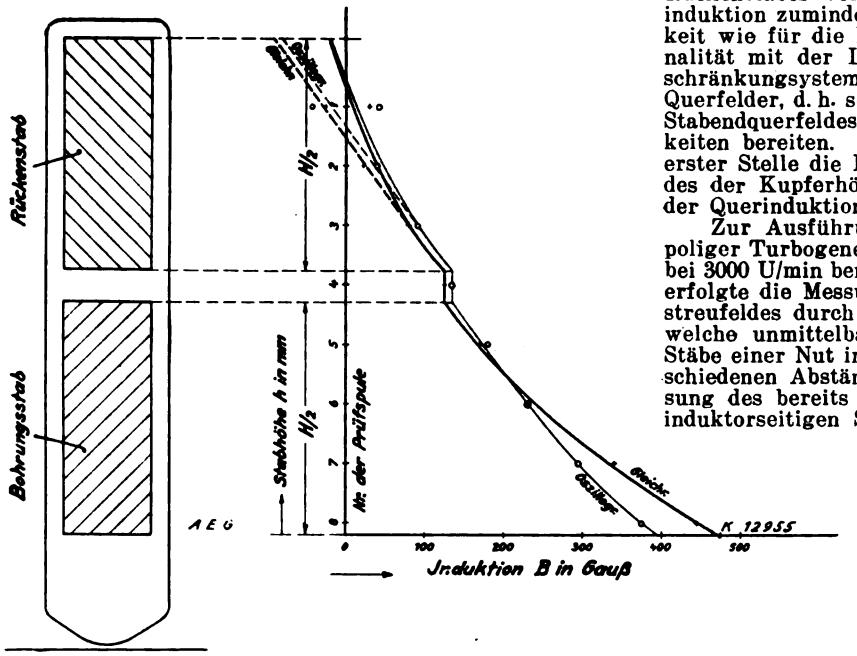


Abb. 8. Stabend-Querfeld in Abhängigkeit von der Stabhöhe für den Abstand a vom aktiven Eisen.

sein, wie man ihn stets für das Nutenquerfeld annimmt. Hier liegt das Wirbelzentrum wegen der Öffnung der Nut auf der einen Seite und dem verschwindend geringen Widerstand des Blechrückens auf der anderen Seite im Nutengrunde selbst, so daß das Nutenquerfeld von diesem Punkte beginnend nach der Nutenöffnung zu anwächst, gemäß der Verteilung der Leiter- und Stromstärken in

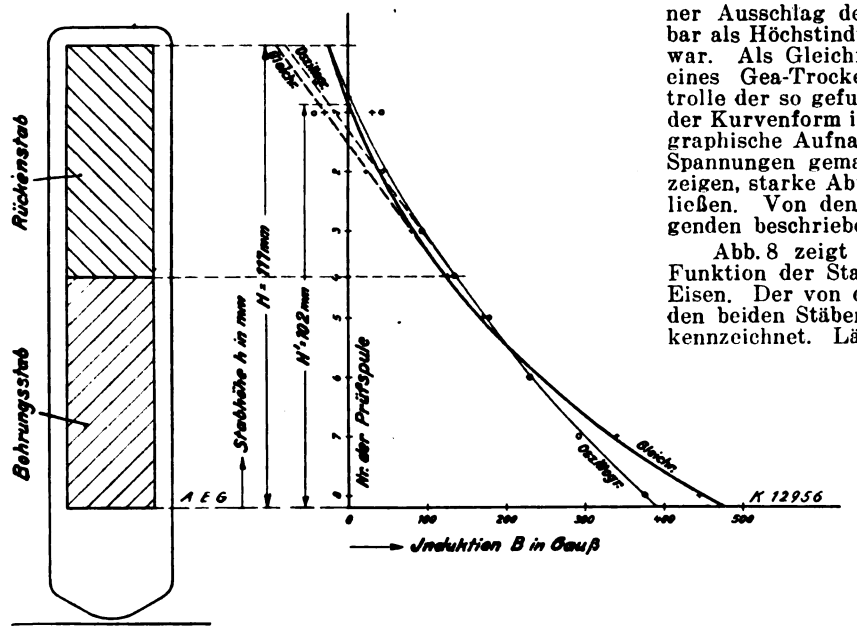


Abb. 9. Stabend-Querfeld in Abhängigkeit von der Stabhöhe für den Abstand a vom aktiven Eisen.

der Nut (s. Abb. 6). Läßt man den Zwischenraum zwischen den Stäben fortfallen, oder hat man es mit einer Einstabwicklung zu tun, so entsteht der bekannte geradlinige Anstieg des Nutenquerfeldes, vom Kupferrücken aus (s. Abb. 7). Kehren wir nun zur Betrachtung des Wickelkopfes zurück, so wird durch die Preßdeckel und Ringschirme, welche die magnetische Leitfähigkeit auf der Rückenseite der Stabenden erhöhen, während die unmagnetische Ausführung der Induktorbandage sie auf der Innenseite erniedrigt, wahrscheinlich ein ähnlicher Verlauf des Stabendquerfeldes erzwungen, wie der oben geschilderte des Nutenquerfeldes. Ist das Wirbelzentrum des Stirnstreufeldes praktisch bis an die Außenfläche des Rückenstabes verschoben, so gilt für die Stabendquerinduktion zumindest angenähert die gleiche Gesetzmäßigkeit wie für die Nutenquerinduktion, nämlich Proportionalität mit der Leiterhöhe. Die Ausbildung eines Verschränkungssystems der Stäbe zur Kompensation beider Querfelder, d. h. sowohl des Nutenquerfeldes wie auch des Stabendquerfeldes, dürfte dann keine großen Schwierigkeiten bereiten. Die Untersuchung sollte demnach an erster Stelle die Richtigkeit dieser Vermutung bezüglich des der Kupferhöhe angenähert proportionalen Anstiegs der Querinduktion nachprüfen.

Zur Ausführung der Versuche wurde ein zweipoliger Turbogenerator für eine Leistung von 40 000 kVA bei 3000 U/min benutzt und im Kurzschluß belastet. Dabei erfolgte die Messung der beiden Komponenten des Stirnstreufeldes durch eine größere Zahl kleiner Prüfspulen, welche unmittelbar auf den Stabend-Breitseiten zweier Stäbe einer Nut in verschiedenen Höhenlagen und in verschiedenen Abständen vom aktiven Eisen sowie zur Messung des bereits behandelten Radialfeldes auch auf der induktorseitigen Schmalseite des betreffenden Bohrungsstabes angebracht waren. Die Prüfspulen hatten je 100 Windungen aus emailliertem Kupferdraht von 0,25 mm Dmr. und eine mittlere umschlossene Fläche von etwa 2,8 cm². Die einzelnen Spulen wurden geeicht. Zum Vergleich der so gemessenen Feldstärken des Stabend-Querfeldes mit denen des Nutenquerfeldes wurden auch innerhalb der Nut, u. zw. im 4. und 5. Eisenpaket, an der Breitseite des gleichen Bohrungstabes ähnliche Meßspulen angebracht. Die Gesamtanordnung der Spulen zeigt Abb. 14.

Die Messung der in den Spulen induzierten elektromotorischen Kräfte geschah zunächst mittels eines Trockengleichrichters und eines empfindlichen Gleichstrom-Millivoltmeters. Diese Apparatur wurde gewählt, weil ein Wechselstrom-Millivoltmeter mit für diese Messungen genügender Empfindlichkeit nicht zur Verfügung steht. Sie wurde mittels eines homogenen sinusförmigen Wechselfeldes bekannter Stärke geeicht derart, daß ein gemessener Ausschlag des Gleichstrom-Millivoltmeters unmittelbar als Höchstinduktion des magnetischen Feldes ablesbar war. Als Gleichrichter wurde dabei die Plattengruppe eines Gea-Trockengleichrichters verwendet. Zur Kontrolle der so gefundenen Feldstärken und zur Ermittlung der Kurvenform ihres Verlaufes wurden aber auch oszillographische Aufnahmen der in den Prüfspulen induzierten Spannungen gemacht, die, wie die späteren Abbildungen zeigen, starke Abweichungen von der Sinusform erkennen ließen. Von den aufgenommenen Kurven seien die folgenden beschrieben:

Abb. 8 zeigt den Verlauf des Stabendquerfeldes als Funktion der Stabhöhe im Abstande a (s. Abb. 14) vom Eisen. Der von der Isolation ausgefüllte Raum zwischen den beiden Stäben ist durch die Konstanz des Feldes gekennzeichnet. Läßt man diesen Zwischenraum fortfallen,

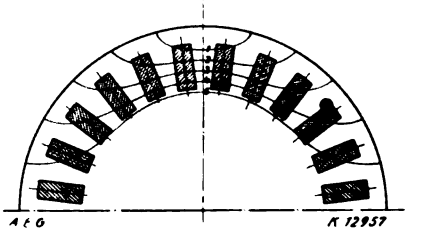


Abb. 10. Verlauf der Kraftlinien des Stabend-Querfeldes.

so entsteht die kontinuierliche Kurve Abb. 9. Sie zeigt nun, wenn man ähnlich Abb. 7 für $h = H$ den Nullwert des Feldes annähme, daß die Felddichte im obersten Teil der Kupferhöhe nicht proportional ansteigt, sondern nach einer nach oben konkaven Kurve. Dies könnte vielleicht durch die vom Querfeld erzeugten Zusatzströme zu erklären sein, welche ein Zusammendrängen des Stromes jeden Stabes nach der Bohrung zu bedeuten. Allerdings

Digitized by Google

müßte, wenn diese Erklärung richtig wäre, der Raum zwischen den beiden Stäben mehr als die Hälfte der maximalen Induktion aufweisen. Denn der Rückenstab und der Bohrungstab führen genau gleiche Gesamtströme, gehören aber verschiedenen Phasen an, so daß sich der im Anhang näher behandelte Verlauf der MMK nach Abb. 19 ergibt. Aus dem gemessenen Verlauf der Kurve Abb. 9 ist dieses aber nicht ersichtlich, vielmehr ist die Induktion für $h = H/2$ weit kleiner als die Hälfte derjenigen für $h = H$.

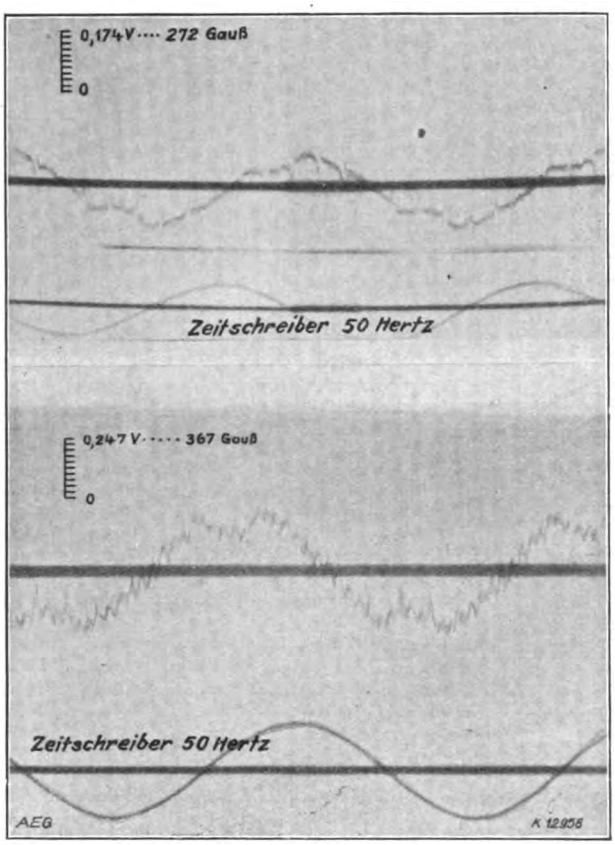


Abb. 11. Stabend-Querfeld in Abstand a vom aktiven Eisen.

Auf eine weitere Vermutung für die Ursache des nicht geradlinigen Verlaufes der Induktion über die Kupferhöhe hin stößt man bei Betrachtung des gesamten Kraftlinienverlaufes, wie er durch Abb. 10 genauer dargestellt ist. Man sieht, daß jede zum Querfeld gehörige Kraftlinie im wesentlichen eine tangentiale und zwei radiale Strecken durchläuft, wobei man sich vorstellen muß, daß die Linie sich im Rückenraum durch den Schirmring oder sonstige magnetische Teile von kleinem Widerstand schließt. Die radialen Strecken jedes Kraftlinienweges bilden nun einen um so größeren Teil des gesamten Luftweges, je näher dem Rücken zu die Stelle im Kupfer liegt, welche von der betrachteten Kraftlinie durchsetzt wird. So erhöhen die radialen Teile der durch die Stelle *1*, Abb. 10, gehenden Kraftlinie den magnetischen Widerstand ihres Weges in stärkerem Maße, als sie es für die Stelle *5* tun. Würde man diesen radialen Teil, wie es bei der Stelle *5* vielleicht zulässig erscheint, gegenüber dem tangentialen Wege vernachlässigen, so wäre die Höchstinduktion des Stabendquerfeldes, d.h. diejenige an der Bohrungseite des Bohrungstabes, gegenüber der Höchstinduktion an der entsprechenden Stelle in der Nut im Verhältnis $\frac{\text{Nutenbreite}}{\text{Nutenteilung}}$ schwächer, ferner auch noch im Verhältnis 2 : 3, weil die Summe der AW der drei Phasen im Wickelkopf in jedem Moment das Doppelte, nicht das Dreifache der maximalen AW einer Phase ist, welch letztere das maximale Nutenquerfeld erzeugen. Für die Stelle *1* des betrachteten Querschnittes sind aber die radialen Wegstrecken keineswegs vernachlässigbar, so daß die Induktion des Stabend-Querfeldes, verglichen mit der entsprechenden Stelle des Nutenquerfeldes, hier kleiner ausfallen muß, als es dem Verhältnis $\frac{2\ \text{Nutenbreite}}{3\ \text{Nutenteilung}}$ entspricht. Hinzu kommt noch, daß die Nutenteilung selbst nach dem Rücken zu anwächst. Eine gewisse sinngemäße Krümmung der Induktionskurve ist also zu erwarten. Weiterhin zeigt sich, daß die im Abstand a gemessene Höchstinduktion des Stabendquerfeldes im Vergleich mit der des Nutenquerfeldes kleiner ausfällt, als man nach dem Verhältnis $\frac{2\ \text{Nutenbreite}}{3\ \text{Nutenteilung}}$ erwarten sollte. Diese Tatsache würde sich am zwanglosesten erklären, wenn man annimmt, daß das Zentrum des Wirbelfeldes nicht wie angenommen am Rücken des Rückenstabes, sondern innerhalb seiner Höhe liegt. Da es sich bei der vorliegenden Maschine um eine zum größten Teil magnetische Induktorbandage handelt, so ist diese Lage um so eher verständlich. Es erschien möglich, daß die letzten Punkte der Kurve Abb. 8 und Abb. 9 schon negativ aufzutragen wären. So ergäbe sich dann der gestrichelte Verlauf des Rückenendes dieser Kurven. Eine sorgfältige Kontrolle der Phasenlage für die letzten Meßpunkte zeigte aber, daß die Vermutung irrig ist und die Punkte tatsächlich noch auf der rechten Seite der Ordinatenachse liegen. Daher wurde der ausgezogene Verlauf der Kurven angenommen, der das Wirbelzentrum nahe dem Rücken des Rückenstabes, nämlich etwa in $^9/_{10}$ der gesamten Kupferhöhe vorsieht. Den folgenden Betrachtungen ist dieser Verlauf der Kurven Abb. 8 und 9, bei dem ihnen nur noch eine schwache Krümmung im Sinne der vorstehenden Darlegungen verbleibt, als richtig unterstellt.

Man erkennt nun auch sogleich, weshalb der Rückenstab erfahrungsgemäß keine nennenswerte zusätzliche Erwärmung aufweist, der Bohrungstab aber eine erhebliche. Denn die Werte des Querfeldes für den ersteren sind auf jeden Fall klein und fallen besonders niedrig aus, weil das Wirbelzentrum innerhalb seiner Höhe liegt, während die Querinduktion für den Bohrungstab beträchtliche Werte annehmen kann.

Abb. 11 zeigt ein Beispiel der aufgenommenen Oszillogramme für das Stabend-Querfeld, während Abb. 12 ein solches für das Nutenquerfeld gibt, gemessen an einer innerhalb der Nut angeordneten Hilfspule. Beide Oszillogramme lassen eine der Induktornutenzahl entsprechende Oberwelle sehr deutlich erkennen; ersteres hat aber auch eine dritte Harmonische, welche sich im Nutenquerfeld nicht vorfindet. Diese dritte Harmonische war in allen Oszillogrammen von Stirnraumfeldern sichtbar. Ihre Ursache ist noch nicht klargestellt, dürfte aber auf die Verteilung der MMK im Wickelkopf zurückzuführen sein. Die Entstehung der Nutenharmonischen in den Oszillogrammen der Querfelder ist wohl auf das Passieren der Induktorspulen zurückzuführen, das insbesondere beim Betrieb im Kurzschluß den örtlichen Verlauf der Felder beeinflussen muß. Der Vergleich der durch Oszillogramm festgestellten Induktion mit der durch die Trockengleichrichter-Apparatur ermittelten wurde so durchgeführt, daß in das Oszillogramm die Grundwelle eingezeichnet und die zur Erzeugung derselben in der Prüfspule erforderliche maximale Induktion errechnet wurde. Die Übereinstimmung war befriedigend, wie aus den Meßpunkten der Abb. 9, die jeweils durch 0 oder + die oszillographischen

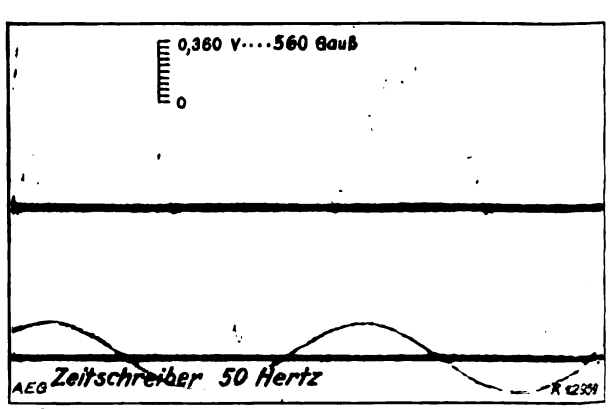


Abb. 12. Nutenquerfeld.

bzw. Gleichrichteraufnahme kennzeichnen, hervorgehen. Die Ergebnisse für das Nutenquerfeld zeigt Abb. 13. Die Ordinate stellt hier wiederum die reine Kupferhöhe der beiden aneinander geschoben gedachten Stäbe dar. Verlängert man die Kurve bis zu ihrem Schnittpunkt mit der Abszisse, so ergibt sich als Maximalwert der Induktion in der Nut 1360. Der aus den AW und der Nutenbreite errechnete Wert ist 1490. In den Nuten von 31 mm Breite liegen nämlich 2 Stäbe, die je 1500 A führen. Gehören

Digitized by Google

beide Stäbe der gleichen Phase an, so ist die maximale Querfeldinduktion

$$\frac{\frac{4\pi}{10} \cdot 2 \cdot \sqrt{2} \cdot 1500}{3{,}1} = 1720.$$

Da die Stäbe in der Nut, in welcher die Messung ausgeführt wurde, aber verschiedenen Phasen angehörten, so wird dieser Wert im Verhältnis $\frac{\sqrt{3}}{2}$ kleiner, also $0{,}866 \cdot 1720 = 1490$.

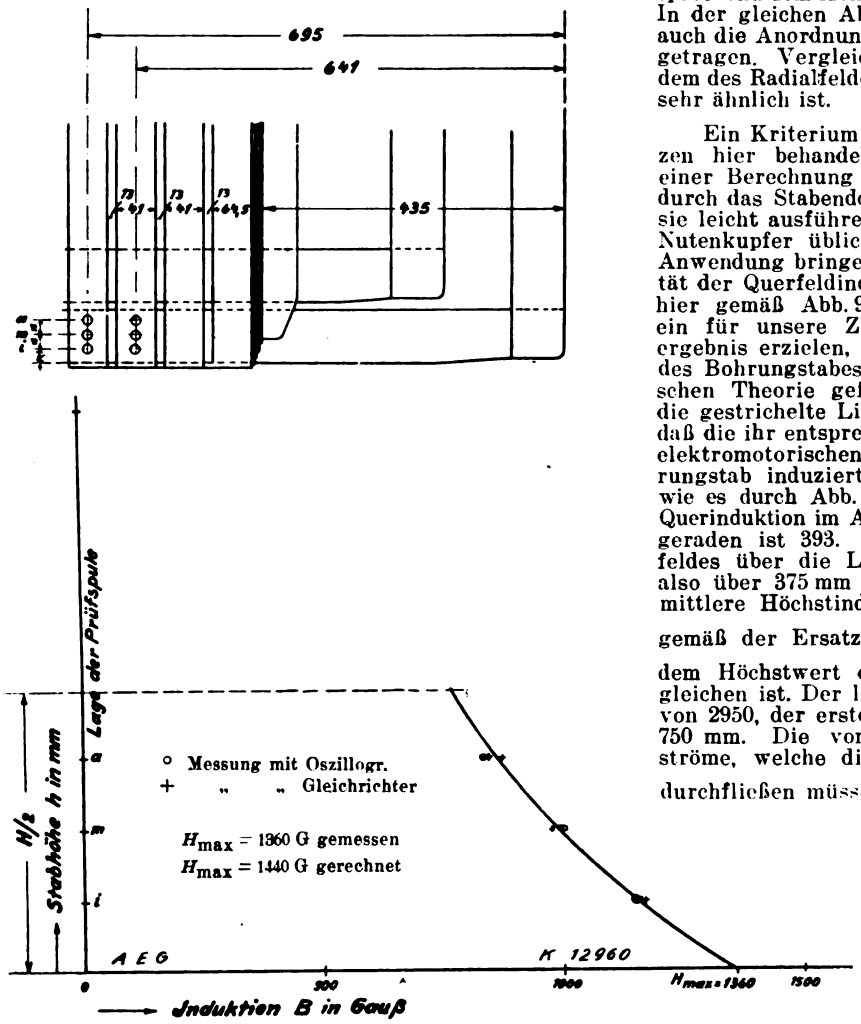


Abb. 13. Nutenquerfeld des Bohrungstabes.

Die Übereinstimmung ist befriedigend, wenn man berücksichtigt, daß wir eine geschlossene Nut mit einem Steg von 1 mm Dicke vor uns haben, so daß auch hier das Wirbelzentrum nicht ganz am Nutengrunde liegt. Am Schluß ist das Nutenquerfeld ausführlicher behandelt. Auch der Vergleich der gemessenen maximalen Induktion des Stabendquerfeldes nahe dem Eisen mit dem auf Grund der Beziehung Stabend-Querfeld = Nutenquerfeld $\times \frac{2 \text{ Nutenbreite}}{3 \text{ Nutenteilung}}$ errechneten Werte befriedigt, sofern man als Korrekturfaktor das Verhältnis H'/H aus Abb. 9 einführt, gemäß der Überlegung, daß an der Erzeugung des Höchstwertes des Stabend-Querfeldes nur die über dem Wirbelzentrum liegenden AW beteiligt sind, während der Höchstwert in der Nut praktisch ihren gesamten AW entspricht. Legt man die mit Gleichrichter gemessene Kurve als einwandfreier zugrunde, so ist H'/H gleich 102/117. Der so errechnete Wert der Querinduktion ist also

$$1720 \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{31}{65{,}7} \cdot \frac{102}{117} = 470$$

übereinstimmend mit der im Abstand a mit Gleichrichter gemessenen Höchstinduktion 475. In diesem Zusammenhange ist aber auch dem nunmehr zu betrachtenden Abfall der Querfeldinduktion als Funktion des Abstandes vom aktiven Eisen Rechnung zu tragen.

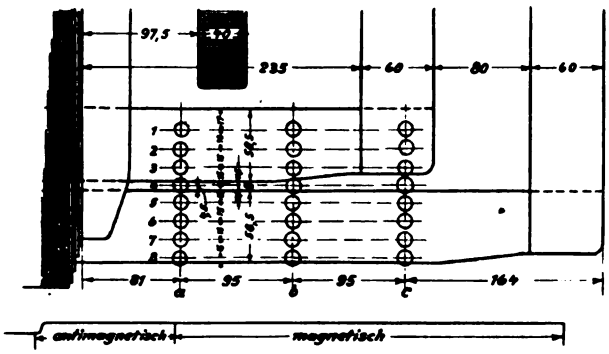
Der Abfall des Stabend-Querfeldes über die Länge des Stabendes hin ist auch von besonderer Bedeutung, wenn wir daran gehen wollen, es durch eine entsprechende Verschränkung der Teilleiter unschädlich zu machen. Daher wurde auf den Vergleich der gemessenen Induktion in der gleichen Kupferhöhe, aber verschiedenen Abständen vom Eisen besonderer Wert gelegt. Abb. 14 zeigt die Meßwerte für die Höhenlagen *7* und *8*, in den Abständen *a*, *b* und *c* sowie die durch diese Punkte gelegten Kurven entsprechend dem Abklingen des Feldes in der Längsrichtung. In der gleichen Abbildung ist zum besseren Verständnis auch die Anordnung der Stäbe und Bügel maßstäblich eingetragen. Vergleicht man den Verlauf dieser Kurven mit dem des Radialfeldes Abb. 5, so erkennt man, daß er diesem sehr ähnlich ist.

Ein Kriterium für die praktische Bedeutung des ganzen hier behandelten Problems ist nun das Ergebnis einer Berechnung der Größe der in den Bohrungstäben durch das Stabendquerfeld erzeugten Zusatzverluste. Um sie leicht ausführen zu können, wollen wir die für das Nutenkupfer übliche Berechnungsweise nach Field in Anwendung bringen. Diese setzt nun aber Proportionalität der Querfeldinduktion mit der Leiterhöhe voraus, die hier gemäß Abb. 9 nicht vorliegt. Trotzdem läßt sich ein für unsere Zwecke genügend genaues Rechnungsergebnis erzielen, wenn wir die wirkliche Querfeldkurve des Bohrungstabes der Abb. 9 durch eine von der Fieldschen Theorie geforderte Gerade ersetzen, etwa durch die gestrichelte Linie der Abb. 15, welche so gezogen ist, daß die ihr entsprechende Parabel der im Stab induzierten elektromotorischen Kräfte sich der wirklichen im Bohrungstab induzierten EMK-Kurve möglichst anschmiegt, wie es durch Abb. 16 verständlich ist. Der Höchstwert der Querinduktion im Abstand *a* vom Eisen gemäß dieser Ersatzgeraden ist 393. Integriert man die Kurve des Querfeldes über die Länge des Stabendes bis zur Schnalle, also über 375 mm hin, gemäß Abb. 17, so ergibt sich als mittlere Höchstinduktion 434, als mittlerer Höchstwert gemäß der Ersatzgeraden also $\frac{393}{475} \cdot 434 = 357$, der mit dem Höchstwert der Nutinduktion von 1720 zu vergleichen ist. Der letztere bezieht sich auf die Eisenlänge von 2950, der erstere auf die doppelte Stabendlänge, d. h. 750 mm. Die vom Stabendquerfeld erzeugten Zusatzströme, welche die gesamte Leiterlänge, also 3700 mm, durchfließen müssen, haben einen $\frac{3700}{760} = 4{,}94$mal so großen Widerstand zu überwinden, als er der vom Stabend-Querfeld wirklich induzierten Leiterlänge entspricht. Die entstehenden Zusatzverluste sind also die gleichen, als wenn sich die Ströme nur in der tatsächlich induzierten Länge schlössen, das Leitermaterial hier aber einen spezifischen Widerstand gleich dem 4,9fachen des Kupferwiderstandes besäße. Der, verglichen mit der Nutinduktion, im Verhältnis $\frac{357}{1720}$ verringerten Querfeldinduktion tragen wir bei der Anwendung der Fieldschen Berechnungsweise dadurch Rechnung, daß wir die Nutenbreite im umgekehrten Verhältnis größer einsetzen. Beide Änderungen der Fieldschen Formel vermindern in starkem Maße das Ergebnis der Rechnung. Anderseits muß sie aber so durchgeführt werden, als ob wir es mit einem massiven Bohrungstab zu tun hätten. Wir wenden also die Fieldsche Gleichung auf den bohrungseitigen von zwei massiven Stäben der spezifischen Leitfähigkeit $\frac{50}{4{,}94}$ in einer Nut der Breite $3{,}1 \cdot \frac{1720}{357}$ an. So ergibt sich nun leicht der gewünschte K-Faktor für das Verhältnis der Gesamtverluste zu den Gleichstromverlusten der Bohrungstäbe. Im vorliegenden Falle finden wir einen K-Faktor von 1,57, mit anderen Worten: das Stabendquerfeld bewirkt eine Zunahme der Kupferverluste im Bohrungstab um 57 % gegenüber seinen $J^2 w$-Verlusten.

Man ersieht aus diesem Ergebnis, daß das Stabend-Querfeld für die Verluste in den Bohrungstäben und ihre Erwärmung von sehr starker praktischer Bedeutung werden kann. Praktisch unabhängig von diesen Zusatz-

Digitized by Google

verlusten bleiben die vom Nutenquerfeld in den einzelnen Teilleitern hervorgerufenen und lediglich von deren Höhe abhängigen Zusatzverluste bestehen.



Anordnung der Prüfspulen.

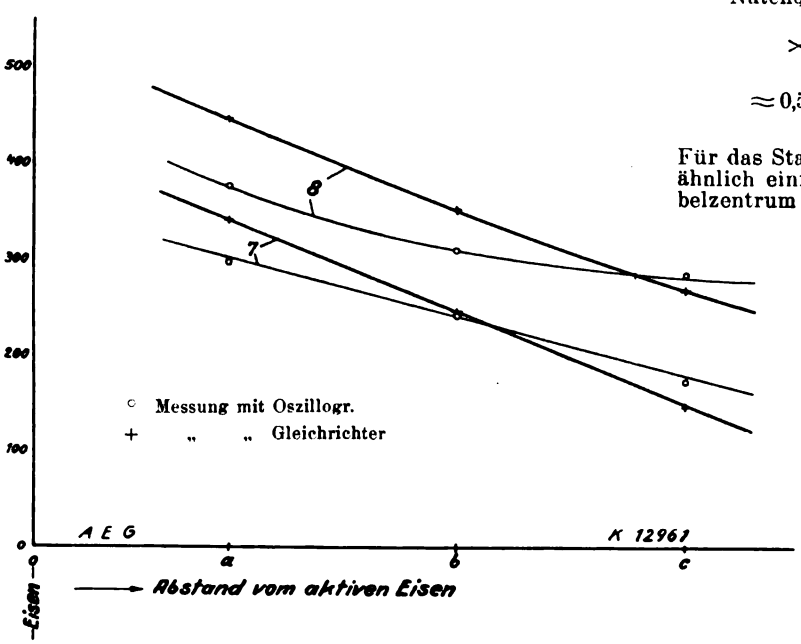


Abb. 14. Stabend-Querfeld in Abhängigkeit des Abstandes vom aktiven Eisen für die Höhenlagen 7 u. 8.

Höchstwert des Stabend-Querfeldes in geringer Entfernung (rd. 8 cm) vom Eisen, wo der Einfluß der benachbarten Zahnflanken aufgehört hat, sich bemerkbar zu machen, liegt etwas niedriger als der nach der Beziehung Stabend-Querfeld nahe Eisen $= \frac{2}{3}$ Nutenquerfeld $\times \frac{\text{Nutenbreite}}{\text{Nutenteilung}}$ errechnete Wert, anscheinend weil das Wirbelzentrum nicht am Rücken des Rückenstabes, sondern innerhalb des letzteren liegt. Multipliziert man das Rechnungsergebnis mit dem etwa 0,9 betragenden Verhältnis $\frac{\text{Höhe des Wirbelzentrums}}{\text{gesamte Kupferhöhe}}$, so liegt der so berechnete Wert dem gemessenen sehr nahe. Um den Mittelwert über die Länge des Stabendes hin zu erhalten, ist wegen des abfallenden Verlaufes der Induktion nochmals mit 0.9 zu multiplizieren. Von dem so erhaltenen Rechnungswerte sind wiederum nur 83 % einzusetzen, gemäß dem Ersatz der tatsächlich gekrümmten Feldkurve als Funktion der Kupferhöhe durch eine gerade Linie. Für das Stabend-Querfeld des Bohrungstabes gilt also angenähert als Mittel über seine geblätterte Länge:

$$\frac{\text{mittl. Stabend-Querinduktion}}{\text{Nutenquerinduktion}} = 0{,}83 \times 0{,}9 \times \frac{\text{Höhe des Wirbelzentrums}}{\text{Kupferhöhe}} \times \frac{2}{3}\,\frac{\text{Nutenbreite}}{\text{Nutenteilung}}$$

$$\approx 0{,}5 \times \frac{\text{Höhe des Wirbelzentrums}}{\text{Kupferhöhe}} \times \frac{\text{Nutenbreite}}{\text{Nutenteilung}}$$

Für das Stabend-Querfeld des Rückenstabes läßt sich eine ähnlich einfache Beziehung nicht aufstellen, da das Wirbelzentrum innerhalb seiner Höhe liegt, während es beim Nutenquerfeld praktisch am Nutengrunde liegt. Aus dem gleichen Grunde und wegen der geringen Höhe der vorkommenden MMK ist das Stabend-Querfeld hier aber auch ohne erhebliche praktische Bedeutung. Es bedarf kaum der Erwähnung, daß sich dieses Ergebnis nur auf die vorliegende Bauart bezieht und für andere berichtigt werden muß.

Verschränkungsmethoden der Teilleiter, welche außer dem Nutenquerfeld auch die Grundwelle des Stabend-Querfeldes kompensieren, sollen in einem weiteren Berichte behandelt werden.

Berechnung der Zusatzverluste verschachtelter Zweischichtwicklungen.

Es wurde oben bereits erwähnt, daß der Höchstwert des Nutenquerfeldes in denjenigen Nuten, welche Stäbe verschiedener Phasen erhalten, wie es bei ver-

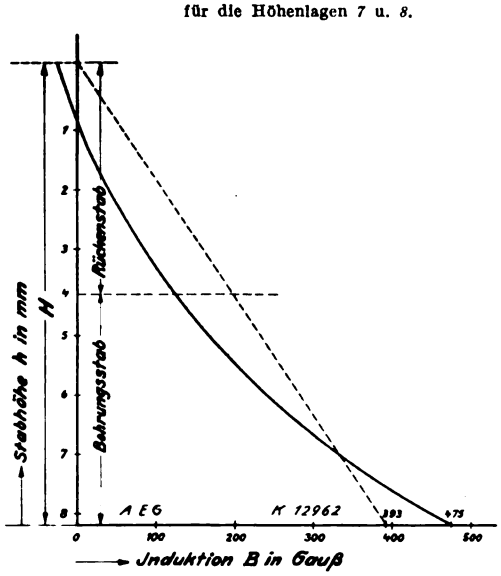


Abb. 15. Ersatzgerade des Stabend-Querfeldes für den Bohrungstab.

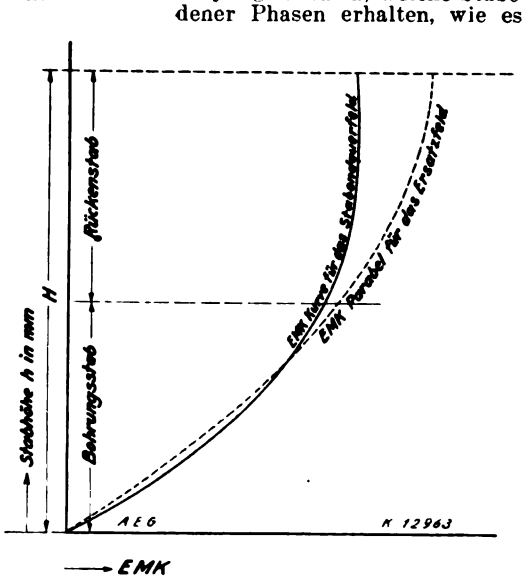


Abb. 16. Ersatzparabel der EMK für das Stabend-Querfeld des Bohrungstabes.

Das Ergebnis der Messung des Stabendquerfeldes, für den Bohrungstab kurz zusammengefaßt, ist also folgendes: Der an der Bohrungseite des Bohrungstabes gemessene

schachtelten Zweischichtwicklungen in etwa der Hälfte aller Nuten der Fall ist, im Verhältnis 0,866 : 1 schwächer ausfällt als in den Nuten, die Stäbe der gleichen Phase enthalten. Be-

Digitized by Google

trachtet man den Verlauf des Nutenquerfeldes in Nuten der ersteren Art genauer, so ergibt sich das durch Abb. 18 dargestellte Bild. Der Rückenstab erzeugt ein vom Nutengrunde linear aufsteigendes Nutenquerfeld in der bekannten Weise. Der Bohrungstab aber verursacht ein gegen das erstere phasenverschobenes Feld, welches sich zu ihm addiert, so daß eine Art Doppelschwingung entsteht und der Verlauf des Feldes als Funktion der Leiterhöhe in jedem Moment eine gebrochene Linie darstellt. Abb. 18 veranschaulicht die Induktion für 6 um je 30° voneinander entfernte Zeitpunkte. Im Zeitpunkt *4* hat der Strom im Bohrungstab seinen Höchstwert, im Zeitpunkt *6* der

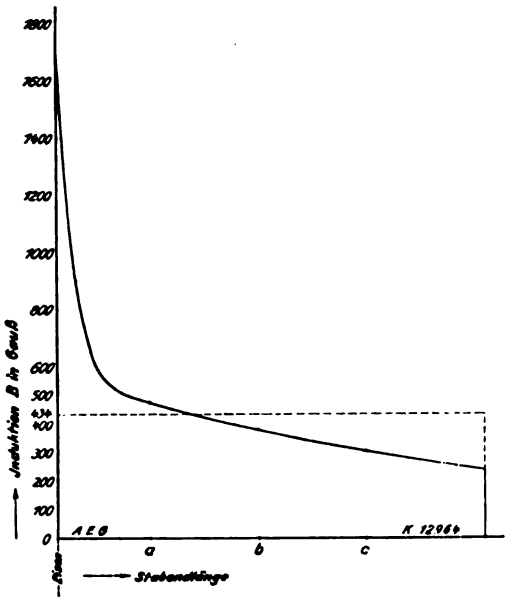


Abb. 17. Verlauf der maximalen Stabend-Querinduktion über die Stabendlänge hin.

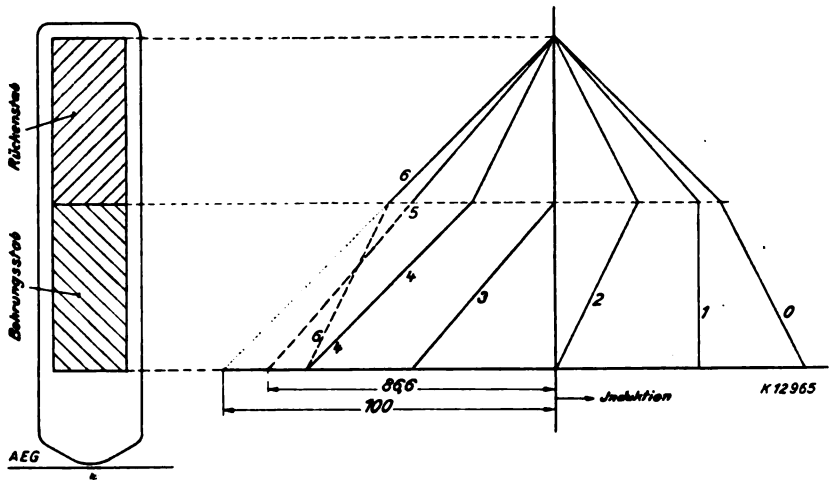


Abb. 18. Augenblickswerte der Nuteninduktion bei verschachtelten Stäben für verschiedene Zeitpunkte (*0 ... 6*).

des Rückenstabes. Für den Zeitpunkt *5* erreicht die Induktion an der Nutenöffnung ihren Höchstwert und schwingt zurück, wie durch die gestrichelte Linie angedeutet, während die Induktion in der rückenseitigen Nutenhälfte noch weiter bis zum Zeitpunkt *6* ansteigt. In diesem Augenblick hat die Induktion in der bohrungseitigen Hälfte den gestrichelten Verlauf angenommen anstatt des punktiert angedeuteten, der sich bei Gleichphasigkeit des Bohrungs- und Rückenstabes ausgebildet hätte. An der Rückenkante des Bohrungstabes bleibt, wie ersichtlich, die Induktion die gleiche wie in einer normalen Nut. Je mehr man sich aber der Bohrung nähert, um so schwächer wird im Vergleich mit der normalen Nut die Induktion, um schließlich bis zu dem bereits genannten Werte 0,866 der normalen Höchstinduktion anzusteigen. Nimmt man an, daß der Bohrungstab in dünne Teilleiter unterteilt ist, die gleiche Ströme führen, so entsprechen die in jedem Teilleiter entstehenden Wirbelstromverluste lediglich der maximalen Induktion des ihn durchsetzenden Feldes, wie es durch Abb. 18 dargestellt ist. An jeder Stelle ist die Form seiner Änderung als Summe zweier Sinusschwingungen wieder eine Sinuswelle. Für die Berechnung der Zusatzverluste kann also, von der Phasenverschiebung der Induktion in den verschiedenen Höhenlagen abgesehen, lediglich ihr Höchstwert betrachtet und die übliche Berechnungsweise angewandt werden. Zeichnet man die Kurve der Höchstwerte unabhängig von ihrem zeitlichen Eintreten auf, so ergibt sich ein Bild wie Abb. 19. Wir ersetzen in diesem die Kurve für den Bohrungstab durch eine Gerade, verlängern sie bis zum Schnittpunkt mit der Abszissen- und Ordinatenachse und fassen sie über die Höhe des Bohrungstabes hin als den unteren Teil des Feldes eines Leiters auf, der im Verhältnis 85/70 höher ist als das vorliegende Leiterpaar und in einer entsprechend vertieften Nut liegt, wobei der Maximalwert der Induktion aber im Verhältnis 85 : 100 kleiner ist als derjenige in der wirklich vorhandenen Nut. Wir können uns also etwa zu den beiden Stäben, welche je 7 Teilleiter übereinander enthalten mögen, 3 weitere Teilleiter am Nutengrunde hinzugefügt denken, so daß die gesamte Leiterhöhe im Verhältnis 17/14 = 85/70 vergrößert ist. Dabei ist aber die Stromstärke in jedem einzelnen Teilleiter so verringert zu denken, daß nur 0,85 der normalen Höchstinduktion des Querfeldes entsteht, d. h. die Stromstärke ist $0{,}85 \cdot 14/17 = 0{,}7$ des normalen Wertes. Die Zusatzverluste in den einzelnen Teilleitern des Bohrungstabes sind nun den *c*-Faktoren der h^4-Formel proportional[3], ferner dem Quadrat der Teilleiterstromstärke. Die Summe der *c*-Faktoren für die 7 oberen von 14 Teilleitern ist 1028, für die 7 oberen von 17 Teilleitern 1676. Die Zusatzverluste in dem Rückenstab der betrachteten Nut verhalten sich also zu denen im Rückenstab der wirklichen Nut mit gleichphasigen Leitern wie $0{,}7^2 \cdot 1676 : 1028 = 0{,}80$.

Diese Verminderung der Zusatzverluste in den Bohrungstäben der verschachtelten Nuten erscheint zunächst erheblich, ist aber doch bei neuzeitlichen Maschinen mit feiner Unterteilung und Verschränkung der Stäbe von kaum meßbarem Einfluß. Beträgt beispielsweise der *k*-Faktor für den Rückenstab einer Nut mit gleichphasigen Leitern 1,05, für den Bohrungstab 1,2, so werden die Zahlen für die Nut mit phasenungleichen Leitern 1,05 und 1,16. Die Gesamtverluste in den Nuten verhalten sich also wie 2,25 : 2,21, ein nicht meßbarer Unterschied. Hinzu kommt, daß sich diese Überlegung nur auf die aktive Länge be-

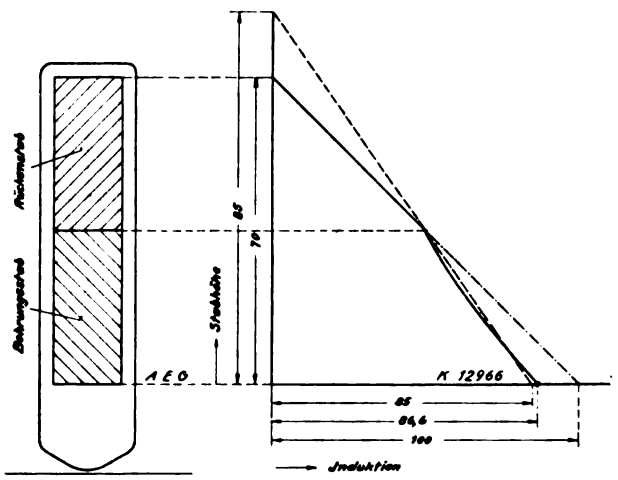


Abb. 19. Höchstwerte der Nuten-Querinduktion bei verschachtelten Stäben in Abhängigkeit von der Stabhöhe.

zieht, und die beschriebenen Vorgänge im Wickelkopf von ungleich größerer Bedeutung für die Zusatzverluste werden können. Hier ist aber ein grundsätzlicher Unterschied für die Enden der gleichphasigen und ungleichphasigen Stabpaare nicht zu erkennen.

[3] Vgl. ETZ 1920, S. 608.

Digitized by Google

Die vorstehenden Mitteilungen stellen nur die wichtigsten Beobachtungen über die Größe und die Form des Stabend-Querfeldes und seine Wirkungen dar und stützen sich nur auf Messungen an einer Maschine. Inzwischen fortgeführte Untersuchungen haben bestätigt, daß bei verschiedener Ausführung der Wickelköpfe sehr starke Unterschiede in der Größe, dem Verlauf und der Kurvenform des Stabend-Querfeldes auftreten. Ferner wurde festgestellt, daß beträchtliche Phasenverschiebungen der Felder in verschiedenen Höhen der Stäbe vorliegen. Diese dürften durch die Verschachtelung der Wicklung, aber auch durch verschiedenartige Verkettung mit parasitären Sekundärströmen hervorgerufen sein. Die genauere Darstellung und Erklärung der Beobachtungen muß einer späteren Veröffentlichung vorbehalten bleiben.

Als Mitarbeiter bei der Durchführung der beschriebenen Versuche sind die Herren Brandt, Stawski und Mutreich zu nennen.

Bericht über die internationale Tagung des Studienkomitees für Flugverkehrsbeleuchtung in Berlin.

Von Dr. **F. Born**, Berlin.

Die am 28. ... 30. IV. dieses Jahres in Berlin abgehaltene Tagung des Studienkomitees für Flugverkehrsbeleuchtung der Internationalen Beleuchtungskommission führte zu einer Aussprache zwischen Behörden, Luftverkehrsgesellschaften und Beleuchtungsingenieuren über den Stand des Nachtflugwesens und über die Probleme, deren Lösung für die Weiterentwicklung in erster Linie notwendig erscheint; 14 Staaten hatten ihre Delegierten zu der Tagung entsandt. Als Grundlage für die Diskussion dienten zahlreiche Ausarbeitungen, in denen teils der Stand des Beleuchtungswesens im Nachtflugverkehr in den einzelnen Ländern behandelt, teils Anregungen für die Vereinheitlichung der Befeuerungs- und Beleuchtungseinrichtungen niedergelegt sind.

Die Leitung der Tagung lag in den Händen des Präsidiums der Internationalen Beleuchtungskommission. Der Präsident, C. H. Paterson, machte nach einer kurzen Eröffnungsitzung den von der Versammlung angenommenen Vorschlag, den Vorsitz an den Vizepräsidenten Direktor Dr. A. R. Meyer zu übertragen. Es wurden drei Unterkommissionen gebildet, von denen die erste von Dr. A. R. Meyer und von Prof. Dr. Gehlhoff geleitet wurde. Die andern beiden Unterkommissionen tagten unter dem Vorsitz von Franck, dem Vertreter des französischen Luftfahrtministeriums, und Dr. Hampton vom englischen nationalen Komitee.

Im folgenden soll ein Überblick gegeben werden über den heutigen Stand der Flugzeugbeleuchtung, der Flugstrecken- und Flughäfenbefeuerung, wie er sich aus den schriftlichen Referaten und der Aussprache ergab. Ferner sollen Richtlinien über die zukünftige Entwicklung aufgestellt werden unter Berücksichtigung der auf der Tagung gefaßten Empfehlungen und Beschlüsse.

I. Flugzeugbeleuchtung.

Die Beleuchtungsausrüstung der Flugzeuge besteht aus den Stellungslichtern, den Scheinwerfern und der Innenbeleuchtung. Als Stromquellen werden Lichtmaschinen mit parallel geschaltetem Akkumulator verwandt. Große Bedeutung hat die Frage der Einführung einheitlicher Spannungen. In Deutschland, England, Ungarn, Tschechoslowakei und den V. S. Amerika wird 12 V Nennspannung vorzugsweise benutzt, dagegen sind in Frankreich und Polen 24 V in Gebrauch. Einige Staaten, z. B. Deutschland und Japan, verwenden meist dann 24 V Generatorspannung, wenn mehr als 800 W Leistung beansprucht werden. Eine Einigung auf eine bestimmte Spannung erschien noch als verfrüht, die Verwendung von 12- und 24 V-Anlagen wird empfohlen.

Eine eingehende Diskussion entspann sich über die Frage einheitlicher Sockel und Fassungen. Es wurde den einzelnen Delegierten empfohlen, „eine einzige Fassungsart mit zugehörigem Sockel für alle Lampen an Bord von Flugzeugen bis zu 60 W einschließlich zu verwenden". Von der deutschen Delegation wird der Autonormalsockel mit 2 Lappen (nach DIN KrW 304) und die zugehörige Bajonettfassung vorgeschlagen, von den anderen Delegationen der Kleinswansockel mit 2 Stiften. Eine endgültige Vereinbarung war noch nicht möglich.

Für besondere Zwecke, z. B. für die Beleuchtung der Instrumente am Führerstand, „könnte man Lampen mit wesentlich kleinerem Sockel mit Bajonettfassung oder normale Telephonlampen verwenden".

Für Lampen mit großem Wattverbrauch legte die deutsche Delegation einen von der Firma Osram G. m. b. H., K.G. entwickelten Sockel für Flugzeugscheinwerferlampen vor, der sich in der Praxis gut bewährt hat. Er bietet gegenüber dem im Aufbau ähnlichen „Kinostarkstromsockel" den Vorteil leichteren Gewichtes und kleinerer Abmessungen.

Die Stellungslichter — navigation lights — feux de position[1] — sollen die Abmessungen des Flugzeuges und seine Flugrichtung anzeigen. Sie sind gemäß dem Pariser Luftverkehrsabkommen vom 13. X. 1919 rot und grün gefärbt in Anlehnung an die im Seeverkehr üblichen Zeichen.

Für die Bestimmung der Sichtweite wird von den englischen Delegierten vorgeschlagen, daß bei klarer Sicht und dunkler Nacht in 1 km Entfernung 0,21 HK/km erforderlich sein sollen.

Es wird empfohlen, die Lichtverteilung der Stellungslichter über einen horizontalen Winkel von 112,5 ° bzw. 110 ° und über einen vertikalen Winkel von 180 ° in folgender Weise vorzunehmen (Grade von der Flugrichtung aus gerechnet):

± 0 ° bis ± 15 °	100 % Lichtstärke
± 15 ° bis ± 45 °	70 % Lichtstärke
± 45 ° bis ± 90 °	50 % Lichtstärke

Für die Charakterisierung der Farbfilter wird empfohlen, die von W. Dziobek und M. Pirani[2] vorgeschlagene Normung von Signalgläsern zugrunde zu legen.

Die Bordscheinwerfer haben einen zweifachen Zweck zu erfüllen. Als Landescheinwerfer sollen sie zur Beleuchtung der Landebahn bei Start und Landung, als Suchscheinwerfer zur Orientierung beim Flug dienen. Aus Zweckmäßigkeitsgründen sind die Suchscheinwerfer beweglich angeordnet und können vom Führersitz in jede beliebige Richtung geschwenkt werden.

Die Innenbeleuchtung umfaßt die Beleuchtung des Führerstandes und die der Nutzräume. Die Führerstandsbeleuchtung muß sehr gedämpft gehalten werden, um dem Piloten nicht durch zu hohe Leuchtdichten die Erkennbarkeit des Geländes zu erschweren.

Für die Beleuchtung der Nutzräume (Fluggastraum, Gepäckraum) sind allgemein die Richtlinien bestimmend, die für die Innenbeleuchtung von Kraftfahrzeugen üblich sind.

II. Flughafenbefeuerung.

Von großer Bedeutung für die Sicherheit des Nachtflugwesens ist die Ausrüstung der Flughäfen mit geeigneten Beleuchtungsanlagen[3]. Im Laufe der letzten Jahre ist eine große Anzahl von Nachtflughäfen eingerichtet worden. In Deutschland allein sind z. Z. sieben Häfen: Tempelhof, Königsberg, Schkeuditz, Hannover, Köln, Hamburg, Wilhelmshaven für den Nachtflugverkehr vorgesehen, in den V. S. Amerika bestehen rd. 60 Nachtflughäfen.

Zur vollständigen Beleuchtungsausrüstung eines neuzeitlichen Nachtflughafens gehören Umrandungsfeuer, Hin-

---

[1] Die am meisten gebräuchlichen Ausdrücke in den Sprachen Deutsch, Englisch, Französisch wurden auf der Tagung eindeutig festgelegt.

[2] Recueil des Travaux, Comm. Int. de l'Eclairage, VII. Session, 1928, S. 818.

[3] Vgl. ETZ 1928, S. 60, 104, 580, 1497. D. S.

Digitized by Google

dernisfeuer, Landebahnleuchten und Landebahnfeuer, Windanzeiger, Signallichter, Vorfeldbeleuchtung und Ansteuerungsfeuer.

Die Umrandungsfeuer — boundary lights — feux de délimitation de terrain — sollen dem Flugzeugführer die Platzgrenzen anzeigen. Es sind in den einzelnen Ländern Glühlampen-, Neon- und Gasfeuer in Gebrauch. Die Stromzuführung wird verschieden gehandhabt. Um die Querschnitte der unterirdisch verlegten Kabel möglichst klein zu halten, wird Reihenschaltung bevorzugt, aber auch Parallelschaltung der Feuer ist üblich. Für Neonfeuer werden Transformatoren benutzt. Die Anordnung der Feuer wird so gehandhabt, daß dem Flugzeugführer möglichst ein linienmäßiger Eindruck vermittelt wird. Auf der Tagung wurde empfohlen, die Anzahl der brennenden Feuer je nach den Witterungsbedingungen zu bemessen, im Minimum aber vier Feuer einzuschalten. Die Anbringungshöhe richtet sich nach der Geländebeschaffenheit der einzelnen Häfen. Eine eingehende Diskussion wurde über die Färbung der Umrandungsfeuer eröffnet. Sie sollen entweder einheitlich rot oder einheitlich orange oder rot und weiß sein. Es wurde empfohlen, die Farbe der Feuer verschieden von der der Hindernisfeuer zu wählen.

Die Hindernisfeuer — obstruction lights — feux d'obstacles — sollen Höhe und Gestalt der Hindernisse erkennen lassen. Es sind Glühlampen und Neonröhren im Gebrauch, die laut Empfehlung der Versammlung ausnahmslos rot gefärbt sein sollen.

Die nächtliche Kennzeichnung der Landebahn erfolgt je nach der Art des Flughafengeländes und den zur Verfügung stehenden Mitteln entweder durch Landebahnfeuer oder durch Landebahnleuchten. Die Landebahnfeuer — landing direction lights — feux d'atterrissage — zeigen die Lage der Landebahn und die Landerichtung an. In Tempelhof z. B. wird dieser Zweck erreicht durch Aufstellung kleiner Lichter. Die Landebahnleuchten — landing floodlight or battery of floodlights — projecteur ou batterie d'atterrissage — beleuchten den ganzen für die Landung bestimmten Teil der Rollbahn. Als Optiken sind Gürtelleuchten und Scheinwerfer in Gebrauch, die einzeln oder zu Batterien angeordnet sind. Die Einzelleuchten sind meist fahrbar eingerichtet. Die Ansichten der einzelnen Länder über die vorteilhafteste Lichtverteilung und Lampenstärke sind nicht ganz einheitlich. Die Stromversorgung erfolgt durch Anschluß an Netzstrom oder mit Hilfe eines Maschinensatzes. Die Kabelzuführung wird fest oder beweglich gestaltet.

Der beleuchtete Windanzeiger — illuminated wind indicator — indicateur de vent éclairé — soll die Richtung, wenn möglich, die Stärke des Bodenwindes angeben. In Benutzung sind Wind-T und Windsack. Die Beleuchtung des Windsackes erfolgt meist durch Bestrahlung von außen. Zur Beleuchtung des Wind-T werden Neonröhren oder rote und grüne Glühlampen, neuerdings auch Soffittenlampen verwandt.

Die Signallichter dienen der Regelung des Flugbetriebes: rote Lichter bedeuten Landeverbot, grüne Lichter Landeerlaubnis. In manchen Häfen wird die Abgabe der Start- und Landesignale noch mit Leuchtmunition vorgenommen.

Die Vorfeldbeleuchtung wird in den einzelnen Flughäfen ganz verschieden gehandhabt. Meist finden Breitstrahler mit 750- bis 1000 W-Lampen Verwendung.

Die Ansteuerungsfeuer — location beacon — phare de terrain — sollen dem Piloten das Auffinden des Flughafens ermöglichen. Sie befinden sich daher auf dem Flughafen selbst oder in seiner Nähe. Es werden Drehfeuer mit Spiegeloptik oder Fresnel-Linsen-Optik, vielfach auch Neonfeuer benutzt. Als Lichtquelle dienen Glühlampen von 1000 und 1500 W. Auf der Tagung wurde empfohlen, jedem Ansteuerungsfeuer eine bestimmte Kennung zu geben, entweder durch Einbau kleiner Zusatzfeuer oder durch Ausbildung des Feuers selbst zum Kennfeuer. Für die Sichtweite wurde verlangt, daß das Feuer unter mittleren Witterungsbedingungen (Absorption 20 %/km) vom nächstgelegenen Streckenfeuer aus unbedingt gesichtet werden muß.

III. Flugstreckenbefeuerung.

In den letzten Jahren sind eine große Anzahl von Flugstrecken für den Nachtbetrieb eingerichtet. In Deutschland sind rd. 1/30, in Frankreich rd. die Hälfte aller Flugstreckenkilometer befeuert. Die Befeuerung der Flugstrecken umfaßt Hauptfeuer, Zwischenfeuer und Zusatzfeuer. Als Stromquelle wird Netzstrom bevorzugt. Aus Betriebsicherheitsgründen sind oft Reservegeneratoren oder Azetylenspeisung vorgesehen. Die Wartung erfolgt vielfach selbsttätig durch astronomische Uhrschalter und selbsttätige Stromunterbercher.

Die Ansichten der einzelnen Nationen über die Anlage der Befeuerungseinrichtungen gehen ziemlich erheblich auseinander. Die Franzosen vertreten den Standpunkt, daß zur Flugstreckenbefeuerung mit Blitzkennung versehene Hauptfeuer — principal airway beacons — phares principaux — und dazwischen angeordnete Zwischenfeuer — intermediate airway beacons — phares intermédiaires — erforderlich seien. Bei jedem Hauptfeuer soll ein Hilfslandeplatz vorhanden sein. Die deutsche und englische Delegation dagegen halten nur den Einbau von Hauptfeuern für erforderlich und glauben, ohne Zwischenfeuer auszukommen. Zur Kennzeichnung von Hilfslandeplätzen, die nicht an jedem Hauptfeuer notwendig sind, sollen besondere Zusatzfeuer — auxiliary lights — feux auxiliaires — dienen. Alle Feuer derselben Strecke oder desselben Streckenabschnittes sollen mit der gleichen Kennung versehen sein. Eine Einigung über diese beiden Ansichten wurde auf der Tagung nicht erzielt, da die Erfahrungen noch nicht als ausreichend bezeichnet werden konnten. Dieses Thema wird auf der nächsten Tagung erneut in Angriff genommen werden.

Auch die anderen Fragen werden auf der Vollsitzung der Internationalen Beleuchtungskommission, die im Herbst 1931 in England stattfindet, nochmals durchgesprochen werden. Die noch als vorläufig geltenden „Empfehlungen", die augenblicklich den nationalen Komitees zur Bestätigung vorliegen, gelten erst nach Annahme auf der Vollsitzung als „Empfehlungen der Internationalen Beleuchtungskommission".

Die neuere Entwicklung der Schnurverstärkertechnik*.

(Mitteilung aus dem Reichspostzentralamt.)

Schnurverstärker wurden bei den Fernämtern der Deutschen Reichspost anfänglich nur in geringer Zahl benutzt, u. zw. zur Einschaltung in Durchgangsverbindungen zwischen langen oberirdischen Fernleitungen. Mit dem Wachsen des Fernkabelnetzes trat immer häufiger die Notwendigkeit hervor, bei Verbindungen der mit gleichmäßiger Restdämpfung behafteten Fernkabelleitungen untereinander oder mit längeren Luftleitungen Schnurverstärker zwischenzuschalten; entsprechend wuchs die Zahl der Schnurverstärkerämter (im April 1928 im früheren Reichspostgebiet 34 Ämter mit 312 Verstärkern und 3000 angeschlossenen Fernleitungen), die mehr und mehr auch bei Fernämtern mittleren Umfangs nötig wurden. Hand in Hand ging eine Weiterentwicklung der Schnurverstärkertechnik in konstruktiver und schaltungstechnischer Beziehung mit dem Ziel der Raumersparnis und Anpassung der Einrichtungen an die der Fernämter.

Die bisherigen Schnurverstärkerämter enthalten vier Gestellkonstruktionen, nämlich Sicherungsgestell, Zusatzgestell (mit den Querkondensatoren zur Ergänzung der Anlauflänge von Fernkabelleitungen, den Leitungsverlängerungen und gewissen Relais), Verstärkergestell und Nachbildungsgestell; letztere beiden Gestelle entsprechen im wesentlichen denen fester Verstärkerämter. Künftig werden die Leitungszusätze zusammen mit den Nachbildungen auf einem vereinigten Zusatz- und Nachbildungsgestell untergebracht, das die Schaltelemente für 40 Fernleitungen aufnimmt. Ferner werden besondere Schnurverstärkergestelle für fünf Verstärker verwendet werden, die eine Raumersparnis gegenüber den bisher benutzten Gestellen der festen Verstärkerämter mit sich bringen. Die neuen Schnurverstärkerämter besitzen daher nur noch drei Gestellkonstruktionen: Sicherungsgestelle, vereinigte Zusatz- und Nachbildungsgestelle sowie Schnurverstärkergestelle. Die Schnurverstärkerschränke dienen entweder dem reinen Verstärkerbetrieb und besitzen dementsprechend nur die Einrichtungen zur Einschaltung von Verstärkern in Durchgangsverbindungen, oder sie sind außerdem auch noch mit den Einrichtungen zur Abwicklung des gewöhnlichen unverstärkten Durchgangsverkehrs versehen, haben also den Charakter allgemeiner Durchgangschränke. Als Schnur-

* E. Neumann, Tel. u. Fernspr. Techn. Bd. 18, S. 129.

Digitized by Google

verstärkerschränke werden Fernschrankgehäuse ZB 10, Einheitschränke M 26 oder auch (besonders für Durchgangschränke) Vielfachumschalter ZB 11 großer Form mit Vielfachfeld für Fernklinkenleitungen verwendet. Reine Verstärkerschränke enthalten auf ihrer Tischplatte die Schnurpaare zur Verbindung der Schnurverstärker mit den Fernleitungen, die den Schnurpaaren zugeordneten Schwächungsnebenschlüsse und die Mithörtasten. Mit den Fernplätzen sind die Verstärkerplätze über Dienstleitungen verbunden, in denen die Fernbeamtinnen ihre Aufträge an die Verstärkerplätze geben; zu dem Zweck ist in jedem Fernplatz eine Diensttaste nach jedem Verstärkerplatz vorgesehen. An Klinken besitzt der Verstärkerplatz im wesentlichen das Klinkenfeld zur Verbindung der Fernleitungen mit den Schnurverstärkern, Dienstklinken zum Verkehr mit Fern- und Durchgangsplätzen sowie Überwachungsklinken für die dem Platz zugeordneten Verstärker (höchstens 10). Durchgangschränke für verstärkten und unverstärkten Durchgangsverkehr erhalten außer den angeführten Einrichtungen noch bis zu 30 Schnüre für den unverstärkten Durchgangsverkehr sowie das Vielfachfeld für Fernklinkenleitungen.

Die Anpassung der Schnurverstärkerschaltungen an die Fernämter mit Fernklinken-Vielfachfeld (Schaltungen ZB 10, OB 05 und die aus ZB 10 entwickelte Schaltung ZB 25) wird nur kurz gestreift, während ausführlich auf Schaltung und Betriebsweise der Schnurverstärker bei Fernämtern ohne Fernklinken-Vielfachfeld (mit Durchgangsplätzen) eingegangen wird, besonders mit Bezug auf die Fernamtschaltung F 28, nach der künftig die meisten größeren Fernämter gebaut werden. Die Durchgangsplätze dieser Schaltung besitzen ein gemeinsames Klinkenfeld für den verstärkten und für den unverstärkten Durchgangsverkehr, benötigen aber besondere Schnurpaare für jede der beiden Verkehrsarten. Zur Ausführung einer verstärkten Durchgangsverbindung fordert die betriebsführende Fernbeamtin die Verbindung zwischen ihrer Fernleitung und der gewünschten zweiten Fernleitung bei der Durchgangsbeamtin in einer Diensttastenleitung an, ohne vorher die Beamtin der zweiten Fernleitung zu verständigen. Die Aufforderung ergeht gewöhnlich schon kurz vor Beginn der Verbindung, für die der Verstärker gebraucht wird. Die Durchgangsbeamtin erkennt am Unsichtbarsein eines Schauzeichens, daß die gewünschte zweite Fernleitung frei ist, und steckt den einen Verstärkerstöpsel eines Schnurpaares in die Klinke der gewünschten Fernleitung. Die Leitung wird dadurch von ihrem Abfragefernplatz abgeschaltet, was der dortigen Fernbeamtin durch Aufleuchten einer Besetztlampe angezeigt wird; ferner wird die Leitung für die Durchgangschränke selbst durch Erscheinen des erwähnten Schauzeichens als besetzt gekennzeichnet. Endlich werden Leitungsverlängerung, Nachbildung sowie der Verstärker an die gewünschte Fernleitung gelegt. Eine am Durchgangsplatz aufleuchtende Überwachungslampe läßt erkennen, daß die Überwachung der Verbindung noch nicht von dem Fernplatz übernommen ist, der sie angefordert hat. Da dieser Fernplatz die erste Fernleitung gewöhnlich noch besetzt hält, so erscheint sie am Durchgangsplatz auch noch durch das zugehörige Schauzeichen als besetzt gekennzeichnet. Trotzdem stöpselt die Durchgangsbeamtin auch die Klinke dieser Fernleitung mit dem zweiten Stöpsel des benutzten Schnurpaares (Fernvorbereitung); die Leitung wird jetzt an ihrem Fernplatz durch Flackern der Besetztlampe als fernvorbereitet gekennzeichnet, ist aber naturgemäß noch nicht vom Fernplatz abgeschaltet. Die Fernbeamtin am Fernplatz der ersten Fernleitung steckt nun Abfrage- und Verbindungstöpsel eines Fernschnurpaares in die beiden dem benutzten Schnurverstärker zugeordneten Überwachungsklinken. An einem Lampensignal erkennt sie, daß die zweite Fernleitung vom Durchgangsplatz bereitgestellt ist. Sobald sie nun ihrerseits die erste Fernleitung freigibt, wird diese (ebenso wie vorher die zweite Fernleitung) vom Fernplatz abgeschaltet und am Durchgangsplatz mit Verstärker, Nachbildung usw. verbunden; diese Phase der Verbindung erkennt die Durchgangsbeamtin am Erlöschen der Überwachungslampe. Gleichzeitig werden die Verstärkerröhren gezündet und die Durchgangsbeamtin wird durch eine flackernde Zündlampe zur Einstellung des Verstärkungsgrads aufgefordert; nach der Einstellung leuchtet die Zündlampe dauernd. Die Trennung der Verbindung wird dadurch eingeleitet, daß die betriebsführende Fernbeamtin am ersten Fernplatz die Fernschnurstöpsel aus den beiden Überwachungsklinken des Verstärkers herauszieht. Infolgedessen leuchtet am Durchgangsplatz die Überwachungslampe als Schlußlampe wieder auf und die Durchgangsbeamtin zieht die Verstärkerstöpsel aus den Klinken der beiden Fernleitungen, so daß die Verstärker nebst Zubehör von den Fernleitungen wieder abgeschaltet werden. Die Fernleitungen werden als frei gekennzeichnet durch Verschwinden der Schauzeichen an den Durchgangsplätzen und der Besetztlampen an den Fernplätzen. Ist bei Herstellung der Verbindung die gewünschte zweite Fernleitung an ihrem Arbeitsplatz besetzt, so ist das Schauzeichen am Durchgangsplatz sichtbar; die Durchgangsbeamtin prüft dann, ob die Leitung an einem Durchgangschrank bereits besetzt ist. Hört sie kein Summerzeichen, so ist dies nicht der Fall und sie bereitet durch Einsetzen des Verstärker-Verbindungstöpsels in die Fernklinke die Fernverbindung vor. Die Leitung ist damit am Durchgangschrank gesperrt. Die weiteren Vorgänge sind dieselben wie oben bei Vorbereitung der ersten Fernleitung geschildert worden ist. Ist die zweite Fernleitung sowohl durch ihren Arbeitsplatz als auch am Durchgangschrank belegt, so kann die Durchgangsbeamtin die angeforderte Verbindung nicht ausführen, sondern gibt ein Besetztzeichen (Summerton) an die anfordernde Fernbeamtin.

In Abweichung von dieser Schnurverstärkerschaltung ist die Schnurverstärkeranlage im neuen Fernamt Berlin mit Einheitschnurpaaren ausgerüstet; die Schnurpaare enthalten die Schnurverstärker und die Vierdrahtzusätze, die selbsttätig zu- und abgeschaltet werden, je nachdem es sich um eine Durchgangsverbindung über Schnurverstärker oder um eine solche zwischen Vierdrahtleitungen handelt (unverstärkter Durchgangsverkehr kommt für Berlin nicht in Frage).

Eine besondere Aufgabe erwuchs der Schnurverstärkertechnik durch die für den Fernsprechweitverkehr bestimmten Vierdrahtleitungen. Verbindungen solcher Leitungen mit kürzeren Zweidrahtleitungen (unter 0,5 Neper) und Teilnehmerleitungen werden unverstärkt hergestellt, während Verbindungen mit längeren Zweidrahtleitungen über Schnurverstärker hergestellt werden, wobei die Vierdrahtleitung wie eine Zweidrahtleitung behandelt wird (vgl. oben). Verbindungen zwischen Vierdrahtleitungen endlich werden unverstärkt hergestellt, u. zw. unter Benutzung besonderer Klinken und besonderer Schnurpaare am Schnurverstärkerschrank. Jede Vierdrahtleitung besitzt hier 2 Klinken, eine Zweidraht-Verbindungsklinke und eine Vierdraht-Verbindungsklinke; letztere Klinken bilden ein von den übrigen getrenntes Klinkenfeld. Durch Stöpselung der Vierdrahtklinken zweier Vierdrahtleitungen mit dem besonderen Schnurpaar werden die Gabelschaltungen der beiden Leitungen unmittelbar miteinander verbunden; die Signalisierung entspricht derjenigen einer Zweidrahtverbindung. *But.*

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1573.

Die Elektrizitätsgesetzgebung der Kulturländer der Erde.

Das anläßlich der Zweiten Weltkraftkonferenz, Berlin 1930, in seinen ersten drei Bänden erschienene Werk von Dr.-Ing. G. Siegel[1] (der 4. Band über die außereuropäische Gesetzgebung folgt demnächst), ist von einem Ingenieur und Elektrizitätswirtschaftler geschrieben und behandelt daher den umfassenden Gegenstand weniger aus juristischen als aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten heraus. Der Verfasser beurteilt die in den einzelnen Ländern erlassenen Gesetze, Verordnungen, Ausführungsbestimmungen usw. nicht nach ihrer rein rechtlichen Bedeutung, sondern untersucht hauptsächlich, ob und in welcher Weise, nämlich in erster Linie fördernd oder hemmend, die Elektrizitätsgesetzgebung jedes Landes auf die Ausgestaltung seiner Versorgung mit Licht und Kraft in wirtschaftlicher und technischer Beziehung eingewirkt hat. Da nicht nur die Gesetze, die das Verhältnis zwischen Staat und Kommunen als Konzessionsgebern und Wegeberechtigten einerseits und Unternehmungen anderseits, schließlich der Verbraucher sowie die technischen Aufgaben regeln, sondern auch die Unternehmertätigkeit der öffentlichen Hand besprochen werden, soweit Gesetze usw. darüber erlassen sind, enthält das Werk eine allerdings nicht lückenlose Übersicht über die Entwicklung und den Zustand der Elektrizitätswirtschaft der einzelnen Länder überhaupt, umfaßt also wesentlich mehr als der Titel verspricht. Wenn der Verfasser hierbei als Vorstandsmitglied einer vielfach an privaten und gemischtwirtschaftlichen Unternehmungen beteiligten Trustgesellschaft einen m. E. etwas zu einseitigen Standpunkt zugunsten

[1] VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1930.

Digitized by Google

der Privatwirtschaft einnimmt und die Betätigung der öffentlichen Hand auf elektrowirtschaftlichem Gebiete wohl zu ungünstig beurteilt, so kann ich hierin keinen Mangel des Werkes sehen, erblicke insofern vielmehr einen Vorzug darin, als der Leser dadurch zu eigenem Nachdenken vielfach angeregt wird.

Dem Buche ist ein Geleitwort des Vorsitzenden des Deutschen Nationalen Komitees der Weltkraftkonferenz, Dr.-Ing. E. h. Koettgen, vorausgeschickt, in welchem auf die Bedeutung des Werkes für die technische Weiterentwicklung der Elektrizitätswirtschaft der Kulturländer hingewiesen, dem Verfasser für seine umfassende und erfolgreiche Arbeit, dem Bunde der Elektrizitätsversorgungsunternehmungen Deutschlands für die finanzielle Unterstützung durch Übernahme der Druckkosten Dank ausgesprochen und dem Werke eine möglichst weite Verbreitung gewünscht wird[2].

In der Vorrede weist der Verfasser darauf hin, daß das vierbändige Buch der ihm vom Enquete-Ausschuß des Deutschen Reichstags gestellten Aufgabe, einen Bericht über die deutsche und internationale Elektrizitätsgesetzgebung zu erstatten, sein Entstehen verdankt. Er betont die ungeheuren Schwierigkeiten, die sich einer lückenlosen Sammlung der einschlägigen Gesetze entgegenstellten; nur mit tatkräftiger Unterstützung des Reichswirtschaftsministerium, des Auswärtigen Amts, der Deutschen Bundesstaaten, der deutschen Gesandtschaften und Konsulate sowie zahlreicher Fachgenossen des In- und Auslandes ist das fast unübersehbare Material, das die Veröffentlichungen bis Anfang 1930 umfaßt, schließlich in mehrjähriger Arbeit zusammengekommen. Auch die richtige Übersetzung der fremdsprachigen Gesetze ins Deutsche war nicht einfach, weil die besten Sprachkenner nicht immer über die erforderlichen technischen und juristischen Fachkenntnisse verfügen. Der Verfasser spricht dann die Hoffnung aus, daß die von ihm kritisch bearbeitete Gesetzessammlung dazu beitragen möge, schädliche und unzweckmäßige gesetzgeberische Maßnahmen zu verhindern, worin ihm die Fachwelt sicherlich beipflichten wird, wenn sie auch nicht in allen Punkten seine Meinung darüber teilen kann, was als schädlich anzusehen ist.

Der 1. Band enthält nach einer allgemeinen Einleitung, welche die Grundlagen und Motive der staatlichen Aufsicht und Beeinflussung der Elektrizitätswirtschaft behandelt, die einschlägige Gesetzgebung Deutschlands und seiner Gliedstaaten, der 2. Band Westeuropa, nämlich Belgien, Frankreich, Großbritannien, Irland, Italien, Luxemburg, Niederlande, Portugal, Schweiz, Spanien, der 3. Band Nord- und Osteuropa, u. zw. Dänemark, Finnland, Norwegen, Schweden, Rußland und Nachfolgestaaten, Österreich und Nachfolgestaaten, Balkanländer.

Die Darstellung beschränkt sich in juristischer Hinsicht auf die Beziehungen der Elektrizitätswirtschaft zum öffentlichen, insbesondere dem Verwaltungs- und Staatsrecht, während die Stellung der Elektrizität im Privatrecht nur gestreift wird; auch die eigentliche technische Gesetzgebung wird nur erwähnt, aber nicht kritisch besprochen. Die Wassergesetze sowie die Enteignungsgesetze werden soweit behandelt, als sie mit der Elektrizitätsversorgung im Zusammenhang stehen. In jedem ein Land behandelnden Abschnitt wird mit einer kurzen Darstellung der Anfänge der elektrizitätswirtschaftlichen Gesetzgebung, die zunächst hauptsächlich Schutzgesetze hervorbrachte, in zeitlicher Reihenfolge begonnen, etwas ausführlicher wird dann die Übersicht über die einschlägige gesetzgeberische Tätigkeit in der Nachkriegszeit behandelt und darauf hingewiesen, wie die politische Einstellung der Parteien Einfluß auf die Ausgestaltung der Elektrizitätsgesetze gewann.

Zusammenfassend wird dann jeweils durch Gegenüberstellung der auf technisch-wirtschaftlichen Grundlagen beruhenden Erfordernisse der Elektrizitätswirtschaft und der Motive des Gesetzgebers die Einzelgesetzgebung betrachtet. Erstere werden zunächst eingehend erläutert, wobei auf die dauernde stoffliche Verbindung zwischen Erzeuger und Verbraucher hingewiesen wird, aus der alles übrige folgt. Der steigende Bedarf bringt eine ständige Vergrößerung aller Teile der Anlagen mit sich. Örtliche Erzeugung und Fernstromversorgung werden einer wirtschaftlichen Betrachtung unterzogen; die Zusammensetzung der Selbstkosten wird in bekannter Weise erläutert. Die Notwendigkeit eines tatsächlichen, wenn auch nicht rechtlichen Monopols auf tunlichst lange Zeit in den Versorgungsgebieten wird betont, die wiederum aus wirtschaftlichen Gründen möglichst ausgedehnt sein sollten.

In den Ausführungen über die Eigenart der Beziehungen zwischen Lieferer und Verbraucher wird auf den hohen Kapitalanteil in den Selbstkosten und auch darauf verwiesen, daß im Gegensatz zu anderen Industrien und Handelsunternehmungen das arbeitende Kapital in der Regel nur in 3 ... 4 Jahren einmal umgeschlagen werden kann. Es wird gezeigt, daß in wirtschaftspolitischer Hinsicht große Verschiedenheiten in den einzelnen Ländern bestehen, die Selbständigkeit und Rechte der Kommunen schon nach den Verfassungen sehr voneinander abweichen und die Lösungen der Aufgabe der staatlichen Beeinflussung der Elektrizitätswirtschaft zwischen völliger Ablehnung behördlicher Einmischung und vollständiger Beherrschung der Elektrizitätsversorgung durch die öffentliche Hand sich bewegen. (Belgien und Großbritannien als Extreme.)

Als Motive der Elektrizitätsgesetzgebung werden solche rechtlicher, wirtschaftlicher, finanzieller und politischer Natur in großer Ausführlichkeit behandelt und als wichtigste Grundlage der Gesetzgebung und ihrer kritischen Betrachtung einzeln einer gründlichen Erörterung hinsichtlich ihrer Berechtigung und Tragweite unterzogen. Diese Kapitel sind hervorragend lesenswert, können aber leider aus Raummangel hier nicht näher behandelt werden[3]. Ich gebe statt dessen nachstehend die Leitsätze wieder, die nach Ansicht Dr. Siegels für eine gute Elektrizitätsgesetzgebung maßgebend sein müssen:

„1. Auf dem Gebiete der Elektrizitätsversorgung ist dem freien Spiel der Kräfte weitester Raum zu gewähren; ihre Zusammenarbeit mit dem Ziele breitester Versorgung und größter Wirtschaftlichkeit ist zu fördern. Die einseitige Bevorzugung von Unternehmungen der öffentlichen Hand, verhüllte oder unverhüllte Maßnahmen zu ihrer Vor- oder Alleinherrschaft sind zu verwerfen.

2. Die Zulassung und Durchführung von Elektrizitätsversorgungsunternehmungen soll auf Grund vertraglicher Vereinbarungen zwischen dem Verfügungsberechtigten und dem Unternehmer erfolgen.

3. Zur Verhinderung von Übergriffen und Mißbräuchen auf beiden Seiten und zur Vereinheitlichung der technischen Ausführung sind Richtlinien mit folgenden Grundsätzen aufzustellen:

a) Für die Erteilung der Konzession darf ausschließlich das Kriterium der Gemeinnützigkeit entscheidend sein.

b) Die Gemeinnützigkeitserklärung muß erfolgen, wenn der Unternehmer Betriebspflicht, Abschlußzwang und Preisbindung innerhalb räumlich, technisch und wirtschaftlich eindeutig festzulegender Grenzen anerkennt und, in Ländern mit genügend ausgebildetem Installateurstand, auf ein Installationsmonopol verzichtet.

c) Die Konzession muß eine ausschließliche sein und das Wege- und Enteignungsrecht mit der Pflicht der Entschädigung und Haftung für den durch den Unternehmer schuldhaft verursachten Schaden enthalten.

4. Falls sich der Verfügungsberechtigte die Eigentumsübernahme vorbehält, so muß dem Unternehmer volle Entschädigung für Sach- und Geschäftswert geleistet werden. Kostenloser Heimfall ist, weil hinderlich für die Entwicklung, abzulehnen.

5. Wenn zur Mitwirkung in allen Fragen öffentlichrechtlicher Natur auf dem Gebiete der Elektrizitätswirtschaft bei der zuständigen Staatsbehörde ein Beirat errichtet wird, so ist mindestens die Hälfte der Mitglieder aus den Kreisen zu entnehmen, denen die unmittelbare Verteilung der elektrischen Arbeit an die Verbraucher obliegt. Der Vorsitz darf keiner Persönlichkeit übertragen werden, die selbst Unternehmerinteressen vertritt. Gegen den Einspruch des Beirates dürfen gesetzliche Maßnahmen nicht getroffen werden.

6. Wirtschaftliche und behördliche Kompetenzen sind bei allen Behörden, die mit Fragen der Elektrizitätsversorgung befaßt werden, streng zu trennen.

[2] Das Werk ist der Zweiten Weltkraftkonferenz als Ehrengabe für die verschiedenen nationalen Delegationen zur Verfügung gestellt worden.

[3] Vgl. hierzu Bericht Dr. Siegels, Nr. 54, sowie stark gekürzt in meinem Generalbericht zu Sektion 25 der Zweiten Weltkraftkonferenz.

Digitized by Google

7. Sicherheitsvorschriften und technische Bedingungen dürfen nur im Einvernehmen mit den zuständigen Fachverbänden und nach bewährten Regeln der Technik erlassen werden. Die polizeiliche Überwachung normaler Inneneinrichtungen ist abzulehnen."

Darauf hinzuweisen, welche dieser Leitsätze deswegen nicht allgemeine Billigung finden werden, weil der privatwirtschaftliche Standpunkt des Verfassers sie zu sehr beeinflußt hat, dürfte dem Urteil der Leser des Werkes überlassen bleiben können.

Der Hauptteil des Werkes, der sämtliche Elektrizitätsgesetze, Verordnungen, einige auch nicht Gesetz gewordene Entwürfe und fachmännische Berichte der Länder, darunter die wichtigsten im Wortlaut, die minder wichtigen in Auszügen enthält, ist so gegliedert, daß den Gesetzen usw. selbst eine kritische Übersicht vorangestellt wird, deren 1. Teil jeweils die allgemeinen Gesichtspunkte der betreffenden Gesetzgebung, einschl. der Unternehmertätigkeit des Staates, ausführlich behandelt, während im 2. Teil der Inhalt der wichtigsten Gesetze erläutert und beurteilt wird. Im 3. Teil wird auf die wichtigsten Bestimmungen nachbarlicher Gesetzesgebiete, vor allem des Wasser- und Enteignungsrechtes z. T. mit wörtlicher Wiedergabe in der Gesetzesübersicht hingewiesen.

Ich mache nochmals darauf aufmerksam, weil es vielleicht nach dem Titel des Buches nicht erwartet wird, aber den Wert des Buches m. E. wesentlich erhöht, daß auch die Gesetze mit aufgenommen sind, welche die Bau- und Unternehmertätigkeit der Landesregierungen betreffen. Für viele Leser sehr wichtig und interessant wird die vollständige Wiedergabe von Mustern von Konzessions- und sogar Stromlieferungsverträgen sein, die besonders in einigen ausländischen Beispielen (Frankreich u. a.) vieles Lehrreiche darbieten und zeigen, wie weit sich einige Staaten wenigstens beratend in die technischen und wirtschaftlichen Aufgaben des Konzessionsgebers eingemischt haben, und gleichzeitig Zeugnis dafür ablegen, welchen Wert manche Länder auf die Mitwirkung hervorragender Sachverständiger bei ihrer Aufsichtstätigkeit legen. Die z. T. außerordentlich gründliche Durcharbeitung der Vertragsmuster bis in die kleinsten Einzelheiten hinein wird vielfach Verwunderung erregen. Diese ihm viel Arbeit verursachende Tätigkeit des Staates halte ich persönlich in technisch noch zurückgebliebenen Ländern für sehr entwicklungsfördernd, weil sie die Einheitlichkeit der Elektrizitätsversorgung begünstigt, die durch die mangelnde Sachkunde der Einzelbehörden erfahrungsgemäß häufig behindert wird. Auf Einzelheiten der Gesetzgebung der einzelnen Länder weiter einzugehen, so interessant es auch wäre, muß ich mir leider versagen und das gründliche Studium des hervorragenden Werkes dem Leser selbst überlassen.

Die ungeheure Arbeit des Verfassers wird von jedem unvoreingenommenen Beurteiler restlos anerkannt werden. Ein Werk über die internationale Elektrizitätsgesetzgebung fehlte bisher m. W. ganz; es ist zu hoffen, daß sich mit der Zeit neue anschließen werden, da die Elektrizitätsgesetzgebung bei dem stetigen Fortschreiten der Technik und dem Wandel der politischen und wirtschaftlichen Einstellung wohl niemals abgeschlossen sein wird.

Dr. Siegel weist auf Grund der von ihm gemachten Erfahrungen mit Recht darauf hin, daß eine solche Sammlung und kritische Behandlung eines umfassenden Gesetzgebungsgebietes die Arbeitskraft eines einzelnen Menschen übersteigt. In der zuständigen Sektion 25 der Zweiten Weltkraftkonferenz ist daher im Anschluß an meinen Generalbericht der Antrag gestellt und einstimmig angenommen worden, daß die Weltkraftkonferenz die beteiligten Länder ersuchen möge, solche Gesetzsammlungen laufend zu veranstalten und ihr zur Kenntnis zu bringen. Hoffentlich wird es auch wirklich durchgeführt werden.

So dankenswert dies auch sein wird, halte ich doch eine notwendige Ergänzung nach der Richtung für unbedingt erforderlich, daß laufend in der Fachpresse über die Bewährung der Gesetze im Sinne einer Förderung der Elektrizitätsversorgung tunlichst objektiv berichtet wird.

Block.

Betriebsüberwachung von Zugbeeinflussungs-Einrichtungen.

Bei der Pittsburg & Lake Erie-Bahn sind 370 km Gleis und 122 Lokomotiven mit induktiver Punktzugbeeinflussung[1] ausgerüstet. Dieser umfangreiche Lokomotivpark erforderte die Ausbildung besonderer Einrichtungen, die zur Prüfung der Lokomotiv-Zugbeeinflussungsausrüstung auf ansprechbereiten Zustand dienen, und mit denen jede Lokomotive täglich vor Inbetriebnahme geprüft wird[2]. Zu der hierzu bestimmten Prüfeinrichtung gehört ein tragbarer Kasten, in dem ein Voltmeter (Meßbereich bis 32 V), die Schalter zur Herstellung der richtigen Polarität und zwei Widerstände R_1 und R_2 angeordnet sind. Diese Widerstände werden durch einen dreistelligen Umschalter in den Stromkreis der mit dem Kasten durch ein Kabel verbundenen, aus Magnetkern und Spule bestehenden Streckengerätes eingeschaltet. Die Speisung dieses „Streckenprüfkreises" erfolgt mit 32 V mittels eines Fassungsanschlußstöpsels aus einer Lampenfassung des Lokomotiv-Beleuchtungsstromkreises.

Zunächst wird die Höhen- und Seitenlage des Lokomotivmagneten nachgeprüft. Es soll 559 ± 25 mm von der Innenkante der benachbarten Schiene und 114 ± 3 mm über SO liegen. Die Höhenlage darf dabei an dem vorderen und dem hinteren Ende nicht mehr als 12,7 mm voneinander abweichen. Nachdem sodann der Lokomotivgenerator eingeschaltet und die Luftbehälter gefüllt sind, wird das Streckengerät unter den Lokomotivmagneten gehängt und ohne Vorschaltwiderstand erregt. Erforderlichenfalls ist hierbei zur Erzielung der richtigen Polarität umzupolen. Die Prüfung der Lokomotiveinrichtung entsprechend der Haltstellung des Streckensignales erfolgt durch Einschalten des Widerstandes R_2 in den Stromkreis des Streckengerätes mit und ohne gleichzeitige Bedienung des Wachsamkeitshebels. Wenn nötig, ist das Lokomotivrelais nachzustellen, da sein Nichtansprechen beim Widerstand R_2 bedeuten würde, daß die Lokomotive bei Überfahren eines Haltbeeinflussungspunktes mit einer Geschwindigkeit unter rd. 20 km/h nicht beeinflußt würde. Ist das Relais richtig eingestellt, daß es bei R_2 anspricht, so entspricht das einer Ansprechbereitschaft bei Halt zeigendem Signal von 2,72 km/h ab. Ferner wird durch Einschalten des Widerstandes R_1 in den Stromkreis des Streckengerätes das Verhalten der Lokomotiveinrichtung für den Fall des Fahrt zeigenden Signales geprüft. Auch hierbei ist erforderlichenfalls das Relais nachzustellen. Die Prüfung, die auch auf die zur Druckluftausrüstung gehörigen Teile ausgedehnt wird, wird von 2 Mann in 20 min erledigt.

Wesentlich umfangreicher sind die Prüfungen, die bei den dreimonatigen Lokomotivuntersuchungen vorgenommen werden. Neben dem für die täglichen Untersuchungen gebrauchten Gerät findet hier ein weiteres Meßgerät Verwendung, das außer einem Voltmeter (Meßbereich 0 ... 75 V) und einem Amperemeter (0,15 ... 7,5 A) eine Reihe von Mehrfachkontakten aufweist, die ähnlich den Telephonkontakten ausgebildet sind. Durch schnurlose Stöpsel werden einzelne der Kontakte getrennt, andere leitend verbunden. Der Anschluß des Meßgerätes an den Stromkreis der Lokomotiv-Signaleinrichtung erfolgt durch ein vieradriges Kabel, das in einem Stecker endigt und mit diesem in eine Steckdose des Gehäuses des Lokomotivrelais eingesetzt wird. Das betriebsmäßig in dieser Steckdose angeschlossene, zum Lokomotivrelais führende vieradrige Kabel wird mittels seines Steckers an eine Steckdose des Meßgerätes angeschlossen. Ferner wird mittels eines zweiadrigen Kabels und Steckers ein Anschluß nach dem Ventilmagneten der Lokomotiveinrichtung hergestellt. Das Meßgerät kann somit angeschlossen werden, ohne daß irgendwelche betriebsmäßig festen Verbindungen außer dem erwähnten Stecker an dem Gehäuse des Lokomotivrelais zu trennen sind.

Nach Anschluß des Meßgerätes werden die einzelnen Teile der Lokomotiveinrichtung, die an die Betriebsstromquelle von 32 V angeschlossen ist, hinsichtlich ihrer Strom- und Spannungsverhältnisse nachgemessen, vor allem die Lokomotivspule und das Lokomotivrelais. Für die Prüfung des letzteren wird auch das für die tägliche Untersuchung dienende kleine Gerät mit herangezogen; insbesondere wird die Lokomotiveinrichtung mit diesem nach Abbau des großen Prüfgerätes auf ihre Ansprechfähigkeit geprüft. Wofern keine schweren Fehler in der Einrichtung vorliegen, ist die Untersuchung von 4 Mann in 4 h erledigt. *Spi.*

[1] ETZ 1927, S. 1551; 1928, S. 1005.
[2] Railw. Electr. Engineer 1930, S. 81 u. 103.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

Die Kraftwerke Brusio AG. — In der Südost-Schweiz hat die Kraftwerke Brusio AG., die heute ihren Sitz in Poschiavo hat, im Laufe der letzten 25 Jahre die Wasserkräfte zwischen dem Berninapaß und der Adda ausgenutzt. Dieser Teil der Schweiz — das Puschlavtal — hat mit Italien sehr viele Berührungspunkte, während es mit der Schweiz nur durch den Berninapaß Verbindung hat. Dementsprechend wurde der Ausbau der Wasserkräfte des Puschlavs (Poschiavino) nur dadurch möglich, daß Italien als Stromabnehmer auftrat, u. zw. war es die Società Lombarda per distribuzione di energia elettrica. Erst als die Technik weiter fortschritt und eine Stromübertragung nach Norden auf größere Entfernung auch bei den dortigen schwierigen Geländeverhältnissen (Überschreitung des Bernina- und Albulapasses, 2300 m) möglich war, trat allmählich ein größerer Stromabsatz in der Schweiz selbst ein, insbesondere auch durch die Elektrisierung der Bernina-Bahn und der Engadin-Linie der Rhätischen Bahn.

Die Kraftwerke Brusio haben in den ersten 25 Jahren ihres Bestehens rd. 2,36 Mrd kWh erzeugt; davon wurden nur 192 Mill kWh in der Schweiz abgesetzt, der Rest mit 91,9 % ging nach Italien. In den letzten Jahren hat allerdings der Stromabsatz in der Schweiz beträchtlich zugenommen; er betrug 1928 — 18,5 Mill kWh, bei einer Erzeugung von rd. 153 Mill kWh, somit etwas mehr als 12 %. Der gesamte exportierte Strom wird auch heute noch von der oben bereits erwähnten Società Lombarda abgenommen, die ihn ihrerseits weiter verkauft. Das Aktienkapital der Gesellschaft beträgt heute insgesamt 7,5 Mill Francs; außerdem hat sie noch Obligationsanleihen aufgenommen von insgesamt 1 Mill F.

Die Kraftwerke Brusio A. G. hat folgende Anlagen errichtet (Zahlentafel 1) und betreibt sie selbst: Palü, Cavaglia, Robbia, Campocologno. Dabei wird der Abfluß der Berninaseen und des Palügletschers ausgenutzt; außerdem dient noch der Puschlaversee zur Vermehrung und zum Ausgleich der Wassermenge (Abb. 1).

Zahlentafel 1. Die Kraftwerke der Brusio AG.

Kraftwerke	max. Bruttogefälle	zwischen den Koten	Einzugsgebiet	ausnutzbare Wassermenge	maschinelle Ausrüstung des Werkes	Bauzeit
	m		km²	m³/s	PS	
Palü	281	2236 und 1955	11,13	4,4	1×14 500 1× 1 200 15 700	1926/28
Cavaglia ...	217,5	1927 und 1709,50	24,84	4,4	1×10 000	1926/28
Robbia	605	1687 und 1082	35,97	2,5	1× 6 400 3× 3 900 1× 150 18 250	1909/11, erweit. 1912 u. 1921
Campocologno	419	950 und 531	196,27	10	2× 4 800 10× 4 000 4× 250 50 600	1904/08, erweit. 1909 u. 1912
(Poschiavino) (Soc. Lombarda)	91	510 und 419	250	—	—	1919/20

Die beiden größten Berninaseen, Bianco und della Scala, sind aufgestaut worden und zu einem See vereint. Die Wasserfassung ist am See della Scala, von dem ein Verbindungsrohr mit 1600 mm Dmr. und ein Zulaufstollen von zusammen 1050 m Länge zum Wasserschloß führt, das bei 30 m Höhe 4 m Dmr. hat. Daran schließt eine Druckrohrleitung von 1350 ... 1050 mm Dmr. und 1285 m Länge an. Das Wasser fließt von der Anlage Palü in das Ausgleichsbecken bzw. in die Druckleitung der darunter liegenden Anlage Cavaglia.

Die Anlage Cavaglia, deren Wasserfassung am Palüsee liegt, besteht aus einer Druckrohrleitung von 1200 ... 1000 mm Dmr. und 1815 m Länge und des Kraftwerkes Cavaglia mit anschließendem Ablaufkanal, durch den das Wasser an den Cavagliasco zurückgegeben wird.

Die dritte Anlage ist Robbia, in der das Wasser ausgenutzt wird, das vom Kraftwerk Cavaglia abfließt. Die Wasserfassung liegt in Puntalto im Cavagliasco; der Zulaufstollen hat eine Länge von 326 m, daran anschließend das Wasserschloß und die Druckrohrleitung mit 850 ... 700 mm Dmr. und 577 m Länge. Der Unterwasserkanal mündet in den Poschiavino.

Die unterste Anlage ist Campocologno, die das aus Robbia abfließende Wasser ausnutzt. Die Wasserfassung liegt bei Meschino. Der Zulaufstollen hat eine Länge von 5250 m; sechs Druckleitungen von 870 ... 790 mm Dmr. und rd. 1100 m Länge führen zum Kraftwerk Campocologno; das Unterwasser mündet in den Poschiavino, knapp oberhalb der schweizerisch-italienischen Grenze. Auf italienischem Gebiet schließt sich noch die Anlage Poschiavino an, die der Società Lombarda gehört und auch von ihr erstellt worden ist. Sie nutzt das Wasser, das vom Kraftwerk Campocologno abfließt, aus bis kurz vor dem Zusammenfluß des Poschiavino mit der Adda.

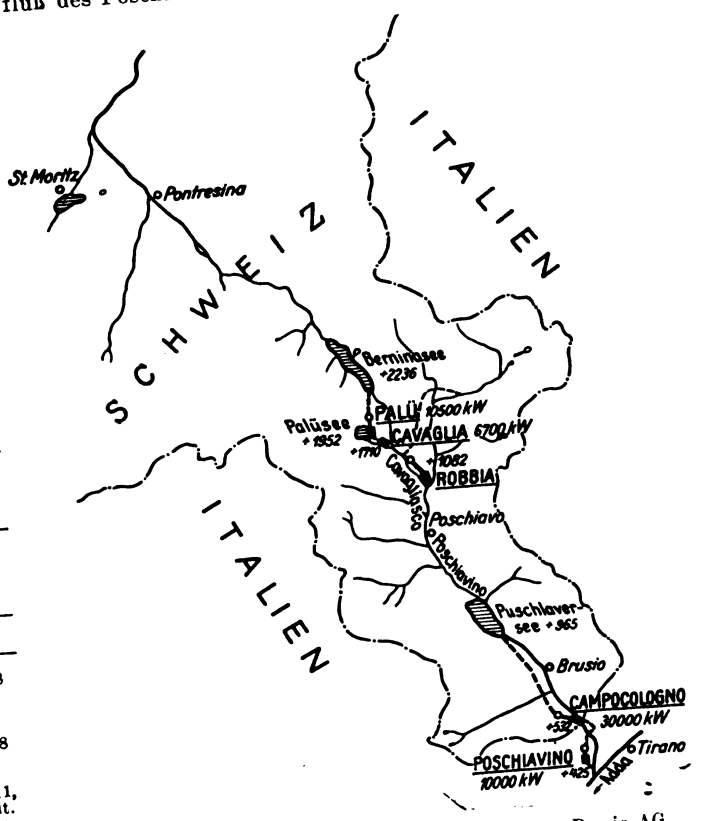


Abb. 1. Übersichtsplan der Anlagen der Kraftwerke Brusio AG.

Die fast vollständige Ausnutzung des Flußgebietes vom Berninapaß bis zur Adda hat für die Schweiz eine sehr große Bedeutung; sie hat wesentlich mit dazu beigetragen, daß dieser südöstliche Zipfel der Schweiz wirtschaftlich gehoben und erschlossen wurde. Auch die Bahnbauten und deren Elektrisierung dürften, zum größten Teil wenigstens, mit der Ausnutzung der Wasserkräfte verknüpft sein. Abgesehen davon hat aber naturgemäß die Ausnutzung dieses Gebietes große wirtschaftliche Vorteile für die gesamte Schweiz, insbesondere durch die Ausfuhr des Stromes. (Festschrift zum 25jährigen Jubiläum der Kraftwerke Brusio AG.) *Wch.*

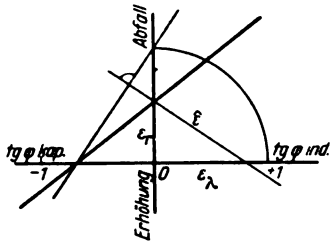
Leitungen.

Diagramm des Spannungsabfalles in einem Netzwiderstand bei Phasenschiebung. — W. Werdenberg gibt eine geometrische Darstellung des Spannungsabfalles einer Wechselstromübertragung an, bei der der Einfluß der Phasenverschiebung berücksichtigt wird. Es wird ein geeignetes Diagramm erläutert (Abb. 2), um bei konstanter Wirkleistung die Spannungsabfälle für verschiedene Lei-

Digitized by Google

stungsfaktoren zu bestimmen. Die Lösung entspricht einer graphischen Darstellung der bekannten Annäherungsformel

$$u = \frac{W}{U}(r + \omega l . \operatorname{tg} \varphi).$$



ε_r Ohmscher Spannungsabfall
ε_λ induktiver Spannungsabfall
$\hat{\varepsilon}$ geometrischer Spannungsabfall
sämtlich bei tg $\varphi = 0$

Abb. 2. Verlauf des Spannungsabfalles in Abhhängigkeit von tg φ.

Die Darstellung kann auch für die Bestimmung des Spannungsabfalles in Transformatoren benutzt werden. Die durch das Diagramm gegebene Darstellungsweise hat nur dann Zweck, wenn man viele Rechnungen für verhältnismäßig wenig variable Leistungskonstanten auszuführen hat. (W. Werdenberg, Bull. SEV Bd. 20, S. 797.)
Bu.

Apparate.

Unvorschriftsmäßige Schmelzsicherungen. — Der Preußische Minister für Handel und Gewerbe richtet an die Regierungspräsidenten und den Polizeipräsidenten von Berlin folgenden Erlaß:

Durch mehrere Berichte bin ich darauf aufmerksam gemacht worden, daß in gewerblichen Anlagen Schmelzsicherungen Verwendung finden, die nicht den Bestimmungen unter § 14 der Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebspannungen unter 1000 V (V.E.S. 1/1930), des Verbandes Deutscher Elektrotechniker E. V., insbesondere nicht den Bestimmungen unter Ziff. d und f a. a. O. entsprechen.

Ich sehe zunächst davon ab, die in Frage kommenden, den Anforderungen nicht genügenden Ausführungen unter Angabe des Herstellers beanntzugeben, da letztere nach den gemachten Feststellungen vermutlich auch auf Grund von Beanstandungen in kurzen zeitlichen Zwischenräumen die Sicherungen in ihrer Ausführung abändern. Infolgedessen kann nicht immer die Gewähr dafür übernommen werden, daß die etwa von mir angegebenen Ausführungsarten auch tatsächlich zur Zeit meiner Bekanntgabe noch hergestellt und vertrieben werden. Um unerwünschte Auswirkungen dahingehender allgemeiner Anweisungen zu vermeiden, muß es daher zunächst dabei sein Bewenden behalten, daß die Gewerbeaufsichtsbeamten den Austausch etwa angetroffener unvorschriftsmäßiger Sicherungen gegen vorschriftsmäßige anordnen, und daß sie insbesondere auch ihr Augenmerk auf Betriebe richten, die sich mit der Herstellung von Sicherungen befassen, und diese Stellen erforderlichenfalls auf die VDE-Vorschriften verweisen. Sofern Unklarheit darüber besteht, ob die Schmelzsicherungen den Vorschriften a. a. O. genügen und auch im Benehmen mit den auf diesem Gebiete tätigen örtlichen Stellen (Dampfkesselüberwachungsvereinen, Elektrizitätswerken und elektrotechnischen Vereinen) die Angelegenheit nicht restlos geklärt werden kann, ist mir unter Beifügung von Skizzen oder von Mustern der fraglichen Stücke zu berichten. Ich werde sodann im Benehmen mit dem Verband Deutscher Elektrotechniker die weiteren Feststellungen treffen und gegebenenfalls entsprechende Anweisung geben. *of*

Beleuchtung.

Südwestdeutsche Lichttechnische Gesellschaft e. V. Karlsruhe. — Die S.L.G., in der neben eigentlichen Lichtfachleuten auch die verschiedensten verwandten Interessenkreise vertreten sind (Elektrizitätswerksvertreter, Tariffachleute, Installateure, Architekten, Kunstgewerbler, Dekorateure, Photographen, Mediziner, Gewerbehygieniker und Ausstellungsfachleute), und zu deren Mitgliedern außerdem auch die einschlägigen Firmen und die Behörden zählen, veranstaltete in der Zeit vom 27. bis 29. VI. d. J. ihren 9. Jahrestag. Die Vortragsveranstaltung wurde durch einen Vortrag von Prof. Dr.-Ing. Kögel, Karlsruhe, über das Thema: „Fortschritte in der Erkenntnis des photochemischen Leuchtens als ideale Lichterzeugung" eingeleitet. Der Vortragende legte in interessanter Weise die Vorgänge des sog. kalten Leuchtens lebender Organismen, wie etwa der Leuchtkäferchen, dar und zeigte, teilweise durch experimentelle Vorführungen unterstützt, den Weg wie man die der Natur abgelauschten Erkenntnisse technisch nachahmen und praktisch nutzbar machen könnte. An den Eröffnungsvortrag schloß sich eine Vortragsreihe zum Thema: „Licht und Beleuchtung in Photographie und Kinematographie an. Dr. H. Lux, Berlin, behandelte den Begriff der Aktinität, d. i. der photochemischen und photographischen Wirksamkeit der verschiedenen Lichtquellen, und legte vor allem die Notwendigkeit der Schaffung von exakten Methoden der Aktinometrie, der Aktinitätsmessung, dar, wofür er konkrete Forderungen ableitete. Dr. O. Reeb, Berlin, schilderte den siegreichen Einzug der elektrischen Glühlampe in die heutige photographische Aufnahme- und Wiedergabetechnik. Die neuzeitlichen Hochleistungs-Glühlampen haben, insbesondere im Tonfilmatelier, die bisher bei Filmaufnahmen fast ausschließlich verwendeten flackernden und zischenden Bogen- und Quecksilberlampen mehr und mehr verdrängt. Durch eine Reihe von Vorführungen der neuen Osram-Projektions-, -Kino- und -Photolampen erhielt man einen unmittelbaren Eindruck von der Leistungsfähigkeit dieser Lampen. Durch ein neues Verfahren wird die Aufnahmebeleuchtung durch einzelne Selektivstrahler von verschiedener Lichtfarbe so zusammengemischt, daß gemäß der Farbenempfindlichkeit der Platte die naturgetreue Hell-Dunkel-Tönung erreicht wird. Als Lichtquellen für die erforderliche selektive Strahlung werden die von der Osramgesellschaft neuerdings ausgebildeten Glühkathoden-Edelgas- oder -Metalldampflampen verwendet. — Ein neues Episkop der Firma Busch AG., Rathenow, stellte Dr.-Ing. Naumann vor. In diesem Apparat wird die bisherige Lichtschwäche durch sinnreiche Hohlspiegelanordnung überwunden. Schließlich berichtete Dr. Graffunder, Frankfurt a. M., über Wesen und Wirkungsweise der Quecksilberdampflampe und ihre mannigfaltige Anwendung in der Medizin, der Photochemie, der kriminalistischen Analyse und schließlich natürlich auch in der Photographie. Er führte die neuesten Quecksilberdampf-Lampen der Hanauer Quarzlampen-Gesellschaft vor, darunter auch die allerneueste Schöpfung, die Wechselstrom-Quecksilberlampen. *of*

Heizung. Öfen.

Elektrische Gebäudeheizung außerhalb der Spitzenzeit. — Durch eine umfassende Versuchsaktion mit selbsttätiger elektrischer Gebäudeheizung in den V. S. Amerika hat sich vor allem ergeben, daß hier für das Elektrizitätswerk ein großer Stromabnehmer außerhalb der Spitzenbelastungen gefunden ist. Ein Haushalt mit etwa 500 ... 1000 kWh Stromverbrauch im Jahr durch Licht und elektrische Geräte, welche während der Hauptbelastungszeit des Werkes angeschlossen werden, kann durch Verwendung einer elektrischen Gebäudeheizungsanlage 30 000 ... 65 000 kWh jährlich verbrauchen.

Die betreffende Heizanlage der Hall Electric Heating Co. of Philadelphia beruht auf dem bekannten Prinzip der Wärmespeicherung. In einem Kessel wird die erforderliche Menge der als Wärmeträger verwendeten Flüssigkeit durch elektrische Heizkörper auf 149 ° erhitzt, u. zw. in den belastungsarmen Zeiten nach billigen Tarifsätzen. Die Flüssigkeit wird dann entweder durch die gewöhnlichen Radiatoren getrieben oder erwärmt wieder Luft, welche durch das Gebäude geleitet wird. Die Stromkontrolle für den Pumpenbetrieb bei der Warmwasserheizung und die Ventilatoren bei der Warmluftheizung erfolgt durch ein verhältnismäßig einfaches Kontrollfeld und den Hausthermostaten; die Apparatur wurde Jahre hindurch genau erprobt.

Die Betriebskosten richten sich nach den Tarifsätzen, zum Vergleich mit anderen Wärmequellen muß man aber auch die ziffernmäßig nicht erfaßbaren Vorteile der elektrischen Beheizungsweise berücksichtigen. Wichtig ist aber auch die Wärmeisolation des Gebäudes, da bei guter Wärmeisolierung die erforderliche Heizung und damit die Kosten geringer werden. Die Anschaffungskosten der Heizanlage sind ebenso bedeutend wie die Betriebskosten. Für eine Wohnung von 620 ... 790 m³ können die Kosten des Hall-Systems mit denen einer Ölfeuerung verglichen werden, eine Gasheizungsanlage ist etwa um die Hälfte, eine gewöhnliche Kohlenheizanlage etwa um ein Drittel teurer als die anderen Systeme. Wenn von vornherein elektrische Heizung vorgesehen wird, kann auch am Bau bereits etwas erspart werden.

Für die Elektrizitätswerke eröffnet diese Art der Heizung ein günstiges Absatzgebiet, die Belastung ist immer außerhalb der Spitzenzeit, der Leistungsfaktor bleibt immer gleich und kann erforderlichenfalls auf ein Zwei- oder Dreiphasensystem aufgeteilt werden, die Kraftwerksein-

Digitized by Google

richtungen werden besser ausgenutzt. Außerdem liegen die Abnehmer bereits im Versorgungsgebiet und innerhalb des Leitungsnetzes des betreffenden Elektrizitätswerkes. Der größere Stromabsatz durch diese Heizanlagen wird die jetzigen Stromausgaben eines Haushaltes von 25 ... 35 $ im Jahr auf etwa 200 ... 1200 $ im Jahr erhöhen. Der Anschluß der Heizanlagen wird zumeist an die bestehenden Einrichtungen vorgenommen werden können, vielleicht wird der Anschlußwert von etwa 30 ... 75 kW die Verstärkung einer Hausleitung oder die Aufstellung eines größeren Transformators erforderlich machen.

Die Belastungsverhältnisse durch eine solche Anlage sind ähnlich jenen beim Anschluß einer kleinen industriellen Anlage oder Mühle, mit einem Leistungsfaktor von 0,60 bis 0,80. Das Vorhandensein von Energie außerhalb der Spitzenzeit und die Verkaufstätigkeit für elektrische Gebäudeheizungsanlagen ergeben eine gute Zusammenarbeit. Es kann angenommen werden, daß 3 ...10 % der Haushaltungen eines Versorgungsgebietes für die Einführung dieser Heizanlagen gewonnen werden können, selbst wenn die Anschaffungskosten etwas höher sind als bei Gas und die Betriebskosten höher als bei Öl und Kohle.

Der Verkauf der für diese Heizanlagen erforderlichen Energie außerhalb der Spitzenzeit mag verschiedene kaufmännische und tarifarische Probleme aufrollen, die aber bei der Verwendung von Abfallenergie für die Beheizung der werkseigenen Gebäude in Wegfall kommen. Die praktische Durchführung ist hier Sache des Ingenieurs, eine genaue Zergliederung der Kosten ab Sammelschiene in Unterwerken oder nach der Verteilung in die kaufmännischen Büros des Werkes wird sicherlich zugunsten der elektrischen Speicherheizung gegenüber anderen Methoden ausfallen. Außerdem wird das Beispiel der Gesellschaft aneifernd wirken. (El. World Bd. 93, S. 1105.) *Ktw.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

Stromwandler für thermische Relais. — Gelegentlich einer Veröffentlichung über ein neues thermisches Überstromrelais zum Schutze von Motoren machte H. E. Cobb interessante Angaben über die Verwendung von Stromwandlern zum Ändern der Charakteristik thermischer Relais. Es handelt sich dabei immer darum, daß der Sekundärstrom nicht proportional dem Primärstrom ansteigt, sondern viel langsamer und dementsprechend auch die mit dem Quadrat des Sekundärstromes zunehmende Erwärmung des Bimetallstreifens. Für Stromstärken von 100 bis 300 A werden Einleiterwandler mit Schenkelkern verwendet, durch die der Primärleiter einmal hindurchgeführt wird. Bei Nennstrom ist dann z. B. das Übersetzungsverhältnis 11,5, beim 6fachen Nennstrom 23. Der Heizkörper wird für diese Stromwandler von 100 ... 300 A primär für 9 ... 30 A Sekundärstrom gewickelt, für Stromstärken über 300 A wird der sog. „Shunt"-Stromwandler benutzt. Die Konstruktion zeigt Abb. 3. Eine Anzahl dünner Blechscheiben wird auf einen Kupferstab geschichtet und durch Isolierbolzen zusammengehalten. Der Belastungstrom geht durch den zentralen Bolzen, und der Magnetisierungstrom ist groß genug, um einen induktiven Spannungsabfall in dem Bolzen hervorzurufen. Das Relais ist parallel zu dem Primärleitungsbolzen angeschlossen. Um die Sättigung an einem bestimmten Punkt der Überlastungskurve zu erhalten, muß man den magnetischen Widerstand für jede Stromstärke anders machen. Zu diesem Zwecke enthalten die Blechscheiben einen radialen Schlitz als Luftspalt. Wenn diese Schlitze in dem ganzen Paket übereinanderliegen, so ist der magnetische Widerstand am größten und der Strom steigt lange Zeit geradlinig an; erst spät setzt die Sättigung ein. Das Umgekehrte ist der Fall, wenn alle Schlitze gleichmäßig am Umfang verteilt sind. Abb. 4 zeigt drei verschiedene Schichtungen der Eisenkerne für 500, 750, 1000 A und die zugehörigen Sättigungskurven. Je größer die Stromstärke, um so niedriger kann man den Kern schichten. In jedem Fall ist das Relais für 10 A sekundären Nennstrom gewickelt, und er erhält immer den 3fachen Strom beim 6fachen Nennstrom. Die Schaltung des Heizkörpers bei Verbindung dieses „Shunt"-Stromwandlers ist in Abb. 5 gezeigt. (A. E. Cobb, The Electric Journ. Bd. 26, S. 56.) *Kth.*

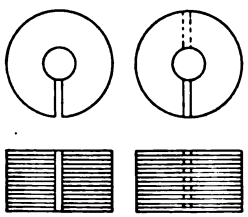


Abb. 3. Schichtung der Bleche bei dem „Shunt"-Stromwandler.

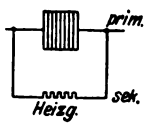


Abb. 5. Schaltung eines thermischen Relais mit einem „Shunt"-Stromwandler.

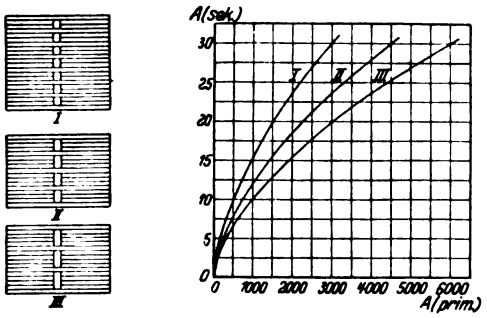


Abb. 4. Drei verschiedene Schichtungen und ihre Eigenschaften.

Hebezeuge und Massenförderungen

Das Ein- und Ausspeichern von Stückgütern. — Um Säcke, Ballen, Kisten maschinell speichern zu können, hat Ing. Doblhoff nach Abb. 6 ein System ausgearbeitet, das in einer Zuckerfabrik zur Ausführung gelangte. Der Speicher ist mit der Bahn bzw. mit dem Schiff durch ein Zubringe-Förderband verbunden, von wo die Güter über eine Rutsche auf das Verteilerband *b* gelangen, welches auf der dem Zubringer-Förderband zugekehrten inneren Längswand des Speichers angeordnet ist. Auf den Kranbahnen c_2 fährt ein Laufkran *d*, in den ein weiteres Förderband *e* eingebaut ist. Auf beiden Seiten der Kranbrücke, parallel zu *e*, läuft je eine Katze *f*, welche mit schwenkbaren und aus- und einziehbaren Auslegerarmen *g* zum Niederlassen der Güter versehen ist. Außerdem sind in die Kranbrücke wie in die Katzen schwenkbare Abstreifer eingebaut; erstere haben das Stückgut von dem Band *b* auf Band *c*, letztere von *e* auf *g* abzuleiten. Die Übergänge zwischen den einzelnen Förderbändern besorgen gerade oder kurvenförmige Rollenförderer h_1 und h_2. Das Gut erreicht in ununterbrochenem selbsttätigem Fluß jeden gewünschten Punkt im Lager. Die Arbeitspiele von Kran und Katzen werden durch einen Bedienungsmann im Führerstand der Katze mittels elektrischer Schaltgeräte ausgelöst. Zum Einlagern der Säcke genügt ein Arbeiter, der nur eine bestimmte Ordnung in die Stapelform zu bringen hat. Das Ausspeichern erfolgt in ähnlicher Weise. Am Kopfende von *b* sind Abstreifer angeordnet, die das Gut auf Rutschen leiten, von wo es in die Eisenbahnwagen gelangt. Zur Schiffsverladung dient die ebenfalls am Ende von *b* eingebaute Wendelrutsche *q* und ein Stahlband *r*, das an der Speicherlängswand angebracht ist. Der wechselnde Wasserstand wird durch einen fahrbaren Konsolkran *s* berücksichtigt, der auch die Verteilung des Ladegutes auf die Schiffslänge vorzunehmen hat. Ein in den Kran *s* eingebauter Abstreifer leitet das Gut vom Band *r* an der jeweils gewünschten Stelle ab und läßt es über den schwenk- und ausziehbaren Schrägförderer *t* in den

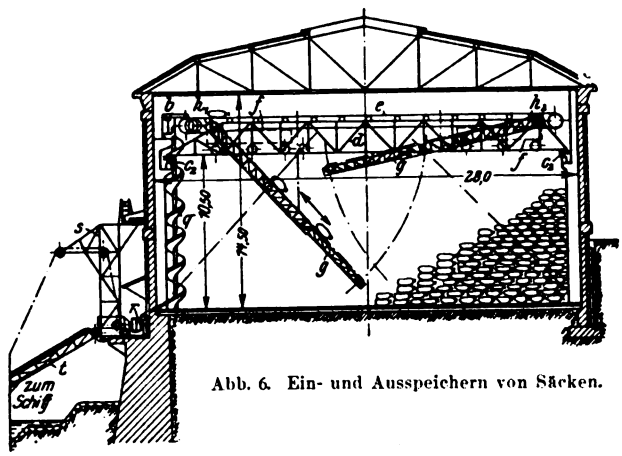


Abb. 6. Ein- und Ausspeichern von Säcken.

Digitized by Google

Schiffsrumpf gelangen. Die Steuerung erfolgt elektrisch von einem Bedienungstand im Konsolkran aus. Die Anlage, die stündlich 500 Säcke zu 100 kg einlagern kann, wurde ausgeführt durch die Spezialmaschinenfabrik für Förderanlagen, Gebr. Commichau, Inh. A. Spahn, Nestomitz a. Elbe. Die Beladung eines Eisenbahnwagens von 10 t mit 100 Säcken dauert 11,5 min. (J. Vacek, Z. VDI Bd. 74, S. 26.) *Ka.*

Fernmeldetechnik.

Das Weltfernsprechnetz in seinen geographischen Bedingtheiten. — Eine Untersuchung über die Abhängigkeit des im Werden begriffenen Weltfernsprechnetzes von den geographischen Verhältnissen setzt die Beantwortung einiger Vorfragen über die allgemeinen Bedingungen eines solchen Netzes voraus. Das Weltfernsprechnetz kann nicht wie andere Weltverkehrsnetze streckenweise durch andere Verkehrsmittel minderer, manchmal vielleicht auch höherer Ordnung (Schiffe, Kraftwagen oder Luftfahrzeuge) ersetzt oder ergänzt werden. Es muß vielmehr in allen seinen Teilen genau aufeinander eingespielt und von gleichmäßiger technischer und betrieblicher Vollkommenheit sein. Unter den Interessenbereichen, aus denen sich der Weltfernverkehr zusammensetzt, steht die Wirtschaft voran, u. zw. hauptsächlich Außenhandel und Geldverkehr. Diesen Bedürfnissen hat der Weltfernsprechverkehr in erster Linie nachzugehen, ohne allerdings die anderen wichtigen Interessen zu vernachlässigen.

Als Elemente, aus denen sich das Weltfernsprechnetz zusammensetzt oder zusammensetzen läßt, sind die Verbindungen von Kontinent zu Kontinent so zu wählen, wie sie technisch und wirtschaftlich am günstigsten angelegt werden und ein bestimmtes Länderbereich am vorteilhaftesten versorgen können. Für die Lage der Betriebspunkte ist bestimmend, daß ein der Leistung der Hauptverbindungslinien angepaßter Sprechstellenbereich auf die günstigste Weise Anschluß findet. Reicht die Aufnahmefähigkeit dieser Linie nicht mehr aus, so müssen neue Wege geschaffen und die Anschlußbereiche neu aufgeteilt werden. Für alle Arten der Hauptverbindungen, transkontinentale Drahtleitungen, transozeanische Kabel oder Funklinien, sind hierbei die gleichen Regeln maßgebend. Jede Hauptverbindung versorgt unabhängig von Landesgrenzen den ihrer Aufnahmefähigkeit entsprechenden Anschlußbereich. Zu berücksichtigen ist auch der Einfluß der Zeitunterschiede. Zwischen Europa, Afrika und Vorderasien einschließlich Britisch-Indien kann man mit etwa 6 regelmäßigen Verkehrstunden rechnen, zwischen England und Japan sowie zwischen England und Australien mit etwa 3 h, zwischen Europa und den V. S. Amerika mit 7 h, zwischen Kalifornien und Japan mit 5 h, zwischen New York und Tokio mit 2 h.

Hiernach ergibt die Betrachtung der geographischen Verhältnisse folgendes. Die Zahl der Fernsprechanschlüsse in den einzelnen Erdteilen betrug nach der letzten darüber veröffentlichten Statistik am 1. I. 1928:

Europa	8 623 000
Asien	1 042 090
Afrika	203 000
Nordamerika	19 980 000
Südamerika	464 000
Australasien	678 000
zusammen	30 990 000

Ein Vergleich dieser Zahlen mit der Karte zeigt, daß es nur zwei große zusammenhängende Fernsprechgebiete, sozusagen „Fernsprechmassive", gibt: das europäische und das nordamerikanische. Der Ausbreitung des europäischen Fernsprechnetzes in der Richtung nach Asien und Afrika unter Verwendung von Kabeln und Freileitungen stehen keine technischen Hindernisse entgegen. Wenn ernstere politische Wirren erspart bleiben, kann man wohl damit rechnen, daß im Laufe des nächsten Jahrfünftes das russische Netz Sibirien in sich einbezogen haben wird und nach China hinübergreift. Die vorderasiatischen Länder bis nach Vorderindien, Ägypten, die Kolonialgebiete an der Nord- und Westküste Afrikas werden bis dahin dem europäischen Fernsprechnetz angegliedert sein und am großen Weltfernsprechverkehr teilnehmen. Für manche Verbindungen wird der Funksprechverkehr im Kurzwellenbetrieb als Vorläufer des Drahtverkehrs einspringen müssen, beispielsweise für den Sprechverkehr von England nach Vorderindien.

Beide Fernsprechmassive, das europäische und das nordamerikanische, müssen durch besonders betriebsichere und aufnahmefähige Linien miteinander in Verbindung stehen, die auch den Verkehr der an Europa angeschlossenen asiatischen und afrikanischen Gebiete mit ganz Nord- und Mittelamerika aufnehmen können. Die bestehende Funkverbindung England—V. S. Amerika wird daher bald durch eine leistungsfähige Kabelverbindung ergänzt werden müssen. Auch für die südamerikanischen Länder ist eine unmittelbare Fernsprechverbindung mit der alten Welt ein Bedürfnis. Neben den vorhandenen Funksprechverbindungen von Buenos Aires nach Berlin, Paris und Madrid, zu denen bald neue hinzutreten werden, erscheint auch hier eine Kabelverbindung erstrebenswert.

Die z. Z. sonst noch für den Anschluß an den Weltverkehr in Betracht kommenden Fernsprechgebiete Japan, Australien und Südafrika werden zunächst auf Funkwege angewiesen sein. Als Hauptfunklinien werden für Japan Tokio—London und Tokio—San Franzisko in Frage kommen, für Australien Sydney—London, für Südafrika Kapstadt—London. Als zweiter Betriebsendpunkt in Europa käme u. U. Berlin in Betracht. Niederländisch-Indien steht durch eine im Januar 1929 eröffnete Funksprechlinie von Bandoeng auf Java nach Amsterdam mit dem Mutterland in Verbindung, Britisch-Indien wird voraussichtlich im Jahre 1930 eine Funksprechverbindung London—Kalkutta erhalten. Auch nach anderen Kolonialgebieten, Einflußzonen usw. ist in nicht ferner Zeit die Aufnahme des Fernsprechverkehrs auf dem Funkwege von den Mutterländern aus zu erwarten. Schließlich wird der Weltfernsprechverkehr binnen kurzem auch bewegliche Stationen, insbesondere fahrende Schiffe, in seinen Bereich aufnehmen. (P. Craemer, Europ. Fernspr. 1930, H. 15, S. 3.) *Bkn.*

Detektorwirkung an Metallkontakten. — H. Pélabon berichtet über Versuche an nach Aufbau und Widerstandscharakteristik symmetrischen Kontakten, die trotzdem gleichrichtend wirken. Er benutzt zwei Stahlzylinder, die mit ihren polierten Stirnflächen aufeinander ruhen; zwischen die Flächen werden einige Körnchen Bärlapp gebracht, um einen gewissen, sehr geringen Abstand aufrechtzuerhalten. Der untere Stahlzylinder ist auf einem harten Isolator fest gelagert. Wird Gleichspannung an die Anordnung gelegt, so ist der übergehende Strom stark schwankend und besonders gegen in der Umgebung auftretende elektromagnetische Störungen sehr empfindlich. Derartige öfters wiederholte gleichsinnige Störungen führen zu einer Art Ermüdungszustand des Kontaktes; der Strom bleibt nun konstant und der Widerstand des Kontaktes ist auch bei Stromrichtungswechsel der gleiche. Trotzdem erweist sich der Kontakt beim Anlegen einer Wechselspannung als gleichrichtend, u. zw. fließt der Strom vom unteren zum oberen Zylinder. Wird die Anordnung danach wieder mit Gleichspannung geprüft, so wird der Widerstand wieder in beiden Richtungen gleich gefunden. Weitere Versuche zeigten, daß der Gleichrichtereffekt nur auftritt, wenn einer der Kontakte fest, der andere (hier der obere) leicht beweglich ist. Vermutlich tritt eine Bewegung infolge der bei Wechselspannung ja auch periodisch sich ändernden elektrostatischen Anziehung zwischen den Kontaktflächen ein. (H. Pélabon, Compt. rend. Bd. 188, S. 182. — Ref.: Rev. Gén. de l'El. Bd. 25, S. 686.) *Wi.*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

Der elektrische Durchschlag von Luft zwischen konzentrischen Zylindern. — In Fortführung der Untersuchungen von Erwin Marx[1] am System Spitze—Platte untersucht E. Uhlmann den Polaritätseffekt in Luft bei weiteren unsymmetrischen Anordnungen, in erster Linie bei konzentrischen Zylindern. Die Durchschlagspannungen bei dieser Anordnung zeigen eine scharfe Grenze bei einem Radienverhältnis $R/r = 10$. Für $R/r < 10$ fallen die Durchschlagspannungen mit den Anfangsspannungen fast zusammen, zeigen aber trotzdem einen Polaritätseffekt. Dieser ist entgegengesetzt dem bei Spitze—Platte; bei positivem Innenzylinder liegt der Durchschlag höher als bei negativem. Für $R/r > 10$ weichen Durchschlag- und Anfangspannung stark voneinander ab. Positiver Innenzylinder und Wechselspannung liefern im Gebiet $R/r = 10 \ldots 25$ zwei Durchschlagwerte, einen oberen und einen unteren. Der untere liegt in der Nähe der Anfangspannung, der obere Durchschlag erfolgt aus der Glimmentladung; für $R/r > 25$ kommen nur obere Werte vor. Bei negativem Innenzylinder erfolgt der Durchschlag für $R/r > 10$ immer aus der Glimmentladung, u. zw. liegt negativer Innenzylinder höher als positiver. (Polaritätseffekt wie bei Spitze—Platte.) Durchschlagspannung und Polaritätseffekt steigen mit fallendem Innenradius, also mit wachsender Unsymmetrie. — An Versuchen in weiteren unsymmetrischen Feldern (30° Spitze—Platte,

[1] Erwin Marx, Arch. El. Bd. 20, S. 589 (1928).

Digitized by Google

kugelig abgerundeter Zylinder—Platte; Draht—Platte) kann gezeigt werden, daß die Durchschlagspannung hauptsächlich von der Form der positiven Elektrode abhängt, während der Einfluß der negativen sehr gering ist.

Es wird weiter eine Methode angegeben, die auf Grund einiger Voraussetzungen die angenäherte Berechnung des Feldes konzentrischer Zylinder gestattet, das sich unter dem Einfluß freier Ladungen im Felde (Raumladung) ausbildet. Zur Auswertung der gewonnenen Beziehungen werden für das Gebiet $R/r > 10$ Strom-Spannungs-Kurven für beide Polaritäten aufgenommen. Die damit errechnete Feldverteilung zeigt:

1. Das Raumladungsfeld gleicht das elektrostatische Feld aus, und setzt damit die Durchschlagspannungen herauf.

2. Die Feldverteilung erreicht ein Optimum, in dessen Nähe der Durchschlag erfolgt. Dieser Punkt wird bei negativem Innenzylinder bei höherer Spannung erreicht als bei positivem.

3. Mit kleiner werdendem Innenzylinder nimmt dieser Unterschied zu; der Polaritätseffekt steigt also mit wachsender Unsymmetrie.

Die aufgestellten Beziehungen geben ferner noch eine Übersicht über Raumladung, Raumladungsdichte, Laufzeit eines Ions, Energie und Kapazitätsverlauf bei glimmender Zylinderanordnung in Abhängigkeit von der Spannung. (E. Uhlmann, Arch. El. Bd. 23, H. 3, S. 323.)

Eisenverluste bei hohen Frequenzen. — Über die Eisenverluste bei hohen Frequenzen finden sich in der Literatur widersprechende Angaben. Martin hat durch systematische Versuche diese Verhältnisse geklärt. Nach seiner Feststellung nehmen die Eisenverluste mit zunehmender Frequenz zunächst zu, um dann ein Maximum zu erreichen und langsam wieder abzufallen. Er erklärt den Abfall durch die Schirmwirkung der an der Oberfläche des Eisens sich bildenden Wirbelströme. Dieser Anschauung entspricht es auch, daß das Maximum für fein unterteiltes Eisen bei erheblich höheren Frequenzen liegt als für weniger fein unterteiltes Eisen. Die von Martin entwickelte Untersuchungsmethode benutzt das Prinzip des Zusatzwiderstandes zur Ermittlung der durch das Eisen hervorgerufenen zusätzlichen Dämpfung eines Schwingungskreises. Die Messungen erstreckten sich über ein Gebiet von 500 ... 1000 kHz. (I. R. Martin, Phys. Rev. Bd. 33 [2. Serie], S. 621.) *Lgw.*

Zur Theorie der Gasentladungen. — P. M. Morse zeigt, daß sich die Gasentladungen allgemein mit drei Gleichungen behandeln lassen, deren angenäherte Lösungen für einzelne Entladungsteile und verschiedene Entladungsformen von ihm bestimmt werden. Die erste dieser Gleichungen ist die von Poisson, die beiden anderen drücken das Gleichgewicht zwischen der in der Sekunde entstehenden und der durch Rekombination, Diffusion und Fortführung durch das Feld verschwindenden Ionenzahl aus. Bestimmt werden Feldstärke E und die Elektronen- und Ionenkonzentrationen n_1 und n_2 an einer bestimmten Stelle des Entladungsraums. Die Lösung für großes E entspricht den Bedingungen im Kathoden- und Anodenfallraum einer Glimmentladung. Der Verfasser gewinnt Gleichungen für den Kathodenfall V, für j/p^2 und $p\,d$ (j Stromdichte, p Druck, d Fallraumdicke). Er findet, daß für V und j/p^2 Minima, für $p\,d$ ein Maximum besteht, jenseits deren die Entladung aufhört, daß diese konstanten Werte nur vom Gas und Kathodenmaterial abhängen und den Verhältnissen bei normalem Kathodenfall entsprechen. Die Berechnung der Grenzwertverhältnisse geschieht mit Hilfe experimentell bestimmter Werte des normalen Kathodenfalles V; die berechneten Werte stimmen mit gemessenen gut überein, was für 4 Kathodenmetalle und 4 Füllgase nachgewiesen wird. Die Anwendung der Gleichungen auf den anodischen Fallraum zeigt, daß dort ein konstanter Spannungswert nicht erwartet werden kann.

Nach einer kurzen Behandlung der Bogenentladung werden die Gleichungen für konstantes E auf die positive Säule der Glimmentladung angewandt. Dabei ergibt sich eine schöne Erklärung der Schichtungen, denn in gewissen Druck-Stromdichte-Bereichen sind sinusförmige Änderungen der Feldstärke um einen mittleren Wert möglich. Auch hier zeigt ein Vergleich mit den empirisch bekannten Gesetzen, daß die Gleichungen die Verhältnisse richtig darstellen. Schließlich wird noch der Faradaysche Dunkelraum untersucht und berechnete Kurven für E, n_1 und n_2 dem äußeren Bild der Glimmentladung gegenübergestellt. (P. M. Morse, Phys. Rev. Bd. 31 [2. Serie], S. 1003.) *nkl*

Hochspannungstechnik.

Untersuchung des Hochspannungs-Überschlags. — Im Ryan-Hochspannungslaboratorium der Stanford-Universität[1] hat J. T. Lusignan eine Reihe von Untersuchungen an Hochspannungsentladungen in Luft durchgeführt, um einen Beitrag zur Erklärung ihrer Entwicklung zu liefern. Die Beobachtungen wurden an verschiedenartigen Funkenstrecken, deren einer Pol im allgemeinen an Erde lag, mit Spannungen in der Größenordnung 1000 kV gegen Erde vorgenommen; der Entladungstrom und die Spannung der einen Elektrode gegen Erde wurden oszillographisch aufgezeichnet. Den Entladungstrom einer auf 6 m eingestellten Spitzenfunkenstrecke zeigt Abb. 7; die Spannung lag wenig über der Koronaspannung. Die Ungleichheit der positiven und negativen Halbwellen ist für den Koronastrom charakteristisch. Die feinen Spitzen in der Kurve gehören zu höherentwickelten Vorentladungen und treten nur in den positiven Halbwellen auf; in den negativen erscheinen sie gewöhnlich nur einmal kurz vor dem Überschlag.

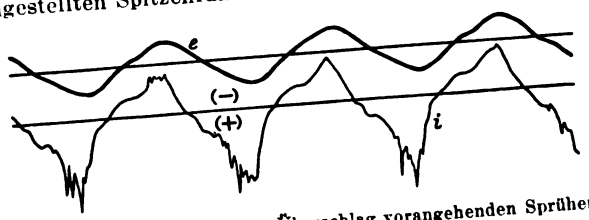


Abb. 7. Oszillogramm des dem Überschlag vorangehenden Sprühens.

Eine längere Versuchsreihe sollte über die bevorzugte Polarität beim Überschlag Klarheit geben. Bei etwa 50 Versuchen mit der Anordnung Spitze gegen geerdete Platte und 1,5 ... 3 m Abstand erfolgte der Überschlag stets bei positiver Polarität der Spitze. Rd. 50 Versuche an einer 50 cm-Kugelfunkenstrecke mit 50 cm Öffnung ergaben den Überschlag immer bei negativem Potential der nichtgeerdeten oberen Kugel. Wurde die Schlagweite auf 69 cm erhöht, so war die Polarität des Überschlags wechselnd, lag allerdings, im Gegensatz zu vorher, zweimal so oft bei positiver als bei negativer oberer Kugel. Zur Festlegung eines festen Verhältnisses genügte die Zahl der Versuche (40) nicht. Wurde nun bei wieder 50 cm Abstand auf die obere Kugel eine kurze Spitze aufgesetzt, so erfolgte der Überschlag in der positiven Halbwelle. Es scheint also bei ungleichmäßiger Feldverteilung (Spitzen, Kugeln mit größerem Abstand) der Überschlag an der nichtgeerdeten positiven Elektrode zu beginnen, bei gleichförmigem Feld (Kugeln mit kleinem Abstand) an der nichtgeerdeten negativen Elektrode. Bei Versuchen an 10 ... 14gliedrigen Hängeketten mit Schirmung erfolgten praktisch alle Überschläge (gegen Erde) bei positivem Potential des Leiters. — Die Gründe für die vorbeschriebene Polaritätswahl sucht der Verfasser in der Verschiedenheit der Beweglichkeiten von Elektronen und Ionen und der Feldbildung, ohne indessen näher darauf einzugehen.

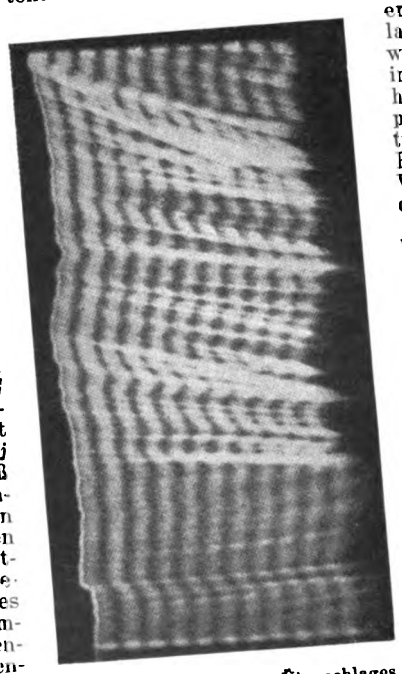


Abb. 8. Aufnahme eines Überschlages auf bewegtem Film. Schlagweite 275 cm; Spitze gegen Erde.

Mittels einer Kamera mit Quarzoptik und rotierender Filmtrommel wurden Aufnahmen der Entladungen gemacht. Abb. 8 zeigt ein Beispiel, aus dem gleichzeitig Aufschlüsse über das Nachleuchten der Funkenbahn zu ge-

[1] Kurze Beschreibung dieses Laboratoriums, das inzwischen noch erweitert wurde, in ETZ 1927, S. 1273.

Digitized by Google

winnen sind. Dieses Nachleuchten hat die Platte nur an den Stellen wirksam beeinflussen können, wo die Funkenbahn Knickungen etwa in Richtung der optischen Achse der Kamera aufweist, in Sehrichtung also ein größeres leuchtendes Volumen vorhanden ist. Die diese Knickstellen kennzeichnenden hellen waagerechten Streifen in Abb. 8 dauern z. T. bis 3 Perioden nach Aufhören des Überschlags. Auch die dem Überschlag vorangehenden Entladungen (Büschel, Stielbüschel usw.) wurden photographiert. Sie erscheinen bei etwa 3 m Schlagweite nur an der jeweils positiven Elektrode (Spitze → Spitze, beide isoliert), bei rd. 6,7 m in jeder Halbwelle. Das Aussehen der Entladungen ist das von den Arbeiten Toeplers her bekannte. Mittels Stroboskops wurden die einzelnen Stadien auch noch durch Augenschein geprüft. Das Bild der Vorentladungen bei 1 Mill V gegen Erde zeigt Abb. 9. Der Verfasser nimmt an, daß die in Abb. 7 sichtbaren Spitzen in der positiven Stromhalbwelle zur Speisung der baumartigen Verästelungen der positiven Entladung dienen. Der glatte Teil der negativen Halbwellen entspricht dem Glimmen an der negativen Elektrode, die einzeln auftretende Spitze der negativen Halbwellen dem hellweißen Stielbüschel.

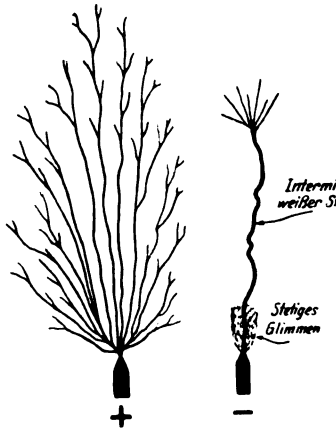


Abb. 9. Sprühentladung bei 1000 kV gegen Erde (Büschel).

Bei zusätzlicher Elektrodenkapazität wurde die Entstehung des Bogens aus einer sich steigernden Folge von Funken photographisch verfolgt. Der Bogen wird dann in jeder Halbwelle durch einen Überschlag eingeleitet, der zusehends lichtschwächer wird, je mehr der Bogen sich einbrennt. Die zusätzliche Kapazität scheint die Überschlagspannung ein wenig herabzusetzen insofern, als sie die Vorentladungen verstärkt. An einer Kugelfunkenstrecke mit geringer Schlagweite ließ sich das nicht beobachten, es wurden lediglich die ersten Überschläge kräftiger. Diese ersten Überschläge sind offenbar hochfrequenter Natur.

Schließlich wurde die kräftige Entladung der ersten Halbwelle spektrographisch untersucht (3 m Schlagweite). Es zeigte sich das Funkenspektrum der Luft, ganz ähnlich dem des Blitzes. Bereits in der ersten Halbwelle ließen sich an den Elektroden Metalldampflinien feststellen; innerhalb der ersten beiden Perioden gelangte der Metalldampf 20 ... 25 cm weit in den Entladungsraum hinein. Die Vorentladungen zeigten für beide Polaritäten das Bandenspektrum des Stickstoffs; Sauerstoff und Metall spielen keine Rolle. Ob der glänzend weiße negative Stiel auch Funkenlinien zeigt, ließ sich nicht feststellen.

Im Schlußwort setzt der Verfasser auseinander, wie er sich das Zustandekommen des Überschlags erklärt. Die Vorentladungen beider Elektroden nähern sich, und über diese Brücke entlädt sich die mit der Funkenstrecke verbundene Kapazität in einem Anfangsfunken. Ist nun die anliegende Spannung zu niedrig, so genügt die elektrostatische Energie der Anordnung nicht, um thermische Emission zu veranlassen, die Entladung hört wieder auf. Andernfalls dauert die Entladung als Bogen trotz abfallender Spannung länger an und wird von der folgenden Halbwelle durch einen neuen Durchbruch wieder gezündet. Vermutlich spielt bei Beginn jeder Halbwelle auch Stoßionisation eine Rolle; in einem voll entwickelten Hochstrombogen ist ja allerdings nur eine geringe Anfangspannung zur Neuzündung erforderlich. (J. T. Lusignan jr., J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 47, S. 859.) *Wi.*

Verschiedenes.

Die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt (PTR) im Jahre 1929[1]. — Von den im Jahre 1929 in der PTR ausgeführten Arbeiten sollen hier im wesentlichen diejenigen der Abteilung II (Elektrizität) besprochen werden, soweit sie nicht bereits eingehender in dieser Zeitschrift referiert wurden. Ein großer Teil der Arbeit war wieder der Durchführung der Prüfungsanträge gewidmet, die im Berichtsjahre eine wesentliche Zunahme aufwiesen. Die PTR hatte auch die Vorbereitung der am 6. und 7. XI. 1929 nach Berlin einberufenen Sitzung der Internationalen Meßinstrumente-Kommission, in der u. a. die 1927 begonnene Bearbeitung von internationalen Vorschriften für Elektrizitätszähler zu einem wesentlichen Teil zum Abschluß gebracht wurde. Internationale Vergleichungen der Widerstands- und Spannungseinheit konnten nur gelegentlich bei Reisen wissenschaftlicher Beamter ausgeführt werden; die Ergebnisse, die Abweichungen von einigen Hunderttausendsteln zeigen, sind daher, besonders bei den Normalelementen, mit einer nicht unerheblichen Unsicherheit behaftet. Zur Vorbereitung der internationalen Normalisierung des Aluminiums für Freileitungszwecke wurden 1115 Drähte, die aus der Fabrikation des Lautawerks stammend, in fünf verschiedenen Walzwerken zu Draht verarbeitet worden waren, gemessen. Sie ergaben einen mittleren spezifischen Widerstand von 0,028 45 bei einer Festigkeit von 18 bis 23 kg/mm²; dieser Wert wurde von der Konferenz der IEC zur internationalen Annahme empfohlen. Der Beschluß, in absehbarer Zeit von den internationalen elektrischen Einheiten zu den absoluten überzugehen, soll derart verwirklicht werden, daß außer der bereits durchgeführten Bestimmung des absoluten Ohms noch eine absolute Strommessung mittels der Stromwaage in der Form des Bureau of Standards ausgeführt wird. Internationale Frequenzvergleichungen wurden an einem leuchtenden transversal schwingenden Quarzresonator der PTR ausgeführt; das Ergebnis stimmt innerhalb der Meßgenauigkeit von $1 \cdot 10^{-5}$ an den drei beteiligten Anstalten überein. Die Aufstellung der neuen Frequenzskala für elektrische Schwingungen führte zu umfangreichen Arbeiten über transversal und longitudinal schwingende Quarzresonatoren; die Resonatoren erwiesen sich innerhalb der Meßgenauigkeit von $5 \cdot 10^{-6}$ als konstant. Dagegen zeigte die Frequenz des Stimmgabelsenders eine Vergrößerung um etwa $1{,}6 \cdot 10^{-6}$ in der Woche; die Ursache ist vermutlich in Umlagerungen im Material der Stimmgabel zu suchen. Zur Verschärfung der Frequenzmessung für Mittelfrequenzen wurde ein neuer Frequenzmesser aus einem Satz von Spulen und Luftkondensatoren hergestellt, bei dem großer Wert auf eine möglichst weitgehende Herabsetzung des Widerstandes gelegt wurde, um schärfere Resonanz zu erzielen. Die größte Spule hat bei einer Selbstinduktion von 0,1 H nur einen Widerstand von 3,7 Ω. Für genauere Messungen von kleinen Kapazitäten wurden zwei variable Kondensatoren neu hergestellt, von denen der eine (10 bis 30 μμF) ein Drehplattenkondensator ist, während bei dem anderen (5 ... 50 μμF) die Kapazitätsveränderung durch Parallelverschiebung zweier Kreisplatten mit einer Mikrometerschraube bewirkt wird. Auch wurden drei Normalluftkondensatoren von je 0,1 μF neu hergestellt. Für sehr große Kapazitäten, wie sie zur Phasenverbesserung von Wechselstromnetzen sowie zur Störbefreiung in Rundfunkanlagen dienen, führt das bisher übliche wattmetrische Meßverfahren bei kleinen Leistungsfaktoren zu Schwierigkeiten. Die Scheringsche Brückenmethode (Abb. 10) läßt sich auch zur Messung solcher großen Kapazitäten verwenden. Allerdings wird der Nebenschluß R_n sehr klein, und es ist besonders darauf zu achten, daß die Verbindungsleitungen von A und E mit den Spannungsklemmen von R_n möglichst widerstandsfrei sind und daß R_n einschließlich seiner Zuleitungen eine möglichst geringe Selbstinduktion besitzt. Die Maxwellsche Brückenschaltung (Abb. 11) hat den Vorteil, extrem kleine Widerstandswerte zu vermeiden. Der zu untersuchende Kondensator sei durch die verlustfreie Kapazität C mit Vorschaltwiderstand r ersetzt. Ist $R_2 \sim$ die Wechselstromeinstellung des Widerstandes R_2 bei 50 Hz unter Verwendung eines Vibrationsgalvanometers, $R_2 =$ die Gleichstromeinstellung unter Verwendung eines Drehspulinstruments, so berechnet sich für die Meßfrequenz

$$\operatorname{tg}\delta = \frac{R_1 R_4}{\omega L}\left(\frac{1}{R_2 =} - \frac{1}{R_2 \sim}\right) C = \frac{L(1+\operatorname{tg}^2\delta)}{R_1 R_4}.$$

Beide Methoden zeigten gute Übereinstimmung, so daß die Reichsanstalt jetzt Prüfungen bis zu etwa 10 000 μF ausführen kann. Ein untersuchter Phasenschieber für Wechselstrom zeigte bei einer Kapazität $C = 440\,\mu F$ einen normalen Verlustwinkel $\operatorname{tg}\delta = 6{,}5 \cdot 10^{-3}$; dagegen zeigten zwei Trockenelektrolytkondensatoren für Netzanschlußgeräte (6900 μF und 5700 μF) so hohe Verluste ($\operatorname{tg}\delta = 0{,}9_1$ und $0{,}6_0$), daß sie fast als Widerstände bezeichnet werden kön-

[1] Der Bericht über das Jahr 1928 erschien in der ETZ 1929, S. 1276.

Digitized by Google

nen. Die Methode zur Registrierung von Kapazitätsänderungen wurde zur Untersuchung der Magnetostriktion und der Durchbiegung des Drehstahls einer arbeitenden Bank angewandt. Die Dosismessereichungen wurden auf weichere Strahlung ausgedehnt; die benutzte Ionisationskammer lehnt sich an die Küstnersche Kurzkammer an, besteht aber aus möglichst reiner Kohle. Die Untersuchung von Kabelisolierölen läßt sich auch bei tieferen Temperaturen mit Gleichspannung durchführen, wenn man Galvanometer großer Empfindlichkeit und kleiner Trägheit verwendet. Als geeignet erwies sich das statische Röhrenvoltmeter in Verbindung mit einem hochohmigen Widerstand ($10^9\ \Omega$). Die Berechnung des Verlustfaktors nach K. W. Wagner ergibt gute Übereinstimmung mit der Wechselstrommessung. Die Untersuchung von Preßbernstein ergab kleinen und in dem praktisch in Betracht kommenden Bereich temperaturunabhängigen Verlustfaktor ($0{,}8 \cdot 10^{-3}$). Die Durchschlagspannung erreichte rechte hohe Werte (59 kVeff bei einer Dicke von 0,76 mm). Beim Schmiervorgang kommen im Bereich der Teilschmierung bzw. der Grenzschmierung außer der Zähigkeit noch andere Eigenschaften des Öls und des Lagermetalls zur Wirkung. Ein neues Verfahren zur Messung der Schmierfähigkeit wurde mit Hilfe des Orientierungseffektes gefunden. Der anisotrope Charakter der Ölgrenzschichten macht sich in der Abhängigkeit der elektrischen Leitfähigkeit von der Stromrichtung bemerkbar, die nach Abb. 12 durch die

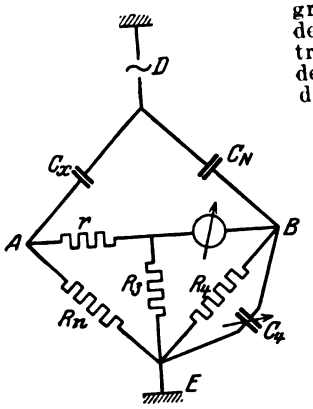


Abb. 10. Scheringsche Brücke.

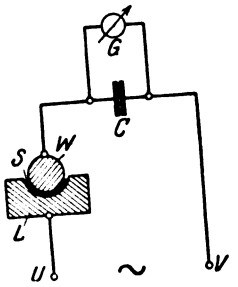


Abb. 12. Orientierungseffekt.

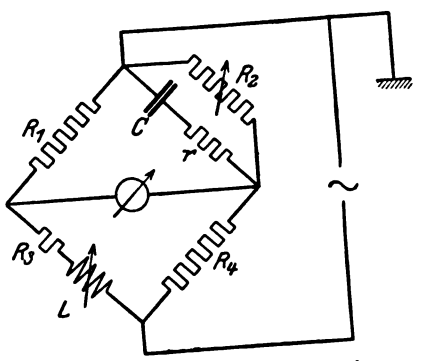


Abb. 11. Maxwellsche Brückenschaltung.

Gleichrichterwirkung beim Durchgang eines Wechselstroms durch das Lager gemessen werden kann. Zur Messung rasch veränderlicher Drucke (Deformationsspannungen bei dynamischer Beanspruchung von Konstruktionsteilen, Massenkräfte bei Beschleunigungsvorgängen, Schnittdrucke bei Werkzeugmaschinen, Gasdrucke bei rasch laufenden Verbrennungsmaschinen) wurde ein neues Verfahren entwickelt, bei dem der zu messende Druck auf einen piezoelektrischen Quarz übertragen wird. Auf dem Quarz entstehen unter dem Druck proportionale Ladungen, die einem statischen Röhrenvoltmeter zugeführt und dort in Stromänderungen umgesetzt werden, die ein Oszillograph aufzeichnet. Abb. 13 zeigt die Schaltung des Röhrenvoltmeters. Die größte Empfindlichkeit beträgt etwa 2 mA/kg; durch Zuschalten eines Drehkondensators C kann der Meßbereich bequem bis auf 100 kg erweitert werden. Die stroboskopische Prüfung von Drehzahlmessern erfolgte bisher mit einer Genauigkeit von 1‰, wobei die Glimmlampe von einem mit einer Stimmgabel eingestellten Wechselstromgenerator gespeist wurde. Zur Erhöhung der Genauigkeit wurde die Glimmlampe parallel zum Unterbrecher einer elektromagnetisch angetriebenen Stimmgabel geschaltet, wodurch die Lichtblitze der Lampe eine sehr kurze Dauer erhalten. Zur Messung der Anfangspermeabilität von Blechen wurde eine bequeme Brücken-(Differential-)Methode ausgearbeitet. Von zwei hintereinander geschalteten Spulen enthält die eine die Normalprobe mit bekannter Anfangspermeabilität, die andere die zu messende Blechprobe. An den Primärkreis wird über Vorschaltwiderstände eine Wechselspannung von 40 V und 25 Hz so gelegt, daß die Feldstärken in den Primärspulen etwa 0,01 ... 0,05 Gauß betragen. Die Sekundärspulen und zwei regelbare Widerstände sind zu einer Brückenanordnung (Abb. 14) mit Vibrationsgalvanometer als Nullinstrument zusammengeschaltet. Nach Messung von etwa drei ansteigenden μ'-Werten läßt sich die gesuchte scheinbare Anfangspermeabilität μ_0' extrapolieren und die wahre Anfangspermeabilität μ_0 graphisch aus dauernd festgelegten Kurven ermitteln. Wegen der nicht ganz gleichen Verluste in Normal- und Meßprobe muß das Galvanometer durch den Schleifdraht a völlig auf Null gebracht werden. Untersuchungen an den reversiblen Nickel-Eisen-Legierungen zeigten, daß eine hohe Anfangspermeabilität eine allgemeine, allen ferromagnetischen Stoffen gemeinsame Eigenschaft ist, die sich aber nur bei völliger Homogenität und Spannungsfreiheit zeigt. Dieser Zustand ist bei sehr reinen Nickel-Eisen-Legierungen in Annäherung nur bei rascher Abkühlung von hohen Temperaturen aus zu erreichen, weil nur dann gewisse kleinste Verunreinigungen in fester Lösung bleiben.

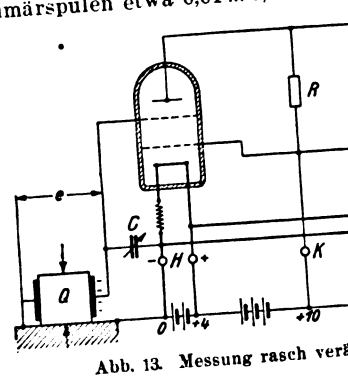


Abb. 13. Messung rasch veränderlicher Drücke.

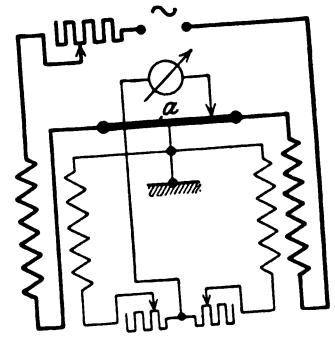


Abb. 14. Messung der Anfangspermeabilität.

Von den Arbeiten der anderen Abteilungen sei noch ein in Gemeinschaft mit der deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt entwickeltes Peilgerät für Navigierung mit Ultrarotstrahlung erwähnt. Durch eine Thalofide-Ultrarotzelle (Thallium-Schwefel-Sauerstoff-Verbindung) nach Case wird von einem kleinen Wechselstromgenerator her ein Wechselstrom geschickt, der nach Verstärkung ein Gleichstrommeßgerät durchfließt. Durch einen mit dem Generator gekuppelten Spiegel wird während der einen Stromrichtung des Wechselstroms das Blickfeld der Thalofidezelle auf einen Geländeabschnitt a gelenkt, während der anderen Stromrichtung auf einen seitlich daneben liegenden Geländeabschnitt b. Tritt in dem einen der beiden selbsttätig abgetasteten Geländebereiche eine zusätzliche Signalstrahlung auf, so äußert sich diese am Gleichstrominstrument in einem einseitigen, direkt richtungweisenden Ausschlag. Durch kreuzweise Kombination zweier Anordnungen läßt sich neben Seitenweisung auch Höhenweisung erreichen. Auch für die Reichsbahn sind diese Untersuchungen wegen des optischen Zugsicherungssystems von Dr. Bäseler von Bedeutung. (Z. Instrumentenk. Bd. 50, S. 246, 308, 341.) *Br.*

Energiewirtschaft.

Die Elektrizitätswirtschaft Niederländisch-Indiens[1]. — Aus dem Jahresbericht 1928 des Dienstes für Wasserkraft und Elektrizität[2] ist zu entneh-

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 396.
[2] Elfde Jaarverslag 1928. Herausg. vom Dienst voor Waterkracht en Electriciteit in Nederlandsch-Indië (J. N. van der Ley), Bandoeng 1929.

Digitized by Google

men, daß das lebhafte Interesse für die Elektrisierung neuer Gebiete seitens verschiedener Unternehmergruppen anhält. Mehrere Neuanlagen wurden in Betrieb genommen, bereits bestehende erweitert oder umorganisiert, damit sie in das Gesamtprogramm eingefügt werden können. Der wachsende Elektrizitätsverbrauch kleiner Ortschaften zusammen mit einer schnellen Zunahme des Bedarfs landwirtschaftlicher und industrieller Betriebe ermöglicht allmählich eine wirtschaftliche Stromübertragung über längere Entfernungen und führt so zu einer größeren Zusammenlegung in der Elektrizitätserzeugung.

Das mit drei Einheiten zu je 7000 kVA ausgerüstete Wasserkraftwerk Mendalan am Kali Konto in Ostjava ist Mitte des Berichtsjahres in Betrieb genommen worden. Durch diese Zentrale mit den dazugehörigen Hochspannungsfreileitungen und Unterwerken, die der Nederlandsch-Indische Waterkracht Exploitatie Mij. (NIWEM) gehören, wurde von jenem Augenblick an der Strombedarf der Algemeene Nederlandsch-Indische Electriciteit Mij. (ANIEM) in den Orten Soerabaya und Modjokerto und bald darauf auch in Malang gedeckt. Allmählich erhielten noch mehrere Ortschaften teils durch Hochspannungsleitungen der NIWEM, teils durch solche der ANIEM Anschluß. Mit der Inbetriebnahme der Zentrale Mendalan führte man in den angeschlossenen Ortschaften auch neue Stromtarife ein, die derart gestaltet wurden, daß sich eine vielseitige Verwendungsmöglichkeit elektrischer Arbeit ergab. Ein Studium der Frage, Wasserkräfte für eine zentrale Elektrizitätsversorgung Zentraljavas auszunutzen, zeigte überzeugend diese Möglichkeit. Mit den Arbeiten hierfür wird begonnen werden, sobald die Organisationsfragen geklärt sind.

Der steigende Strombedarf in Südsumatra für bereits bestehende Unternehmungen hat zu einer Untersuchung darüber Veranlassung gegeben, ob es wünschenswert und möglich ist, in diesem Gebiet eine zentrale Elektrizitätsversorgung einzuführen. Das Wasserkraftwerk Teis, das in einigen Jahren nach Schließung der Gold- und Silbergruben in Tambangsawah einen Teil seiner Leistung frei bekommt, wird man zur Belieferung eines großen Teils von Bengkoelen heranziehen können, für diesen Zweck aber bald erweitern müssen, falls nicht die Errichtung eines neuen Wasserkraftwerks notwendig wird. Wenn sich auch selbst in den Außenbezirken Sumatras überall ein wachsender Elektrizitätsbedarf zeigt, läßt sich dieser wegen der großen Entfernungen und der verhältnismäßig geringen Ansprüche der einzelnen Konsumstellen vorläufig doch am besten durch örtliche Wasserkraftanlagen decken. Nur in einzelnen Fällen war es möglich, einige benachbarte Orte an eine Zentrale anzuschließen.

Im allgemeinen kann festgestellt werden, daß die Nachfrage immer schneller zunimmt, und es ist dabei erfreulich, daß je länger je mehr auch verhältnismäßig unwichtige Bevölkerungsgebiete von der Elektrizitätsversorgung erfaßt werden, was unbedingt zur Verbesserung der wirtschaftlichen Lage in diesen Gegenden beitragen wird.

Als Folge der Erweiterung der Elektrizitätsnetze zeigen die Verbrauchszahlen der Gemeenschappelijk Electriciteitbedrijf Bandoeng en Omstreken (GEBEO), besonders diejenigen für das Gebiet von Soekaboemi und Buitenzorg eine starke Erhöhung. Diese Gesellschaft versorgt schon 19 Plantagen mit einem jährlichen Stromverbrauch von ungefähr 1,4 Mill kWh, deren Kosten in verschiedenen Fällen bereits unter 6 cts/kWh gesunken sind. Einen neuen Anstieg des Elektrizitätsverbrauchs erwartet man nach Fertigstellung der Erweiterungen des Hochspannungsnetzes, wodurch die Stromversorgung der Gebiete von Garoet, Tasikmalaja, Tjikampek und Krawang ausgebaut werden kann. Weitere Versorgungsmöglichkeiten werden in Westjava nach Vollendung jetzt projektierter Hochspannungsfreileitungen in einer Gesamtlänge von rd. 110 km erschlossen. Durch den Bau einer Freileitung aus Mittel-Priangan nach Krawang ist der erste Schritt in Richtung einer Kupplung der Zentralen in der Hochebene von Bandoeng und in West-Priangan-Batavia getan. E. R. Kammerer.

Kurze Auslandsnachrichten. — V. S. Amerika. Die Pacific Gas & Electric Co., San Franzisko, hat soeben durch Hergabe von 1,825 Mill Stammaktien gleich 32 % ihres eigenen Kapitals die im Besitz einer der größten Holdinggesellschaften, der North American Co. of New York, befindlichen Elektrizitätswerksgesellschaften Western Power Corp., San Joaquin Light & Power Corp. und die Midland Counties Public Service Corp. erworben. Die Aktiven der so zusammengefaßten Gesellschaften, die das zweitgrößte Kraftwerksunternehmen der V. S. Amerika sein werden, betragen etwa 650 Mill $. Lediglich die Consolidated Gas Co. of New York, in der sämtliche städtischen Elektrizitätswerke New Yorks vereinigt sind, ist noch bedeutender. Die Einnahme der fusionierten Gesellschaften betrug 1929 87,274 Mill $, ihre Stromabgabe 3,189 Mrd kWh, die Kraftwerksleistung (meist Wasserkräfte) 1,085 Mill kW. Das Leitungsnetz, das in Mittel- und Nordkalifornien liegt, erstreckt sich von Süden nach Norden über eine Länge von rd. 800 km, der Flächeninhalt des versorgten Gebietes beträgt 190 000 km². Man kann freilich diese Verschmelzung kaum als Ausdehnung der Pacific Gas & Electric Co. auffassen, vielmehr liegt die Sache so, daß die North American Co. eine starke Minorität dieser Gesellschaft und damit praktisch wohl die Kontrolle über sie erworben hat. Damit ist wiederum eine der wenigen, noch unabhängigen Betriebsgesellschaften dem Konzern einer Holdinggesellschaft eingegliedert worden. (El. World Bd. 93, 1930, S. 711; Power Bd. 71, 1930, S. 568.) *Ha.*

VEREINSNACHRICHTEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 1 Kurfürst Nr. 5862–64.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Bekanntmachung.

Kommission für Handgeräte.

Die Kommission für Handgeräte hat einen Entwurf zu

Vorschriften für zweipolige Gerätesteckvorrichtungen und Geräteanschlußschnüre

aufgestellt, der nachstehend bekanntgegeben wird. Der Entwurf soll der Jahresversammlung 1931 zur Annahme vorgelegt werden.

Einsprüche sind in zweifacher Ausfertigung bis zum 1. Oktober 1930 an die Geschäftstelle zu richten.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

Entwurf.

Vorschriften für zweipolige Gerätesteckvorrichtungen und Geräteanschlußschnüre.

Inhaltsübersicht.

I. Gültigkeit.

§ 1. Geltungsbeginn.
§ 2. Geltungsbereich.

II. Begriffserklärungen.

§ 3.

III. Bestimmungen.

A. Allgemeines.

§ 4. Stromstärke. Spannung.

B. Allgemeine Bauvorschriften.

1. Schutzvorrichtungen.

§ 5. Schutz gegen zufällige Berührung.
§ 6. Schutz gegen zu hohe Berührungsspannung.
§ 7. Erwärmung.

2. Einzelteile.

§ 8. Kontaktteile.
§ 9. Normen.
§ 10. Bedienung.
§ 11. Gerätesteckdosen mit Schalter.

Digitized by Google

3. Anschlüsse und Zuleitungen.
§ 12. Anschlüsse.
§ 13. Zugentlastung und Verdrehungsschutz.
§ 14. Anschlußschnüre.
§ 15. Schutz der Leitungseinführung.

4. Aufschriften.
§ 16.

C. Prüfvorschriften.

§ 17. Vorbehandlung.
§ 18. Spannung. Isolation.
§ 19. Schaltleistung.
§ 20. Zugentlastung.
§ 21. Verdrehungschutz.
§ 22. Mechanische Festigkeit.
§ 23. Federung der Kontakthülsen.
§ 24. Temperatur an der Aderverzweigungstelle.

I. Gültigkeit.

§ 1.

Geltungsbeginn.

Die Vorschriften treten am 1. Januar 1932 in Kraft.

Erzeugnisse nach den bisherigen Vorschriften bleiben bis zum 31. Dezember 1932 für den Vertrieb zulässig.

§ 2.

Geltungsbereich.

a) Die Vorschriften gelten für zweipolige Gerätesteckvorrichtungen und Geräteanschlußschnüre.

II. Begriffserklärungen.

§ 3.

a) Die Gerätesteckvorrichtung besteht aus Gerätestecker und Gerätesteckdose.

b) Der Gerätestecker ist der am Gerät befindliche Teil mit Kontaktstiften.

c) Der Schutzkragen des Gerätesteckers ist eine Vorrichtung am Gerät, die beim Einführen der Gerätesteckdose als Berührungschutz dient, gegebenenfalls die Isolation der Kontaktstifte gegen überfließendes Kochgut und vor mechanischer Beschädigung schützt.

d) Die Gerätesteckdose ist der an der Zuleitung befindliche Teil der Gerätesteckvorrichtung.

e) Die Geräteanschlußschnur ist vom Gerät ohne weiteres lösbar und besteht aus Gerätesteckdose, Schnur und Wandstecker (gegebenenfalls mit Schalter).

III. Bestimmungen.

A. Allgemeines.

§ 4.

Stromstärke. Spannung.

a) Die Gerätesteckdosen müssen für 10 A und 250 V gebaut sein.

B. Allgemeine Bauvorschriften.

1. Schutzvorrichtungen.

§ 5.

Schutz gegen zufällige Berührung.

a) Eine unbeabsichtigte Berührung Spannung führender Teile der Gerätesteckvorrichtung muß unmöglich sein.

§ 6.

Schutz gegen zu hohe Berührungspannung.

a) Zur Erdung, Nullung oder Schutzschaltung muß an dem Gerätestecker ein Schutzkragen vorhanden sein, der mit allen der Berührung zugänglichen Metallteilen des Gerätes in gut leitender Verbindung steht.

b) Gerätesteckdosen, die für Erdung, Nullung oder Schutzschaltung bestimmt sind, müssen den Anschluß des Schutzleiters an Teile ermöglichen, die beim Einführen der Gerätesteckdose in den Schutzkragen eines Gerätesteckers mit diesem zuverlässigen Kontakt gewährleisten. Der Kontakt zwischen dem Schutzmantel des Gerätesteckers und dem Schutzkontakt an der Gerätesteckdose muß hergestellt sein, bevor sich die Polkontakte berühren.

§ 7.

Erwärmung.

a) Die Gerätesteckdose muß so gestaltet sein, daß an der Verzweigungstelle der Adern der Anschlußschnur bei einer Prüfung nach § 24 die Temperatur von 90° nicht überschritten wird.

2. Einzelteile.

§ 8.

Kontaktteile.

a) Kontaktteile im Gerät müssen so gesichert sein, daß sie auch bei Lockerung nicht drehbar sind.

b) Kontaktteile an der Gerätesteckdose müssen innerhalb der für den Gerätestecker zulässigen Toleranzen beweglich sein. Auch beim schrägen Einstecken in den Gerätestecker darf die in DIN VDE 9490 vorgeschriebene Federung der Kontaktteile sich nicht verändern. Die Kontaktteile der Gerätesteckdose dürfen nicht drehbar sein.

§ 9.

Normen.

a) Gerätesteckvorrichtungen sind in ihren Grundabmessungen nach DIN VDE 9490 auszuführen; die den Zeichnungen beigefügten Anweisungen sind zu erfüllen.

b) Falls die Gerätesteckdose mit einem Metallmantel versehen ist, muß dieser mindestens 3 mm von der Stirnfläche der Gerätesteckdose zurückstehen.

§ 10.

Bedienung.

a) Die Gerätesteckdose muß so ausgebildet sein, daß sie auch im betriebswarmen Zustand bequem vom Gerätestecker gelöst werden kann.

§ 11.

Gerätesteckdosen mit Schalter.

a) Gerätesteckdosen mit Schalter müssen den „Vorschriften für handbetätigte Schalter für Elektrowärmegeräte" entsprechen.

b) Einbau von Temperaturreglern und Temperaturbegrenzern ist in Gerätesteckdosen nicht statthaft.

3. Anschlüsse und Zuleitungen.

§ 12.

Anschlüsse.

a) Von der Verzweigungstelle ab müssen die Adern in der Gerätesteckdose derart geführt werden, daß sie sich gegenseitig nicht berühren können.

b) Der Anschluß der Leitungen darf nicht unmittelbar an die Kontakthülsen der Gerätesteckdose erfolgen. Vielmehr ist zum Anschluß ein mit der Kontakthülse verbundenes Anschlußstück (Fahne oder dgl.) zu benutzen.

c) Die Hülsen dürfen bei einer Temperatur von 220° ihre Kontaktfähigkeit nicht unzulässig ändern.

§ 13.

Zugentlastung und Verdrehungschutz.

a) Gerätesteckdosen müssen so gebaut sein, daß die Anschlußstellen der Leitungen von Zug entlastet, die Leitungsumhüllung gegen Abstreifen und die Leitungsadern gegen Verdrehen gesichert werden können.

b) Die Art der Ausführung der Zugentlastung muß leicht erkennbar sein; nicht zulässig ist das Verknoten der Leitung und das Festbinden mit einer Schnur.

c) Zugentlastung und Verdrehungschutz müssen an der Gerätesteckdose ohne besondere verlierbare Teile ausgeführt werden können.

§ 14.

Anschlußschnüre.

a) Für die Schnur ist ein Mindestquerschnitt von 0,75 mm² zu verwenden[1].

b) An den Anschlußenden der Leitungen muß das Abspleißen einzelner Drähte zuverlässig verhindert werden.

§ 15.

Schutz der Leitungseinführung.

a) Die Einführungstelle für die Zuleitung an der Gerätesteckdose muß so ausgebildet sein, daß scharfe Knickungen verhindert werden. Metallschläuche dürfen als Einführungschutz nicht verwendet werden.

b) Falls Schutzspiralen verwendet werden, darf deren lichter Durchmesser nicht unter 10 mm sein.

Die Schutzspirale darf keine scharfkantigen Teile haben; sie ist zweckmäßig am freien Ende trichterförmig auszubilden. Das an der Gerätesteckdose befindliche Ende ist besonders steif zu halten. Schutzspiralen dürfen sich beim Gebrauch nicht lösen können. Etwa vorhandene Tüllen am freien Ende der Schutzspirale müssen zuverlässig befestigt und von hinreichender mechanischer Festigkeit sein.

[1] Nach den V.E.S. 1, § 20, ist der Querschnitt 0,75 mm² im Dauerbetrieb höchstens mit 9 A zu belasten; es ist in Aussicht genommen, diese höchst zulässige Stromstärke auf 10 A zu erhöhen.

Digitized by Google

4. Aufschriften.

§ 16.

a) Auf jeder Gerätesteckdose ist außer der Spannung 250 V und Stromstärke 10 A das Ursprungzeichen anzubringen.

C. Prüfvorschriften.

§ 17.

Vorbehandlung.

a) Vor Ausführung der Prüfungen nach §§ 18 ... 23 ist die Gerätesteckdose mit einer ordnungsmäßig angeschlossenen Zuleitung versehen, zu erwärmen. Zu diesem Zweck ist sie auf einen Gerätestecker mit Schutzkragen, dessen Abmessungen DIN VDE 9490 entsprechen, zu setzen. Die Kontaktstifte dieses Gerätesteckers sind durch eine besondere elektrische Beheizung auf 220 ° zu erwärmen und 100 h auf dieser Temperatur zu lassen. Die Temperatur ist mittels Thermoelement zu messen, das in eine Bohrung am Bund der Stifte des Prüfgerätes eingeführt ist. (Das Prüfgerät ist in Abb. 1 dargestellt.)

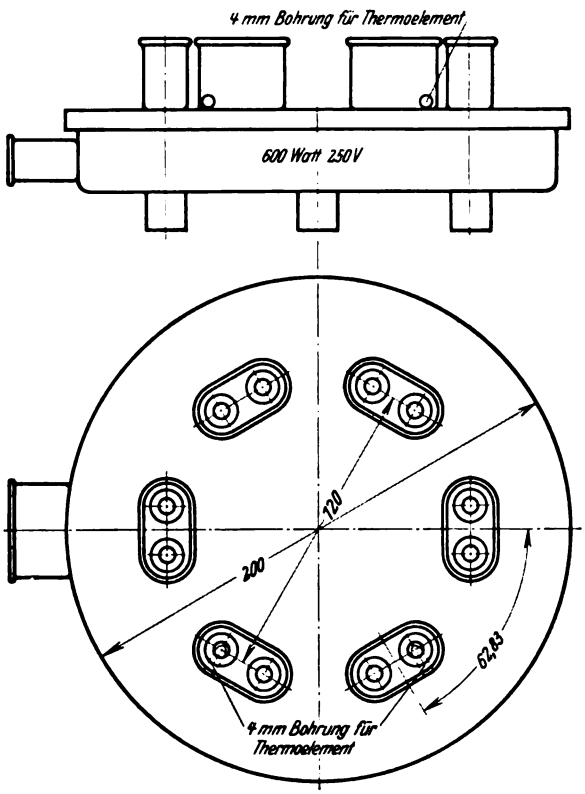


Abb. 1.

Die Prüfungen nach §§ 18 ... 23 sind in der Reihenfolge der Paragraphen an dem gleichen Prüfling vorzunehmen.

§ 18.

Spannung. Isolation.

a) Zur Prüfung der Feuchtigkeitsicherheit wird die Gerätesteckdose nach § 95 (Stufe 1) der „Vorschriften, Regeln und Normen für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial bis 750 V Nennspannung, K. P. I." behandelt. Hiernach ist die Isolation zu prüfen, u. zw.:

Spannung führende Teile gegen andere Metallteile sowie gegen eine um die Gerätesteckdose gelegte Stanniolumhüllung.

Dabei muß 1500 V Wechselspannung 1 min lang ausgehalten werden, ohne daß ein Durch- oder Überschlag erfolgt.

b) Hierauf wird der Isolationswiderstand der Gerätesteckdose zwischen den Kontakthülsen sowie zwischen den Kontakthülsen und nicht Spannung führenden Metallteilen festgestellt. Der Widerstand darf bei einer Gleichspannung von 500 V nicht weniger als 2 $M\Omega$ sein.

§ 19.

Schaltleistung.

a) Die Gerätesteckdose muß bei Anschluß an 250 V Gleichspannung und bei einer Belastung mit 10 A 50-mal jedoch mit Pausen von etwa 10 s ein- und ausgeschaltet werden, ohne daß sich ein dauernder Lichtbogen oder ein Überschlag nach dem geerdeten Gehäuse bzw. Schutzkragen des Gerätesteckers bildet und ohne daß eine für den Gebrauch beeinträchtigende Beschädigung des Prüflings eintritt.

Die Schaltung der Prüfanordnung hat sinngemäß nach § 41 der K. P. I. zu erfolgen.

§ 20.

Zugentlastung.

a) Die Prüfung der Zugentlastung ist sinngemäß nach § 99 der K. P. I. vorzunehmen. Die Prüfung hat zu erfolgen, nachdem die Leitungsadern von den Anschlußklemmen getrennt sind.

§ 21.

Verdrehungschutz.

a) Die Prüfung des Verdrehungschutzes ist sinngemäß nach § 100 der K. P. I. vorzunehmen. Die Prüfung hat zu erfolgen, nachdem die Leitungsadern von den Anschlußklemmen getrennt sind.

§ 22.

Mechanische Festigkeit.

a) Zur Prüfung der mechanischen Festigkeit ist die Gerätesteckdose ohne Strombelastung 1000-mal in einen Gerätestecker nach DIN VDE 9490 ein- und auszuführen.

Danach wird eine Prüfung nach § 97 der K. P. I. vorgenommen. Hierzu ist an den Prüfling eine Zuleitung NSA 2 × 0,75 mm² ordnungsmäßig anzuschließen.

In 1 m Abstand von der Aufschlagplatte wird die Zuleitung durch Klemmung oder dgl. befestigt. Durch eine Auslösevorrichtung kann ein Fallenlassen der Gerätesteckdose erfolgen.

Die Aufschlagfläche ist so einzustellen, daß der Aufschlag einmal an der Unterkante, das andere Mal an der stärksten Stelle des Oberteiles, u. zw. annähernd in Richtung der größten als auch der kleinsten Achse erfolgt. Es sind hiernach je 3 Schläge an 3 Prüflingen auszuführen; hierbei darf eine den ordnungsmäßigen Gebrauch beeinträchtigende Beschädigung nicht stattfinden.

§ 23.

Federung der Kontakthülsen.

a) Zur Prüfung der Federung der Kontakthülsen müssen die Gerätesteckdosen nach der Vorbehandlung nach § 17 im warmen Zustand von der Beheizungsvorrichtung abgezogen werden; es muß sich auch im warmen Zustand noch eine Lehre von 5,85 mm Dmr. leicht saugend in jede der Kontakthülsen einführen lassen.

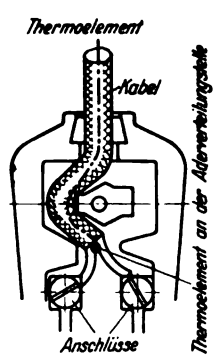


Abb. 2.

§ 24.

Temperatur an der Adervereinigungsstelle (§ 7.

a) Die Gerätesteckdose ist in dem in § 17 erwähnten Prüfgerät zu erwärmen bis die Kontaktstifte eine Temperatur von 220 ° angenommen haben. Diese Temperatur ist solange konstant zu halten, bis die Temperatur an der Aderverzweigungstelle — gemessen mit einem Thermoelement nach Abb. 2 — nicht mehr steigt.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

F. Pack †.

Am 12. VIII. d. J. starb nach längerem, schweren Leiden im Alter von 63 Jahren Herr Landesbaurat Friedrich Pack, Generaldirektor der Pfalzwerke AG. in Ludwigshafen a. Rh. Der Verstorbene gehörte dem Vorstand dieses Unternehmens seit dessen Gründung Ende 1912 an. Er förderte mit Weitblick und großen Kenntnissen und Erfahrungen auf technischem und wirtschaftlichem Gebiet die Entwicklung der Pfalzwerke in hohem Maße, so daß sein Name mit diesem Werke unzertrennlich verbunden bleibt.

E. Schulz †.

Am 9. VIII. d. J. starb nach längerem, schwerem Leiden in Köln der Zivilingenieur Ernst Schulz. Der Verstorbene wurde 1867 in Berlin geboren, absolvierte 1887

Digitized by Google

das Gymnasium in Wittenberg a. E., studierte Maschinenbau und Elektrotechnik in München, Darmstadt und Hannover und trat 1891 in die Dienste der Firma Garbe, Lahmeyer & Co. in Aachen als Leiter des Prüffeldes; später war er bis zum Jahre 1899 Chefelektriker daselbst. Sein Weg führte ihn in den folgenden Jahren nach München und von dort nach Saalfeld, woselbst er 6 Jahre hindurch Betriebsdirektor der Mitteldeutschen Elektrizitätswerke war und die ersten Gleichstrom-Wendepolmaschinen für Serienfabrikation baute. Mit dem Verlassen dieser Stellung machte er sich selbständig und lebte seit 1911 als Beratender Ingenieur in Köln. Bis in die letzte Zeit hinein war er auf dem Gebiete des Elektromaschinenbaus tätig; seine Entwürfe für Serienfabrikation, seine Blindstromkompensatoren und regelbaren Induktionsmotoren werden von einer Reihe von Spezialfabriken gebaut. Schriftstellerisch hat Ernst Schulz sich durch Verfassen einer Anzahl von Büchern betätigt, die sämtlich das Gebiet des Elektromaschinenbaus betreffen, sowie durch Aufsätze in verschiedenen Zeitschriften.

BRIEFE AN DIE SCHRIFTLEITUNG.

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Schriftleitung und ohne deren Verbindlichkeit.)

Deïon-Schalter für Motoren.

In seinem auf Seite 1890 der ETZ 1929 veröffentlichten Brief an die Schriftleitung stellt Herr Dr. COHN die Behauptung auf, das Prinzip der Lichtbogenlöschung des Deïon-Schalters der Westinghouse-Company sei nicht neu, sondern bereits im Jahre 1912 durch das DRP. 266 745 geschützt worden.

Diese Auffassung ist unzutreffend. Daß das Prinzip des Deïon-Schalters nicht durch das DRP. 266 745 geschützt sein kann, erhellt am besten aus der Tatsache, daß dieses Prinzip lediglich auf Wechselstrom anwendbar ist, während sich die durch das Patent geschützte Einrichtung in gleicher Weise wie für Wechselstrom auch für die Löschung von Gleichstromlichtbögen eignet, also grundsätzlich nichts mit dem Deïon-Schalter-Prinzip zu tun hat.

Der Deïon-Schalter ist ein Wechselstromschalter, bei dem Vorkehrungen getroffen sind, um das natürliche Erlöschen des Wechselstromlichtbogens am Ende der Halbwelle zu einer Dauerlöschung zu machen. Seine Wirkung beruht lediglich auf der überraschend schnellen Bildung der sogenannten Kathodenschichten, d. i. ionenfreier Luftschichten im Lichtbogenpfad, welche die Neuzündung verhindern und deren jede 250 V_{max} d. i. 178 V_{eff} im Augenblick des Stromnulldurchganges zu halten vermag. Der geniale Gedanke SLEPIANS besteht darin, die nach dem Stromnulldurchgang augenblicklich wiederkehrende Zündspannung auf so viele solcher Kathodenschichten zu verteilen, daß keine von ihnen eine höhere Spannung als 178 V_{eff} erhält. Nur wenn diese Bedingung erfüllt ist, wird der Lichtbogen nach seinem natürlichen Stromnulldurchgang nicht mehr neu gezündet, bleibt also dauernd erloschen.

In dem DRP. 266 745 kommt diese Bedingung an keiner Stelle zum Ausdruck, und sie wird auch durch die angeführten Ausführungsbeispiele nicht erfüllt. Es ist nirgends in ihr von der Verhinderung der Neuzündung des Lichtbogens nach dem Stromnulldurchgang die Rede, was der Fall wäre, wenn die Behauptung des Herrn Dr. COHN zuträfe, daß der Schalter auf dem Deïon-Schalterprinzip beruht. Nach dem einzigen sich auf Wechselstrom beziehenden, auf Seite 1, Zeile 55 und folgende angeführten Beispiel sollen 10 ... 20 Zwischenwände bei einem 6000 V-Schalter benutzt werden und dabei sollen 600 ... 300 V auf den Teillichtbogen entfallen. Abgesehen davon, daß die Annahme einer gleichmäßigen Potentialverteilung falsch ist (vgl. das auf S. 686 der ETZ 1929, Abb. 4, veröffentlichte Diagramm der Spannungsverteilung an einer Plattenfunkenstrecke) und in Wirklichkeit auf die ersten Luftschichten ein bei weitem größerer Spannungsanteil entfällt, würde selbst die angegebene geringste Belastung von 300 V eine Überbeanspruchung der Kathodenschicht bedeuten, und der Lichtbogen würde mit Sicherheit wieder gezündet. Es kann keine Rede davon sein, daß dieser Schalter vermöge der Bildung von Kathodenschichten löscht und Leistungen gleich denen eines Deïon-Schalters zu bewältigen vermag. Eine Ähnlichkeit der bekannten Anordnung mit dem Deïon-Schalter ist also bei einer in das Wesen der Sache eindringenden Betrachtung nicht feststellbar.

Auf der von SLEPIAN angegebenen Grundlage ist das Anwendungsgebiet des Luftschalters für Wechselstrom hinsichtlich der zulässigen Nennspannung auf das 20fache, hinsichtlich der Schaltleistung auf das 40fache erweitert worden. Das Prinzip des Deïon-Schalters, d. i. die Einschaltung einer solchen Anzahl von Entionisatoren, daß die Neuzündung des Lichtbogens nach dem Stromnulldurchgang verhindert wird, ist durch das DRP. 467 129 den Siemens-Schuckertwerken geschützt.

Berlin, 2. IV. 1930. Dipl.-Ing. Hans Cron.

Erwiderung.

Der in Frage kommende Patentanspruch 1 des DRP. Nr. 467 129, das nach obenstehender Mitteilung des Herrn Dipl.-Ing. CRON das Prinzip des Deïonschalters enthält, lautet:

„Einrichtung zum schnellen Löschen eines zwischen Unterbrechungskontakten gezogenen Lichtbogens mit einer Anzahl feststehender leitender, über den Unterbrechungskontakten angeordneter Querwände, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen den leitenden Querwänden eine Anzahl metallischer Netze oder Gitter angeordnet ist."

Dementsprechend beginnt auch die Beschreibung dieser Patentschrift mit der Feststellung, daß es durch DRP. Nr. 266 745 (DOBROWOLSKI) bekannt geworden ist, den Lichtbogen in eine größere Anzahl von feststehenden leitenden Querwänden hineinzuleiten, durch die der Lichtbogen in soviel Teile zerlegt wird, daß das Gefälle für den einzelnen Teil der Minimalspannung entspricht, bei welcher ein Lichtbogen nicht mehr bestehen kann. Die Beschreibung fährt fort: „Um diese Wirkung noch weiter zu erhöhen, wird erfindungsgemäß zwischen den leitenden Querwänden eine Anzahl metallischer Netze oder Gitter angeordnet." Der Gegenstand des Deïon-Patentes stellt also eine weitere Ausgestaltung des von DOBROWOLSKI angegebenen Prinzips der leitenden Querwände dar, die darin besteht, daß zwischen ihnen metallische Netze oder Gitter als Entionisatoren zur weiteren Erhöhung der Löschwirkung angeordnet werden.

Nun sind aber in den Berichten über den Deïonschalter keinerlei Andeutungen darüber zu finden, daß zwischen den leitenden Querwänden metallische Netze oder Gitter angeordnet sind. Vielmehr besteht die Löscheinrichtung des Deïonschalters lediglich aus einer Anzahl feststehender leitender, über den Unterbrechungskontakten angeordneter Querwände. Sie enthält also gerade das Merkmal des Deïon-Patentes, metallische Netze oder Gitter, nicht, sondern nur die in dieser Patentschrift als bekannt vorausgesetzten Querwände nach DOBROWOLSKI. Die Funkenlöschung des Deïonschalters für Motoren ist also nichts anderes als eine Ausführungsform des Dobrowolski-Prinzips.

Das bestätigt Herr Dipl.-Ing. CRON indem er feststellt, das Prinzip des Deïonschalters bestehe in der „Einschaltung einer solchen Anzahl von Entionisatoren, daß die Neuzündung des Lichtbogens nach dem Stromnulldurchgang verhindert wird", u. zw. müsse, um die Neuzündung zu verhindern, nach dem genialen Gedanken SLEPIANS die Zahl der leitenden entionisierenden Querwände so groß sein, daß auf jede von ihnen nicht mehr als 250 V_{max}, d. i. 178 V_{eff} entfallen.

Das von DOBROWOLSKI angegebene Prinzip — die Einschaltung einer solchen Zahl von leitenden Querwänden, daß auf jede von ihnen nicht mehr als die Minimalspannung entfällt, bei der ein Lichtbogen nicht mehr bestehen kann — ist aber offensichtlich genau dasselbe. Denn die Lichtbogen-Minimalspannung ist bei Wechselstrom offenbar diejenige Spannung, bei der der Lichtbogen nach dem Stromnulldurchgang nicht neu zündet. Jede Spannung, bei der eine Neuzündung eintritt, ist höher als die Minimalspannung, denn der Lichtbogen besteht weiter; jede, bei der keine Neuzündung eintritt, ist kleiner oder gleich der Minimalspannung, denn der Lichtbogen erlischt. Daß hierbei die Minimalspannung in der Beschreibung von DOBROWOLSKI beispielsweise zu 300 V angegeben, von SLEPIAN dagegen zu 250 V_{max} bzw. 178 V_{eff} gefunden worden ist, ist für das Prinzip unerheblich, zumal diese Zahl mit der Lichtbogenlänge, dem Elektrodenmaterial und anderen Faktoren stark variiert. Z. B. ist sie von HÖPP[1] durch eingehende Untersuchungen mit 50periodigem Wechselstrom zu 150 V für Kupfer- und Eisenelektroden bestimmt worden.

[1] Höpp, Lichtbogenfreie Schalter für Wechselstrom, ETZ 1920, S. 748.

Digitized by Google

Über die aus diesen Minimalspannungen errechnete Mindestzahl von Querwänden für eine bestimmte Betriebsspannung wird die gute Praxis natürlich aus Sicherheitsgründen hinausgehen. So erhält der Deionschalter für Spannungen bis 600 V 13 Zwischenwände, so daß bei Annahme gleichmäßiger Spannungsverteilung (die nicht ganz zutrifft) auf die Teilfunkenstrecke nur etwa 43 V gegenüber den theoretischen 178 V entfallen, d. h. die Deionkammer enthält mehr als viermal soviel Querwände als nach der Rechnung nötig wären. Der vorsichtige Konstrukteur hat, wie man sieht, bei allem Respekt vor der Theorie und mit vollem Recht, die Zahl der Wände sehr reichlich bemessen. Die gleiche Sicherheit muß aber billigerweise auch der Dobrowolski-Anordnung zugestanden werden. Die nach DOBROWOLSKI im Jahre 1914 angefertigten Versuchsmodelle zeigen daher auch eine erheblich größere Anzahl von Querwänden als die Rechnung ergibt. Z. B. enthalten die Funkenkammern eines Drehstromschaltkastens für 550 V 7 ... 10 Querwände; der Unterschied gegenüber dem Deionkamin mit 13 Wänden für 600 V ist also praktisch belanglos. Daß ein solcher Schalter in seiner Leistung nicht hinter dem Deionschalter zurückbleibt, braucht kaum gesagt zu werden, denn er ist ja in derselben Weise aufgebaut. Die beim Deionschalter „getroffenen Vorkehrungen, um das natürliche Erlöschen des Wechselstromlichtbogens am Ende der Halbwelle zu einer Dauerlöschung zu machen", sind also nach Anordnung und Wirkung dieselben wie die von DOBROWOLSKI angegebenen.

Was die angebliche Verschiedenheit der Eignung der Anordnungen für Gleichstrom anbetrifft, so läßt sich durch Versuche leicht nachweisen, daß das Prinzip auch für Gleichstromschalter vorzüglich geeignet ist, wenn man nur das Blasfeld — und ein solches sieht ja das Deion-Patent 467 129 ausdrücklich vor — passend wählt. Die Lichtbogenlänge wird verkürzt, die herausschlagende Flamme unterdrückt und damit die Schaltleistung beträchtlich erhöht[2].

Es ist also ein Irrtum, anzunehmen, daß das Prinzip nur für Wechelstrom brauchbar sei. Der Versuch, aus dieser Annahme eine Verschiedenheit der beiden Anordnungen abzuleiten, ist also schon in seiner Voraussetzung verfehlt. Daß das Prinzip auch für Gleichstrom brauchbar ist, obwohl hier kein Nulldurchgang stattfindet, beruht darauf, daß bei der Löschwirkung außer der Bildung von Kathodenschichten auch noch andere Faktoren eine Rolle spielen, z. B. die Kühlung durch die große Wärmekapazität der Querwände, die DOBROWOLSKI mehrfach hervorhebt und die übrigens auch in der Literatur über den Deionschalter erwähnt wird[3].

Die Erkenntnis der Bildung von Kathodenschichten ist zwar ein weiterer Fortschritt auf der Suche nach Erklärungen der von DOBROWOLSKI erkannten Löschwirkung, und wahrscheinlich noch nicht der letzte; aber eine an sich und in ihrer Wirkung bekannte Anordnung wird weder im Sinne des Patentrechtes noch im Sinne der Technik überhaupt dadurch zu einer neuen, daß man eine modernere Theorie zur Erklärung ihrer Wirkungsweise wählt.

Der Deionschalter, dessen Prinzip nach Angabe des Herrn Dipl.-Ing. CRON durch das DRP. Nr. 467 129 geschützt sein soll, macht im Gegensatz zu dieser Auffassung von dem genannten Patent keinen Gebrauch, sondern benutzt ausschließlich das bereits von DOBROWOLSKI angegebene Prinzip.

Berlin, 9. V. 1930. Dr. Alfred Cohn.

Wir schließen hiermit diese Erörterung. D. S.

LITERATUR.

Besprechungen.

Das Trolleybus-System. Ein neuzeitl. Verkehrsmittel. Von L. Betz. Mit 96 Abb. i. Text u. auf Taf. u. 158 S. in gr. 8°. M. Krayn, Technischer Verlag G. m. b. H., Berlin 1930. Preis kart. 14 RM.

Fachleute waren bereits durch den Bericht der drei rheinischen Straßenbahndirektoren über die Studienreise vom Juli 1929 nach England in Kenntnis gesetzt, daß dort Straßenbahnen abgebaut und mit Erfolg durch Omnibusse mit Stromzuführung durch Oberleitung ersetzt worden sind, daß dieses System, „Trolleybus" genannt, eine rasche Ausbreitung gewinnt, selbst in Städten bis zu 1 Mill Einwohnern. Das vorliegende Buch gibt nun eine sehr wertvolle Ergänzung zu dem, was wir aus obigem Bericht schon wußten, und bringt insbesondere eine erschöpfende und doch kurz und präzis gefaßte Übersicht über die historische Entwicklung des Systems, das in Deutschland erfunden und gleislose elektrische Bahn genannt wurde, weil sie auch dem Güterverkehr diente.

Mangel an hochwertigem Material für den Wagenbau, schlechter Zustand der damaligen Straßen und der Krieg brachten die meisten dieser Anlagen wieder zum Erliegen und raubten der Idee in Deutschland den Kredit. Das alles schildert der Verfasser sehr zutreffend. Ein übriges tat die Abneigung der Wegebauverwaltungen: Welche Widerstände hatte ich nicht bei der Linie: Bad Neuenahr—Ahrweiler—Walporzheim zu überwinden, als ich im Jahre 1906 erstmalig die Teerung der Chaussee vorschlug — ein Verfahren, das heut allgemein eingeführt ist. Damals war sie nur dadurch zu ereichen, daß sich die Betriebsleitung und ich, als Erbauer der gleislosen Bahn, an den Kosten der Teerung beteiligten. Das ist heute alles überwunden. Die Straßen sind selbst für den schwersten Omnibusbetrieb durchaus geeignet, und die Automobilindustrie liefert erprobte Wagenmodelle, in die man nur statt des Benzinmotors, den einfacheren Elektromotor einzubauen braucht. Das tut man auch: allerdings zunächst im Ausland, zumeist in England, wo schon viele Hundert von Oberleitungsomnibussen mit bestem Erfolg laufen.

Es ist daher natürlich, daß der Verfasser den vielfach erprobten englischen Konstruktionen und den daselbst gemachten Erfahrungen einen breiten Raum gewährt. Wertvoll sind die Fingerzeige für die deutsche Industrie in bezug auf weitere Verbesserungen des Wagenbaus für unsere Verhältnisse und für den Export. Viele gute Abbildungen und Tabellen ergänzen den flott und temperamentvoll geschriebenen Text, der sich im angenehmen Gegensatz zu sonstigen meist trockenen technischen Abhandlungen anregend liest.

Allen, die mit öffentlichen Verkehrsmitteln zu tun haben, insbesondere städtischen Verwaltungen, kann das Studium dieses Buches nur bestens empfohlen werden.

Stobrawa, Rheinbreitbach.

Die Hebezeuge. Berechnung und Konstruktion der Einzelteile. Flaschenzüge, Winden und Krane. Von H. Bethmann. 8., vollst. neubearb. Aufl. Mit 1275 Abb. i. Text u. auf 10 Taf. u. 110 Tab., XVI u. 702 S. in gr. 8°. Verlag Friedr. Vieweg & Sohn A.-G., Braunschweig 1930. Preis geh. 20 RM. geb. 24 RM.

Wenn auch der Verbreitungskreis des „Bethmann" zu einem sehr erheblichen Teile die Schüler technischer Lehranstalten, also im allgemeinen noch nicht übermäßig kritische Benutzer, umfaßt, so ist die Tatsache einer derart nachhaltig starken Verbreitung an sich doch schon ein gewisser Beweis auch für die Güte des Buches — zum mindesten für dessen besondere Brauchbarkeit für die angegebene Bestimmung der „Berechnung und Konstruktion der Einzelteile, Flaschenzüge, Winden und Krane". Der hierfür — und ganz besonders für Studierende — hinlänglich erwiesene Bewährung der Bethmannschen „Hebezeuge" wird durch die jetzt vorliegende 8. Auflage aufs neue dargetan. Aber auch über den vorgenannten Zweck hinaus wird das Buch, das neben Ausbildungen neueren und neuesten Datums (wie Kletterkatzenkrane, Raupenfahrwerke u. a.) auch Angaben über das Veranschlagen und die Montage von Kranen sowie über Hebezeugfirmen, deren neuzeitliche Zusammenschlüsse und bezügliche Arbeitsprogramme enthält, für alle von Interesse und Nutzen sein können, die sich mit dem im Titel ausgedrückten Gebiete beschäftigen. Als ein besonderer Vorzug des inhaltreichen Buches, dessen Wert für den Konstrukteur durch die weitgehende Berücksichtigung auch der Dinormen noch erhöht wird, hat die ungemein klare und leichtverständliche Darstellung in Wort und Bild zu gelten. So wird mit Recht der neue „Bethmann" den guten Ruf des alten festigen.

Michenfelder.

Radiotechnik, Bd. 6: Die elektrischen Wellen. Von Prof. Dr. F. Kiebitz. (Samml. Göschen Bd. 1010.) Mit 28 Fig. u. 125 S. in kl. 8°. Verlag Walter de Gruyter & Co. Berlin u. Leipzig 1929. Preis geb. 1,50 RM.

Das Wesen der Wellen, Ausstrahlung und Empfang, Wellenausbreitung und gerichtete Wellen werden knapp und treffend behandelt, und es wird damit ein sehr guter Überblick über das gesamte Gebiet gegeben. Natürlich hat der Verfasser sich in den letzten Kapiteln, in deren Bereich täglich neue Erscheinungen durch die Kurzwellen auftreten, nur an die wissenschaftlich gesicherten Tatsachen ge-

[2] Cohn u. Ulbrich, Vielfachfunkenkammern für Luftschalter nach Dolivo-Dobrowolski, Petersen, Forschung und Technik, Berlin 1930.

[3] Slepian: Abridgment of Theory of the Deion Circuit Breaker, J. Am. Inst. El. Engs. 1929, S. 93 — Baker und Ellis: The Deion-Contactor for Industrial Control. The Electric Journ. 1929, S. 337.

Digitized by Google

halten. Das Buch ist als Einführung und, um einen Überblick über das Gebiet zu gewinnen, gut geeignet und kann dem Fachmann und auch dem Fernstehenden empfohlen werden.

Lübcke.

Wärmewirtschaft im Kesselhaus. Von Dipl.-Ing. E. Praetorius (Wärmelehre u. Wärmewirtschaft i. Einzeldarstell. Bd. 8). Mit 151 Abb., XVI u. 428 S. in 8°. Verlag Theodor Steinkopff. Dresden u. Leipzig 1930. Preis geh. 30 RM, geb. 31,50 RM.

Das Buch gibt einen ausgezeichneten Überblick über den heutigen Stand der Kesselbetriebswirtschaft. Es ist geeignet, den Betriebsmann in die endlich durchdringende mehr wissenschaftliche Auffassung vom Dampfkesselbetrieb einzuführen, ohne auf die mathematischen Entwicklungen mehr als unbedingt nötig einzugehen. Es ist in zwei große Abschnitte eingeteilt, Grundlagen und praktische Gesichtspunkte, von denen der erste die rechnungsmäßig erfaßbaren Zusammenhänge erläutert, die für die Projektierung einer Dampfkesselanlage und für den Kessel- und Feuerungsbetrieb zu beachten sind. Für eine spätere Auflage wäre noch die Dreiecksdarstellung des Verbrennungsvorganges zu wünschen, die überaus anschaulich und in manchen Betrieben eingeführt ist. Auch ist es wohl heute noch zu früh, die Siegertsche Formel für den Abgasverlust ganz zu übergehen; sie wird noch viel verwendet, und es wäre zweckmäßig, wenn der Verfasser die Konstante dieser Formel für verschiedene Brennstoffe angeben würde. Sehr wertvoll ist eine eingehende Untersuchung über den Einfluß der Betriebsunterbrechungen auf die Wirtschaftlichkeit. Hier wäre noch hervorzuheben, daß es heute noch nicht einwandfrei möglich ist, die Unterhaltungskosten einer Höchstdruckanlage vorauszubestimmen, und daß aus diesem Grunde bei der Kostenaufstellung Vorsicht geboten ist.

Im zweiten Teil werden die wichtigsten Bauarten von Dampfkesseln, Feuerungen und Speichern erläutert. Die getroffene Auswahl ist geschickt und gibt ein richtiges Bild vom heutigen Stande der Kesseltechnik.

Der Verfasser macht weitgehenden Gebrauch von der graphischen Darstellung. Die Diagramme sind jedoch zum Teil so klein, daß sie für den praktischen Gebrauch nicht in Frage kommen. Es würde sich empfehlen, später die wichtigsten in Form von größeren Tafeln dem Buch beizulegen.

Zinzen.

Die technischen und wirtschaftlichen Grundlagen für die Gewinnung von Gezeitenenergie. Von Dr.-Ing. W. Stürzenacker. Mit 31 Abb. u. einer Karte, IV u. 52 S. in 2°. In Kommission bei der VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1929. Preis kart. 7 RM.

Die Frage der Ausnutzung der Gezeitenenergie taucht von Zeit zu Zeit wieder auf, ebenso hört man von neuen Plänen zur Anlage derartiger Werke. Die Schrift von Dr. Stürzenacker gibt eine erschöpfende Darstellung, insbesondere in technischer Beziehung. Es werden die verschiedenen Ausnutzungsmöglichkeiten besprochen, insbesondere auch diejenigen, die für eine praktische Ausnutzung in Frage kommen. Auch wird die wichtige Frage untersucht, wieweit eine Ausgleichsmöglichkeit besteht für die unregelmäßige Stromerzeugung derartiger Kraftwerke. Auch auf die wirtschaftlichen Fragen erstreckt sich die Untersuchung, ebenso auch auf die Möglichkeit der Anlage von Gezeitenkraftwerken in den verschiedenen Ländern. Die Schrift gibt einen umfassenden Überblick über den heutigen Stand unseres Wissens über die Gezeitenkraftanlagen und dürfte allen empfohlen werden, die sich mit dieser Frage beschäftigen wollen. Einer praktischen Verwirklichung derartiger Anlagen dürfte aber auch durch diese Schrift nicht nähergerückt sein.

O. Walch.

Hilfsbuch für Betriebsberechnungen. Mit bes. Berücks. nomographischer Methoden. Von Ing. B. M. Konorski. Mit 46 Nomogramm- u. 13 Kurventaf. u. einem Lineal in einer Mappe sowie mit 71 Zahlentaf. u. 35 Textabb., IV u. 137 S. in 4°. Verlag Julius Springer, Berlin 1930. Preis der Mappe 28,50 RM.

Zu den vorhandenen Hilfsbüchern tritt mit dem vorliegenden ein neues, das sich, wie der Titel schon besagt, vor allem an die Betriebsingenieure wendet, aber auch an die projektierenden Ingenieure jeder Richtung, die in kurzer Zeit sich über allgemeine technische Fragen orientieren müssen. Das Buch sucht den Weg von der Formel zum Zahlenwert möglichst abzukürzen und verwendet zu diesem Zweck sowohl Zahlen- als auch Kurven- und Nomogrammtafeln. Besonders von letzteren macht der Verfasser häufig Gebrauch, ohne jedoch in den Fehler zu fallen, alles nomographisch darstellen zu wollen, wie er auch anerkennenswerterweise die komplizierten Nomogramme vermeidet. Damit und durch die wesentliche Beschränkung auf wichtige Beziehungen wird sich das Buch sicher Freunde werben. Die Anordnung ist so getroffen, daß in einem Erläuterungsbuch die Zahlentafeln sowie die verwendeten Formeln mit klaren Erläuterungen und vielen Beispielen vereinigt sind, während die Kurven- und Nomogrammtafeln als einzelne Blätter in einer Mappe liegen und mit einem Zelluloidlineal versehen sind, um genauere Ablesungen durchführen zu können. Damit ist auch die Möglichkeit gegeben, die Blätter zu den jeweiligen Arbeitsgebieten zu legen und nicht immer das ganze Buch in Verwendung nehmen zu müssen. Um dem weiten Leserkreis gerecht zu werden, sind fast alle technischen Gebiete vertreten. Auf allgemeine Zahlentafeln, wie sie zur Vollständigkeit jedes Hilfsbuches gehören, folgen zunächst Tabellen über Umrechnung der Leistungseinheiten kW und PS und umgekehrt, sowie über Umfangsgeschwindigkeit und Umfangskraft. Dann kommen Formeln aus der Hydrodynamik, insbesondere über Wasserströmungen in Rohrleitungen, ferner Tafeln über Luftdruck, Wasserdampf, Dampfleitungen usw. Der nächste Abschnitt bringt die wichtigsten Formeln der Festigkeitslehre mit vielen Tafeln über Trägheits- und Widerstandsmomente, ferner über Berechnung von Maschinenteilen, wie Wellen und Achsen, endlich einiges über Riemen- und Seiltrieb sowie über Zahnräder. Recht ausführlich sind die Tafeln über Formeln aus der Feuerungstechnik und dem Dampfkesselbetrieb sowie zur Schornsteinberechnung. Daran schließt sich Beleuchtungstechnik und Elektrotechnik. Die letztere ist vertreten durch die Berechnung des Spannungsabfalls und der Erwärmung von Leitungen sowie deren Bemessung nach den VDE-Normen. Ferner werden behandelt Isolierfestigkeit, Erwärmungsgrenzen und Gewichte elektrischer Maschinen und Transformatoren, stets unter besonderer Berücksichtigung der VDE-Normen, endlich auch noch Phasenverschiebung und Überlastung elektrischer Maschinen. Die beiden letzten Abschnitte beschäftigen sich mit Dampfmaschinen und Turbinen, mit Pumpen und Ventilatoren. Der Inhalt ist sehr reichhaltig, und doch ist der Umfang des Buches in angenehmen Grenzen. Druck und Ausstattung sind hervorragend.

E. Weber.

Eingegangene Doktordissertationen.

Albert Dresler, Entwurf u. Beurteilung von Beleuchtungsanlagen auf räumlicher Grundlage (Die mittlere Raumhelligkeit). T. H. Berlin 1930.

Hans-Joachim Altmann, Die Kohlenversorgung Groß-Berlins und der Mittellandkanal. T. H. Berlin 1928.

Clement Gantert, Über das elektrische Verhalten von Isolatoren, insbesondere Hartpapieren, unter Öl im Dauerbetrieb. T. H. Berlin 1928.

Paul Goerz, Über ein neues Glasschleifverfahren und seine Anwendung zur Prüfung von Schleifmitteln. T. H. Berlin 1928.

Werner Koch, Untersuchung eines zweistufigen Dampfstrahlapparates mit Zwischen- und Nachkondensator. T. H. Berlin 1929.

Bernhard Bruder, Beiträge zur Affingcometrie. T. H. Dresden 1930.

Erhardt Dorgerloh, Eine neue Prüfmaschine zur Untersuchung der Werkstoffe bei wechselnden, oftmals wiederholten Biegebeanspruchungen. T. H. Dresden (Sonderdruck aus „Metallwirtschaft" Bd. 8, H. 41 u. Bd. 9 H. 18).

Georg Hellbusch, Die Entstehung und Entwicklung der Kostenrechnung in deutschen Maschinenfabriken. T. H. Dresden 1930.

Walter Herrmann, die Anwendung des Ähnlichkeitsprinzips d. Mechanik auf zeitlich beliebig veränderl. Vorgänge mit besond. Berücks. schiffbaulicher u. aerodynam. Probleme. T. H. Berlin 1930. (Sonderdruck aus „Jahrbuch d. Schiffbautechn. Gesellsch. 1930.

Friedrich Janssen, Kritische Untersuchung der Entwickelung der Dauerformverfahren f. Eisenguß u. ihrer betriebsmäßigen Anwendung. T. H. Berlin 1930. (Erschien als Buch „Eisenguß in Dauerformen", mit 63 Abb. im Text u. VI u. 92 S. in gr. 8° bei Julius Springer, Berlin 1930. Preis 10,50 RM.)

Martin Köhne, Studien über die Chlorkali-Elektrolyse nach dem Quecksilberverfahren, T. H. Dresden 1930.

Digitized by Google

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Sibirischer Graphit als Rohstoff für elektrotechnische Erzeugnisse. — Es ist bekannt, daß in Nordsibirien bei Turuchansk und namentlich im Gebiet des Flusses Kurejka große Graphitlagerstätten vorhanden sind, die nach den bereits aufgeschlossenen Vorräten auf viele Millionen t geschätzt werden. Ihre Bedeutung in wirtschaftlicher Hinsicht ist außerordentlich groß, weil die geologischen Voraussetzungen für einen leichten Abbau gegeben sind. Die Qualität des Kurejka-Graphits ist hoch, der Gehalt des sortierten Rohmaterials an Kohlenstoff etwa 90 %. Die Arbeiten des Instituts für angewandte Mineralogie in Moskau haben ergeben, das schädliche Beimengungen von Pyrit und Calcit nach den Methoden des Instituts beseitigt werden können. Der Transport nach Europa ist sehr günstig und leicht durchzuführen, weil er völlig auf dem Wasserwege geschieht; die Kurejka ist ein Nebenfluß des Jenissei, so daß der Graphit über den nördlichen Seeweg (Karisches Meer) zu den europäischen Häfen gelangt.

Schon seit Jahren verwendet die russische Elektroindustrie zur Fabrikation von Elektroden, Kohlebürsten, Elementen, Taschenlampenbatterien usw. fast ausschließlich diesen sibirischen Graphit. In den letzten Jahren sind von vielen deutschen Stellen Untersuchungen über seine Leitfähigkeit angestellt worden. Es sollen hier nur die von Prof. Brunner der amtlichen Graphituntersuchungsstelle in Passau und von Prof. Dr. R. Loebe, Chemiker an der Preußischen Geologischen Landesanstalt, angeführt werden. Brunner stellte seine Untersuchungen bei Drucken zwischen 5 und 100 at an, wobei die Kurventeile zwischen 15 und 30 at besonderes praktisches Interesse haben. Gleichzeitig untersuchte er unter gleichen Bedingungen bayerischen Elementen-Pudergraphit, Koreagraphit und vier mexikanische Graphite. Die Ergebnisse zeigt folgende Übersicht. Prof. Brunner kommt auf Grund seiner Versuche zu dem Resultat, daß der russische Kurejkagraphit allen diesen Vergleichsorten in bezug auf die Verwendung zur Fabrikation elektrotechnischer Artikel durchaus überlegen ist.

Vergleichende Übersicht
über die Leitfähigkeit verschiedener Graphite.

Druck	Leitfähigkeit I/x						
	Russ. Graphit etwa 85% C	Bayer. Elementen-Pudergraphit 90/92% C	Korea-Graphit 98,0% C	mexikanische Graphite			
				Luxara Nr. 7 83,4% C	Luxara Nr. 8 83,4% C	Luxara Nr. 9 85,8% C	Luxara Nr. 3820 85,4% C
at							
5,37	6,25	6,03	3,5	2,52	4,1	3,06	4,57
10	9,1	9,1	7,6	6,9	5,99	5,09	7,0
12,8	10,2	10,1	8,6	8,12	7,1	6,49	8,2
15	10,9	10,76	9,5	8,92	7,88	7,35	8,94
20	12,6	12,0	11,0	10,2	9,0	8,93	10,28
30	15,9	13,44	13,2	12,94	10,88	10,48	12,28
60	19,25	16,7	16,75	17,5	14,0	13,75	15,6
80	20,6	17,65	18,25	19,4	15,31	15,05	17,2
100	21,6	18,35	19,25	20,4	16,35	16,0	18,2

Die Untersuchungen von Prof. Loebe wurden bei einem Druck von 175 kg/cm² ausgeführt und als Vergleichsorten Graphit von Korea und aus Mexiko herangezogen. Die Ergebnisse sind folgende:

	Russ. Graphit	Korea-Graphit	mexikan. Graphit
Spez. Widerstand in Ω . .	205	296	361
Spez. Leitfähigkeit	$488 \cdot 10^{-6}$	$376 \cdot 10^{-6}$	$277 \cdot 10^{-6}$

Beide Untersuchungen stellen in ihren Resultaten also übereinstimmend fest, daß die sibirischen Graphite aus den Kurejka-Lagerstätten sehr günstig für die Herstellung elektrotechnischer Fabrikate sind[1]. J. Schapiro.

Aus der ungarischen Elektroindustrie. — Seit längerer Zeit zwischen der General Electric Co., Schenectady, und der ungarischen Firma Ganz & Co. Elektrizitäts-, Maschinen-, Waggon- und Schiffbau AG. (Budapest) geführte Verhandlungen sind Ende Juli mit dem Ergebnis abgeschlossen worden, daß sich die International General Electric Co. am Aktienkapital der ungarischen Gesellschaft beteiligt. Es verlautet, daß die beabsichtigte Mitwirkung an Elektrisierungsarbeiten in Rumänien bei dieser Transaktion mitgesprochen habe. Das ungarische Unternehmen ist im November vorigen Jahres durch Fusion der Ganz' Elektrizitäts AG. mit der Ganz & Comp.—Danubius AG. entstanden. Da der größere Teil des Aktienkapitals ersterer (6,3 Mill P) bereits von der Ganz & Comp.—Danubius (11,699 Mill P) kontrolliert wurde, brauchte das Kapital der neuen Gesellschaft nur auf 12,2 Mill P erhöht zu werden. In der elektrotechnischen Abteilung, die sich auf alle starkstromtechnischen Gebiete erstreckt, werden etwa 2500 Arbeiter und Angestellte beschäftigt. Das Unternehmen besitzt in 11 Ländern, hauptsächlich im östlichen Europa (Österreich, Tschechoslowakei, Polen, Jugoslawien, Rumänien, Griechenland), besondere Vertriebsgesellschaften. Der Umsatz- und Gewinnentwicklung nach war seine Geschäftslage in den letzten Jahren günstig (1929: 2,46 Mill P Reingewinn gegenüber 2,23 i. V., Dividende 8 %), doch machte die Kapitalbeschaffung bei der Durchführung größerer Objekte (Bau von Kraftwerken) offenbar Schwierigkeiten. Von der International General Electric Co. ist gleichzeitig mit der Kapitalbeteiligung und der Entsendung von zwei Vertretern in den Aufsichtsrat mit der ungarischen Gesellschaft ein Erfahrungs- und Patentaustauschvertrag abgeschlossen worden. Durch diese Vereinbarungen hat der amerikanische Konzern seine Reihe europäischer Fabrikationsstützpunkte um ein wichtiges Glied vermehrt. Innerhalb der ungarischen Elektroindustrie sind es hauptsächlich drei Firmen, deren Bedeutung über die Grenzen erheblich hinausragt, u. zw. neben der genannten Gesellschaft die Vereinigte Glühlampen- und Elektrizitäts-AG. in Ujpest (16,50 Mill P Aktienkapital), die Glühlampen, Signaleinrichtungen, Rundfunkgerät usw. herstellt, auch im Ausland Beteiligungen unterhält, und die Standard Elektrizitäts-AG. in Budapest (15,00 Mill P), die größte Telephonbaugesellschaft des Landes. An der Vereinigten Glühlampen- und Elektrizitäts-AG. ist seit 1921 die International General Electric Co. beteiligt, während sich in die Kontrolle der 1927 gegründeten Standard Elektrizitätsgesellschaft die Vereinigte Glühlampen- und Elektrizitäts-AG. mit der International Standard Electric Corp. teilt. Im April 1930 hat letztere ihre Kapitalbeteiligung an dieser Gesellschaft vergrößert. Die Anlehnung der drei größten ungarischen Elektrounternehmungen an amerikanische Gruppen ist um so bemerkenswerter, als bekanntlich die ungarische Elektroindustrie auf hoher Entwicklungsstufe steht. Der Außenhandel Ungarns mit elektrischen Maschinen und Erzeugnissen betrug in Mill P:

	1928	1929
Einfuhr	21,31	26,40
Ausfuhr	18,66	23,30

Unter den ungarischen Elektrogesellschaften gibt es übrigens, wie bekannt, noch eine Reihe weiterer von ausländischen Gruppen kontrollierter Gesellschaften, so die Felten & Guilleaume Kabel-, Draht- und Drahtseilfabrik, Budapest, die AEG-Union Ungarische Elektrizitäts-AG., die Ericsson Ungarische Elektrizitäts-AG., die Ungarischen Brown-Boveri-Werke und die Ungarischen Siemens-Schuckert-Werke.

A. Fr.

Englands elektrotechnischer Außenhandel[1]. — Der Juni 1930 weist bei der Einfuhr elektrotechnischer Erzeugnisse im Vergleich zum Vormonat (704 290 £) eine Abnahme um 134 699 £ (19 %) und gegenüber dem Parallelmonat des Vorjahres eine solche um 52 557 £ (8 %) auf. Die Ausfuhr ist im Vergleich zum Mai (1 618 320 £) um 260 651 £ (16 %) und gegen den Juni 1929 um 26 083 £ (2 %) zurückgegangen. Für das erste Halbjahr 1930 ergibt sich gegenüber der gleichen Periode des Vorjahres beim Import eine Zunahme um 965 176 £ (28 %) und bei der Ausfuhr um 32 573 £.

Erzeugnisse	Einfuhr in £		Ausfuhr in £	
	1930	1929	1930	1929
	Juni			
Maschinen	145 755	126 905	483 584	496 899
Waren u. Apparate .	423 836	485 243	874 085	886 854
	569 591	622 148	1 357 669	1 383 753
	Januar/Juni			
Maschinen	986 699	894 247	3 268 831	3 230 06[illegible]
Waren u. Apparate .	3 441 482	2 463 005	6 121 329	6 127 518
	4 428 181	3 463 005	9 390 160	9 357 587

[1] Nach El. Review. Vgl. ETZ 1929, S. 1140; 1930, S. 992.

Abschluß des Heftes: 16. August 1930.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

[1] Vgl. auch Die Volkswirtschaft der UdSSR 1930, Nr. 13, S. 58.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

„Santo"-Kühlschränke.

Mitteilung der AEG.

Im Laufe einer mehrjährigen Entwicklung hat es sich herausgestellt, daß Klein-Kältemaschinen, wie sie im Haushalt und Gewerbe mit Kälteleistungen bis zu 500 cal/h zur Verwendung kommen, betriebsicher, zuverlässig und wirtschaftlich fast ausschließlich nach dem Kompressions-Prinzip gebaut werden können. Aber auch derartige Kältemaschinen bedürfen in der üblichen Ausführung, die sich im wesentlichen als Verkleinerung der bekannten Lindeschen Eismaschine darstellt, pfleglicher Behandlung und regelmäßiger Wartung, wenn Betriebsstörungen vermieden werden sollen.

Der „Santo"-Kühlschrank der AEG (Abb. 1), stellt demgegenüber eine Bauart dar, die neue Wege geht, und vor allem auf die Vermeidung jeglicher Wartung und Bedienung zugeschnitten ist.

Beim „Santo"-Kühlschrank enthält der ganz aus Stahl hergestellte, innen aus einer nahtlos emaillierten Kammer bestehende eigentliche Kühlschrank keinerlei technische Einrichtungen. Sein gesamter Innenraum steht als Nutzraum zur Unterbringung des Kühlgutes zur Verfügung. Alle Ecken und Kanten sind zwecks guter Reinigungsmöglichkeit ausgerundet. Die Abstellflächen sind schwer verzinnt und herausnehmbar. Zur Bereitung von Klareis und Eisspeisen können saubere Aluminiumschalen in den Verdampfer eingestellt werden. Schlösser und Beschläge sind zweckmäßig und dauerhaft. Besonders sorgfältige Ausführung, richtige Isolierung und Beachtung aller kältetechnisch wichtigen Einzelheiten gestatten es, zu diesen Schränken Kälte-Maschinen zu verwenden, die mit weniger als 200 W Anschlußwert auskommen und bei normal kaum mehr als 8 h täglicher Laufzeit wirtschaftlichsten Betrieb gewährleisten.

Die Kältemaschine der „Santo"-Kühlschränke ist mit dem Verdampfer — dem Kühlgefäß im Schrankinnern — zu einer Einheit zusammengefaßt und auch

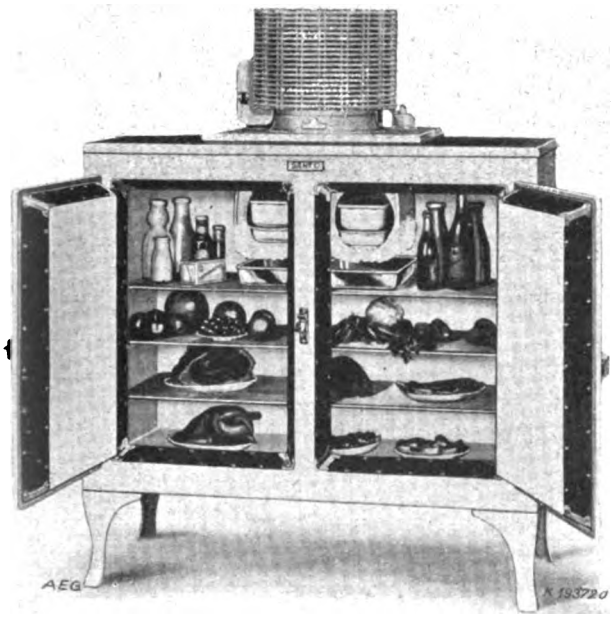
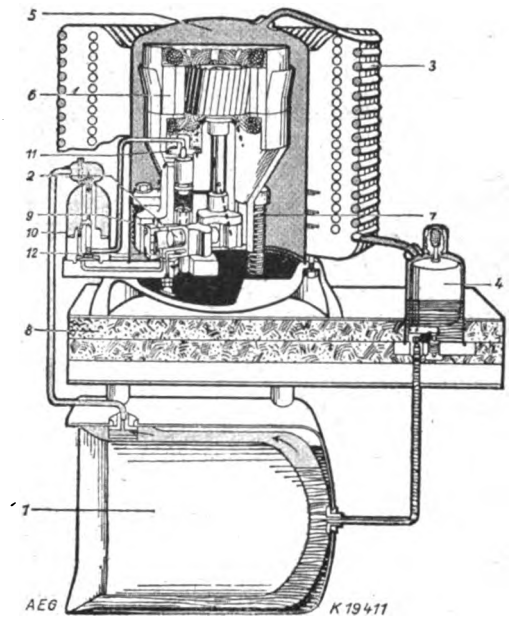


Abb. 1. Zweitüriger „Santo"-Kühlschrank. Kühlraum 0,44 m³.

außerhalb des Schrankes betriebsfähig. Die Maschine (Abb. 2) ist auf einer Grundplatte aufgebaut, die zugleich Kopfplatte des Kühlschrankes ist. Beim Einbau wird die Platte unter Zwischenlage zuverlässiger Dichtungen ohne besondere Befestigung in einen entsprechenden Ausschnitt des Schrankes eingesetzt.

Das Verdampfergefäß 1 enthält in einer verschweißten Kammer Schwefeldioxyd in flüssiger Form. Ein in dem ebenfalls völlig verschweißten Windkessel 5 eingebauter Kompressor 2, der von einem Kurzschlußläufer-Motor 6 bei direkter Kupplung mit 1500 U/min angetrieben wird, erzeugt im Verdampfer einen Unterdruck, der das



angesaugter Kälteträger, gasförmig,
komprimierter „ „
verflüssigter „ „
Öl,
Sole.

1 = Verdampfer,
2 = Kompressor,
3 = Kühlschlange,
4 = Schwimmer,
5 = Windkessel,
6 = Motor,
7 = Tragfeder,
8 = Grundplatte,
9 = Auslaßventil,
10 = Ansaugventil,
11 = Druckausgleichventil,
12 = Oelpumpe.

Abb. 2. Schnitt durch die Kühlapparatur des „Santo"-Kühlschrankes.

Schwefeldioxyd verdampfen läßt und so die Kühlwirkung erzeugt. Das verdampfte Schwefeldioxyd wird vom Kompressor verdichtet und strömt in eine Kühlschlange 3 über, die um den Windkessel herumgelegt ist. In dieser Kühlschlange kommt das Schwefeldioxyd-Gas durch natürliche Luftkühlung wiederum zur Verflüssigung und fließt über eine Schwimmerkammer 4 in den Verdampfer zurück.

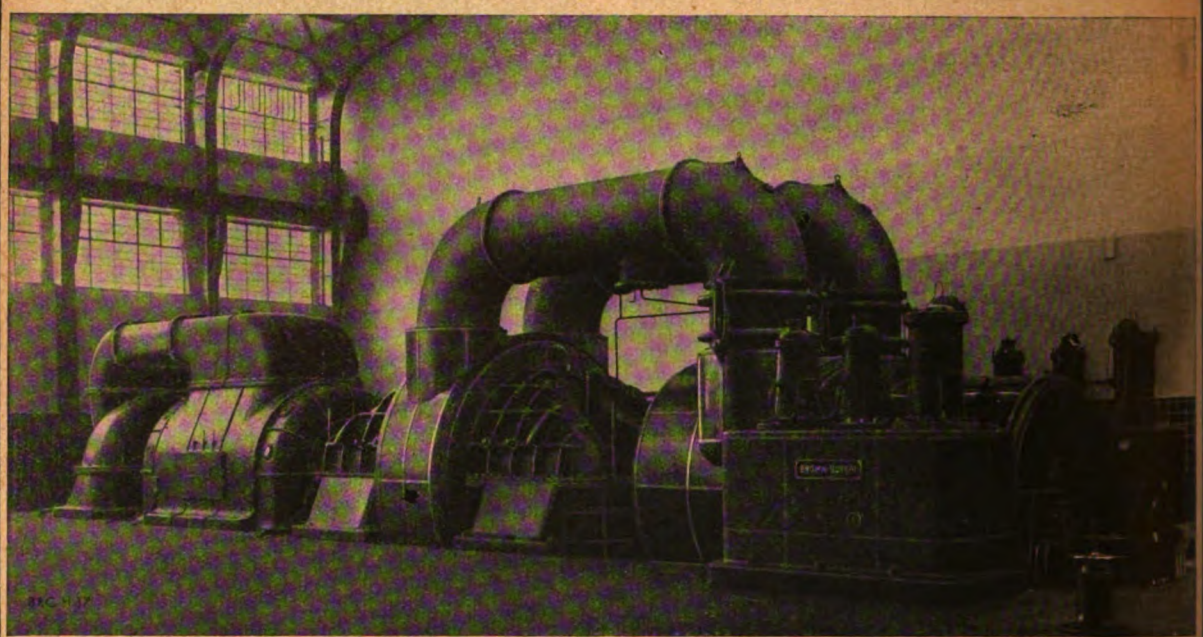
Diese Bauart, die alle bewegten Teile durch hermetische Kapselung gegen den Zutritt von Luft, Schmutz und Feuchtigkeit und gegen unsachgemäße Behandlung schützt, bietet die beste Gewähr für die Betriebsicherheit der Anlage. Stopfbuchsen, Riemenübertragung, Motorbürsten und Schleifringe sind vermieden. Eine eingebaute Ölpumpe schmiert aus einem unerschöpflichen und unveränderlichen Ölvorrat alle bewegten Teile im Umlaufverfahren. Alle Rohrleitungen sind auf kurze Stücke beschränkt und hart gelötet. Die Maschine ruht auf drei starken Tragfedern 7 und läuft sowohl dadurch, wie durch die Druckölschmierung und durch die völlige Einkapselung praktisch geräuschlos.

Die mit dieser Maschine ausgerüsteten „Santo"-Kühlschränke werden in 6 Größen von 0,12 bis 0,55 m³ Rauminhalt geliefert. Sie eignen sich ebenso für die Verwendung im Haushalt wie für den Dienst im Krankenhaus, im chemischen und medizinischen Laboratorium, im Gastwirtsgewerbe und in Delikateß- und Lebensmittelhandlungen.

Digitized by Google

BROWN BOVERI

hat die wirtschaftlichste Dampfturbine der Welt gebaut,



die 85000 kW-Dreizylinder-Turbine

im Kraftwerk Zschornewitz der Elektrowerke A.-G.

Der gemessene Wirkungsgrad an der Kupplung ist .... **87,7 %**
er erhöht sich unter Berücksichtigung der Tatsache, daß die Turbine für zweistufige Entnahme gebaut, jedoch ohne Entnahme untersucht wurde, auf **ca. 89%**

(Versuch vom 8. 3. 1930: 14,21 ata, 370,3° C, Kühlwassertemperatur 35,28° C, Klemmenleistung 83 730 kW, Dampfverbrauch einschließlich / ausschließlich Kondensationsarbeit 4,825/4,658 kg/kWh, η_{el} = 97,1%).

Die Garantieunterschreitung betrug **7½ %**

BROWN, BOVERI & CIE A.-G., MANNHEIM

Digitized by Google

Ingenieurbibliothek

E T Z

SEP 15 1930

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

Inhalt von Heft 35 der ETZ

Was ist Streuung und wie berechnet man sie? Von E. Weber. 1221

Die Verwendung von Kondensatoren zur Verbesserung des Leistungsfaktors unter besonderer Berücksichtigung praktischer Erfahrungen. Von M. Tama. 1227

Münzzähler mit Mehrverbrauch-Rabatt-Tarifwerk. Von H. Schulze. 1231

Bestimmung der Unsymmetrie von Drehstromnetzen. Von M. Zorn. 1233

Zur Photometrierung von Automobilscheinwerfern. Von F. Born. 1239

Die Messung von Durchhängen. Von R. Helmberger. 1241

Mitt. d. PTR Nr. 284. 1242

Rundschau

Durch Membran gesteuertes Relais. 1243 — Eisengeschloss. Zeiger-Dynamometer. 1243 — Die Sprache der Lichttechnik. 1243 — El. Durchziehofen f. Metallbänder. 1243 — Beseit. v. Rundfunkstör. in Wiesbaden. 1244 — Schnellzuglokomotive der Vesuv-Kreisbahn. 1244 — Opt.-el. Zugbeeinfluss. 1244 — Neuere Rechentafeln f. Zahnräder. 1245 — Energiewirtschaft. 1246

Vereinsnachrichten. 1248

Sitzungskalender. 1250

Literatur: M. v. Ardenne, F. Raskop, H. Thurn, K. Laudien, Millenets Patent-Tabelle. 1250

Geschäftl. Mitteilungen. 1252

Inhalt des neuesten Heftes des Archiv f. Elektrotechnik

(Bd. 24, H. 2): Ollendorff, Einheitliche Theorie d. Drehfeldmaschinen an Hand eines Modelles. — Meyer, Untersuchungen üb. d. dielektr. Festigkeit fester Isolatoren. — Moerder, Untersuchungen üb. d. Einfluß d. Wärme auf d. Durchschlag fest. Isolat. — Schmid, Der Widerstand des menschlichen Körpers gegen Hochfrequenzströme bei Diathermiebehandlung. — Pinter, Die Gleichungen und d. Betriebsdiagramm f. d. Überspann. und Fernleit. v. Wechselstrom. — Euler, Beiträge zur oberwellenfreien Gleichstrommaschine. — Beyerle, Gummidichtung für Kathodenoszillographen. — Rogowski u. Klemperer, Berichtigung. (Kathodenoszillogramm des statischen Durchschlags)

AEG Zähler-Eichstationen

Teilansicht der Zähler-Prüfstation des Städt. Elektrizitätswerkes Ulm a. D.

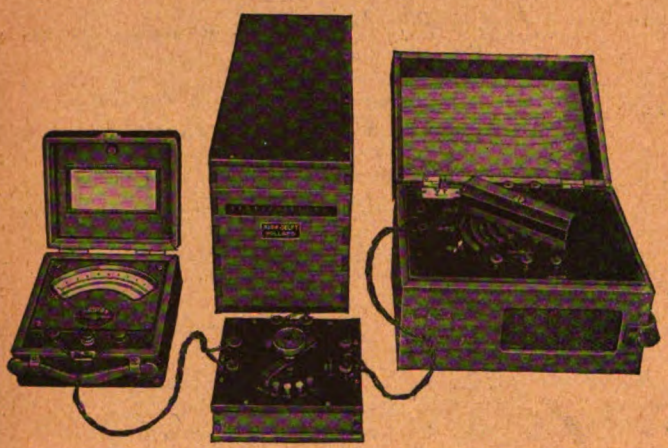
35. HEFT · 51. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9
(1221-1252) 28. August 1930

Digitized by Google

Verlustmessungen an Kabeln und Kondensatoren

mit dem thermischen Wattmeter oder Watt-Ampere-Voltmeter nach H. W. L. Brückmann

Auf der Großen Deutschen Funkausstellung



Vereinigtes Watt-Ampere-Voltmeter mit Weston-Millivoltmeter, Modell 322 und tragbarem Spiegelgalvanometer

zeigen wir dieses Instrument sowie viele

Neuheiten

auf meßtechnischem Gebiete

Besuchen Sie Stand 391, Halle VIII

Generalvertrieb:

Dipl. Ing. D. Bercovitz & Sohn

BERLIN-SCHÖNEBERG

Neuer

Verzinkungsanlagen
Verzinnungsanlagen
Verbleiungsanlagen

nach dem Schleuderverfahren

Patent **Miele**

50% Materialersparnis gegenüber dem früheren Tauchverfahren.

Besonders geeignet für kleinere Gegenstände wie: Klein-Eisenwaren, Schrauben, Muttern, Nägel, Stanzteile, Jnstallationsmaterial, Drahtwaren, Schiffsartikel, Fittings u. s. w.

Mielewerke A.G.
Gütersloh/Westfalen

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

51. Jahrgang | Berlin, 28. August 1930 | Heft 35

Was ist Streuung und wie berechnet man sie?*

Von Dr. Dr.-Ing. E. Weber, Berlin.

Übersicht. Die Frage „was ist Streuung?“ ist sowohl physikalisch mit Hilfe der Induktivitäten als auch technisch aus dem Kraftlinienbilde leicht zu beantworten, wenn man bei linearen Schleifen von je einer Windung primär und sekundär (ohne Eisen) bleibt. Man darf jedoch bei technischen Definitionen nie vom resultierenden Kraftlinienbild ausgehen, sondern nur von den fiktiven, in Wahrheit aber allein vorhandenen Teilkraftfeldern. Nur diese haben unveränderliche Gestalt und lassen eine Auszählung der Kraftlinien zu, während das resultierende Feld an jeder Stelle von beiden Strömen bestimmt wird und die Induktionswirkung nicht mehr mit der Art der Verkettung zusammenhängt. Bei körperlichen Schleifen muß man auf die magnetische Energie übergehen, um die Induktivitäten bestimmen zu können. Hat man primär und sekundär verschiedene Windungszahlen, so lassen sich nur aus den Teilkraftlinienbildern die richtigen Definitionen der Streuung ablesen, während die Einführung von Wicklungsfaktoren leicht zu Irrtümern Anlaß gibt.

Überträgt man die bei Klärung der Begriffe gewonnene Definition der Streuung auf Transformatoren und elektrische Maschinen, so ergeben sich eine Reihe von Schwierigkeiten, die die Praxis durch Näherungsformeln umgeht, die aber eine rein theoretische Behandlung fast aussichtslos komplizieren. Besonders schwierig wird die Übertragung auf mehrphasige Systeme, wo sich nur im Falle vollkommener Symmetrie ein theoretischer Zugang ergibt, der aber für die praktische Streuungsrechnung nicht ausreicht. Der Begriff der Streuung läßt sich stets bilden, auch formelmäßig festlegen, aber nicht mehr zahlenmäßig einfach auswerten.

Inhaltsangabe.

1. Begriff der Streuung in der Elektrotechnik.

A. Die Streuung in Wechselstromkreisen mit linearen Leitern ohne Eisen.

2. Die Definitionen der Streuung für den einphasigen Lufttransformator.
3. Prüfung an einem Beispiel.
4. Lösung des Widerspruches.

B. Die Streuung in Wechselstromkreisen mit körperlichen Leitern ohne Eisen.

5. Definition der Streuung aus der magnetischen Energie.
6. Vernachlässigung der Stromverdrängungen bei körperlichen Schleifen.
7. Streuung am einphasigen Lufttransformator mit Spulen.
8. Das Rechnen mit Wicklungsfaktoren.

C. Die Streuung in einphasigen Wechselstromkreisen bei Anwesenheit von Eisen.

9. Streuung des einphasigen Transformators.
10. Die Streuung einer einphasigen Maschine für $\mu = \infty$.
11. Der Einfluß der Magnetisierungskurve auf die Streuung einer Maschine.

D. Die Streuung in mehrphasigen Wechselstromkreisen.

12. Die Streuung des mehrphasigen Lufttransformators.
13. Die Streuung des mehrphasigen Transformators mit Eisen.
14. Die Streuung der mehrphasigen Maschine.

1. Der Begriff der Streuung in der Elektrotechnik.

Es scheint nahezu eine Verwegenheit, über ein Problem vorzutragen, das seit mehr als 30 Jahren die Elektrotechnik beschäftigt und wiederholt als abgeschlossen betrachtet wurde — bis wieder irgendeine Streitfrage auftrat, über die sofort starke Meinungsverschiedenheiten herrschten. Es ist charakteristisch gerade für das Problem der Streuung, daß fast jeder Elektrotechniker mit ihr rechnet, zu rechnen gezwungen ist, und daß nebenbei die heftigsten Kämpfe um den Begriff der Streuung gefochten werden. Man sollte meinen, daß ein so alltäglich gebrauchter Begriff zumindest fest umgrenzt und definiert wäre; das ist hier nicht der Fall. Der Begriff der Streuung ist schon oft als Verlegenheitsausflucht aufgetaucht, so daß zunächst festzustellen ist, was sein eigentlicher Umfang ist.

Wir wollen vor allem annehmen, daß Streuung einen Mangel bedeutet. War dies auch nicht ursprünglich notwendig mit diesem Begriffe verknüpft (ich erinnere an das Streuen von Brosamen), so dürfte es aber in der Elektrotechnik mindestens dem allgemeinen Gebrauche entsprechen. Ein Mangel kann aber nur dann zahlenmäßig erfaßt werden, wenn zuerst die den Mangel aufweisende Grundgröße gegeben ist. In diesem Sinne ist Streuung keiner selbständigen Definition fähig, sondern ist ein relativer Begriff.

Um nun zu einer richtigen Definition der elektromagnetischen Streuung vorzudringen, muß man die Erscheinungen der elektromagnetischen Induktion genauer betrachten. Versuche ergeben folgendes: Wird eine geschlossene Leiterschleife von einem beliebigen magnetischen Feld durchsetzt, so bewirkt dessen zeitliche Änderung im Leiterkreis einen Strom. Diese Tatsache wurde festgestellt, als man die Erscheinungen des elektrischen Stromes nur an galvanischen Elementen studiert hatte. In Elementen dachte man den Strom von einer Stromkraft der Elektroden getrieben, die man elektromotorische Kraft (EMK) nannte, und es war nur natürlich, daß man jetzt die zeitliche Änderung des Magnetfeldes als Ursache eines Stromes ebenfalls eine EMK nannte. Zur Charakterisierung der Herkunft prägte man dafür das Wort induzierte EMK und bezeichnete den Vorgang der Stromerzeugung durch zeitlich sich ändernde Magnetfelder als elektromagnetische Induktion. Man identifizierte also in Übereinstimmung mit gewissen Richtungsregeln[1]

$$e = -\frac{d\Phi}{dt},$$

wenn e für die induzierte EMK steht und Φ der durch den Leiterkreis tretende magnetische Fluß ist. In neuester Zeit wurde vorgeschlagen, an Stelle von induzierter EMK folgerichtiger magnetischer Schwund (Abnahme des magnetischen Flusses der Leiterschleife) zu sagen[2], doch hat sich dieser Gebrauch noch nicht allgemein eingebürgert.

Auf der elektromagnetischen Induktion beruht das Prinzip sämtlicher elektrischer Maschinen und Transformatoren. Es soll Strom erzeugt werden, um entweder nach außen abgegeben oder in einem beweglichen Teil der Maschine zur mechanischen Krafterzeugung herangezogen zu werden. Dabei wird das induzierende Magnet-

* Teilweise erweiterte Wiedergabe eines Vortrages, gehalten im Elektrotechnischen Verein am 12. XI. 1929.

[1] AEF, Satz 5 über „Spannung, Potential, Potentialdifferenz und EMK“. ETZ 1927, S. 552.

[2] AEF-Entwurf 19. ETZ 1921, S. 986.

Digitized by Google

feld meist selbst wieder von elektrischen Strömen (primären Strömen) erzeugt und so gelenkt, daß es möglichst ganz durch den zu induzierenden Leiterkreis (sekundären Kreis) tritt. Die einfache natürliche Tatsache nun, daß nicht das gesamte erregte Magnetfeld den sekundären Leiterkreis durchsetzt, also im beabsichtigten Sinne induzierend wirkt, definiert man als Streuung. Dieser allgemeine Begriff eignet sich noch nicht zu einer zahlenmäßigen Festlegung, daher suchte man formelhafte Definitionen zu finden, welche eine Vorausberechnung der Induktionswirkung eines Magnetfeldes gestatten. Um systematisch vorzugehen, wollen wir nun den Streubegriff für die wichtigsten Fälle, aufsteigend vom einfachsten zum schwierigsten, an Hand der Definitionen prüfen.

A. Die Streuung in Wechselstromkreisen mit linearen Leitern ohne Eisen.

Um auf die einfachsten Verhältnisse zu kommen und so die grundlegenden Begriffe auf einfachstem Wege festzulegen, gehen wir von Wechselstromkreisen ohne Eisen aus. Damit ist zunächst die lineare Abhängigkeit des Magnetfeldes vom erregenden Strom gesichert, die sog. geradlinige Charakteristik. In diesem Falle gilt, wie stets bei Proportionalitäten, das Superpositionsgesetz, d. h. die magnetischen Felder verschiedener Ströme überlagern sich, ohne sich gegenseitig zu stören, sie können auch in allen Punkten des felderfüllten Raumes vektoriell zu einem resultierenden Felde zusammengesetzt werden. Außerdem setzen wir lineare Leiter voraus, das sind Leiter von sehr kleinem, punktförmigem Querschnitt, und denken beim Transformator ohne Eisen die primäre und sekundäre Wicklung durch je eine einzige lineare Windung dargestellt. Wir werden später diese Beschränkungen aufheben und die Schwierigkeiten studieren, die sich durch den Übergang auf die sog. verteilten Wicklungen für die Definition der Streuung ergeben.

2. Die Definition der Streuung für einen einphasigen Lufttransformator.

α) Definition aus den Induktivitäten. — Denken wir zunächst in der primären Wicklung eines Lufttransformators einen Strom i_1 fließend, so ist das magnetische Feld nur von i_1 abhängig und, da kein Eisen vorhanden ist, sogar proportional, so daß auch der gesamte magnetische Fluß der primären Wicklung proportional i_1 gesetzt werden kann:

$$\Phi_{10} = L_1 \, i_1 . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Die Proportionalitätskonstante L_1 nennt man die Induktivität des primären Stromkreises. Fließt nur in der sekundären Wicklung Strom, so kann man analog Gl. (2) für den Fluß dieser Wicklung

$$\Phi_{20} = L_2 \, i_2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

ansetzen. Führen beide Wicklungen Strom, so muß der magnetische Fluß durch die primäre Wicklung als Summe von Gl. (2) und einem Teil des sekundären Flusses Gl. (3) erscheinen, etwa nach

$$\Phi_1 = L_1 \, i_1 + \varkappa_1 \, (L_2 \, i_2) , \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

und in gleicher Weise wird die sekundäre Wicklung einen Fluß umfassen:

$$\Phi_2 = L_2 \, i_2 + \varkappa_2 \, (L_1 \, i_1) . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

Man kann diese beiden Gleichungen rein mathematisch auch so schreiben:

$$\left.\begin{aligned} \Phi_1 &= (L_1 - \varkappa_2 \, L_2) \, i_1 + \varkappa_1 \, L_2 \, (i_1 + i_2) \\ \Phi_2 &= (L_2 - \varkappa_1 \, L_1) \, i_2 + \varkappa_2 \, L_1 \, (i_1 + i_2) \end{aligned}\right\} \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

und folgendes überlegen: Eine Induktionswirkung, die mit einer Übertragung elektromagnetischer Energie von einem Kreis auf den anderen zusammenhängt, kann nur durch jene Flüsse hervorgerufen werden, die in Gl. (6) von beiden Strömen gleichzeitig abhängen. Anderseits müssen diese beiden Flüsse wieder untereinander gleich sein, da sie Energieträger sind und Energie nicht zwischen beiden Stromkreisen verschwinden kann. Also gilt etwa die Setzung

$$\varkappa_1 \, L_2 = \varkappa_2 \, L_1 = M , \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

und M nennt man die gegenseitige Induktivität der beiden verketteten Kreise. Damit wird Gl. (6)

$$\left.\begin{aligned} \Phi_1 &= (L_1 - M) \, i_1 + M \, (i_1 + i_2) \\ \Phi_2 &= (L_2 - M) \, i_2 + M \, (i_1 + i_2) \end{aligned}\right\} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (8)$$

Diese Gleichungen enthalten nunmehr neben dem gemeinsamen Fluß $M \, (i_1 + i_2)$ noch Flüsse, welche von den Strömen der eigenen Kreise abhängen und als einseitig erregt bezeichnet werden können. Diese Flüsse sind an dem Induktionsvorgang nicht unmittelbar beteiligt, sie müssen von den beiden Kreisen nutzlos erregt werden und sind der Auffassung des vorigen Abschnittes 1 zufolge reine Streuflüsse. Wir haben also die Definitionen

$\Phi_{1s} = (L_1 - M) \, i_1 = L_{1s} \, i_1$	primärer Streufluß,	
$\Phi_{2s} = (L_2 - M) \, i_2 = L_{2s} \, i_2$	sekundärer Streufluß	
$\Phi_g = M \, (i_1 + i_2)$	gemeinsam erregter Fluß,	
$\Phi_{g_1} = M \, i_1$	primärer Anteil am gemeinsam erregten Fluß	
$\Phi_{g_2} = M \, i_2$	sekundärer Anteil am gemeinsam erregten Fluß.	

Bezieht man die Streuflüsse auf den Anteil der Wicklung am gemeinsamen Fluß, so erhält man die Streufaktoren

$$\sigma_1 = \frac{(L_1 - M) \, i_1}{M \, i_1} = \frac{L_1 - M}{M} , \quad \sigma_2 = \frac{(L_2 - M) \, i_2}{M \, i_2} = \frac{L_2 - M}{M} , \quad . \quad . \quad (9)$$

welche ein prozentuales Maß der nutzlos erregten magnetischen Felder darstellen. Für die Gesamtstreuung ist zunächst kein einfaches natürliches Maß aufzustellen. Hier hilft man sich mit einem physikalischen Begriff. Als Kopplungsgrad zweier schwingender Systeme pflegt man

$$\varkappa^2 = \frac{M^2}{L_1 \, L_2} = \varkappa_1 \, \varkappa_2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (10)$$

zu bezeichnen, und in der Elektrotechnik ist es üblich,

$$\sigma = 1 - \varkappa^2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (11)$$

als Gesamtstreufaktor des Systems zu definieren. Führt man für $\varkappa^2$ den Wert der Gl. (11) mit Berücksichtigung von Gl. (10) ein, so gewinnt man mit der bekannten Abkürzung

$$\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_1 \, \sigma_2 = \tau \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (12)$$

für σ den Ausdruck

$$\sigma = \frac{\tau}{1 + \tau} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (13)$$

β) Definition aus dem Kraftlinienbild. — Die mathematisch-physikalischen Definitionen aus α geben Maßzahlen für die Streuung zweier Stromkreise, zu denen nur die Einzelflüsse bekannt sein müssen. In der Elektrotechnik suchte aber bald nach anschaulicheren Definitionen, und was lag da näher, als die von Faraday geschaffenen Kraftlinienbilder zu wahrem Leben zu erwecken. — Denken wir wieder nur in der primären Wicklung einen Strom fließend und das Kraftlinienbild gezeichnet (wir werden später kennenlernen, wie das geschieht), so kann man rein schematisch zwei Arten von Kraftlinien unterscheiden (Abb. 1): Die Gruppe *a* um-

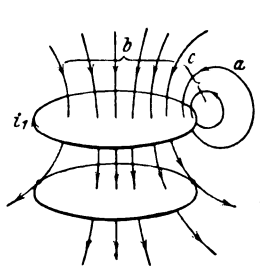


Abb. 1. Schematisches Feldbild bei einseitiger Erregung.

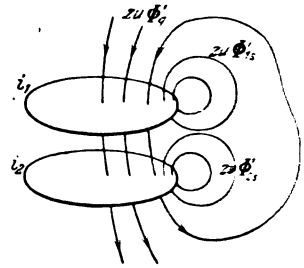


Abb. 2. Zur üblichen Definition der Streuung aus dem Kraftlinienbild.

schließt nur den primären Leiter oder den Strom i_1, man nennt sie einseitig verkettet, da sie wie Kettenglieder den Leiter umgreifen. Die Gruppe *b* umschließt beide Leiter, diese Kraftlinien heißen beidseitig oder doppelt verkettet. Die Grenze bilden alle Kraftlinien *c*, welche gerade den sekundären Leiter treffen. Man kann so den gesamten Fluß durch die primäre Wicklung zerlegen in

$$\Phi_1 = \Phi'_{g_1} + \Phi'_{1s}$$

und gewinnt die Einzelflüsse durch Auszählen der Kraftlinien in an sich bekannter Weise. Analog gilt natürlich, wenn nur in der sekundären Wicklung Strom fließt.

$$\Phi_2 = \Phi'_{g_2} + \Phi'_{2s} .$$

Digitized by Google

Es werden hier alle Größen mit Strichen versehen, weil eine etwaige Identität mit den Definitionen unter α) erst nachgewiesen werden muß.

Allgemein definiert man aus einem gezeichneten Kraftlinienbilde um zwei Stromkreise den gemeinsamen Fluß als die Summe aller Kraftlinien, die sich um beide Kreise schließen, während die nur um je einen Stromkreis geschlossenen Kraftlinien in ihrer Summe die beiden Streuflüsse bilden[3] (Abb. 2). Dieser Definition liegt der Schluß zugrunde, daß die Kraftlinien sich nur um jenen Kreis schließen, von dem aus sie erregt werden. Es ist ja das Linienintegral der magnetischen Feldstärke längs einer Streukraftlinie etwa des primären Kreises

$$\oint_{[\Psi_{1s}]} \mathfrak{H}\,\mathrm{d}\mathfrak{s} = \frac{4\pi}{10}\,i_1 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (14)$$

nur von dem primären Strom abhängig.

Sind die Streukraftlinien nach der Voraussetzung unabhängig von dem zweiten Strom, so können sie wohl bei Belastung zusammengedrängt werden oder sich auf größere Bereiche entspannen, aber der Streufluß, das ist ihre Summe, muß konstant bleiben. Hat man den Streufluß etwa für Erregung nur einer Seite (Leerlauf) nach obigem bestimmt, so muß das auch gleich der Streufluß bei Belastung sein, wenn beide Seiten Strom führen. Dann können auch die gemeinsamen Flüsse algebraisch addiert werden,

$$\Phi'_g = \Phi'_{g_1} + \Phi'_{g_2}.$$

Man kann nun auch hier in Analogie zu Gl. (10) Streukoeffizienten definieren,

$$\sigma_1' = \frac{\Phi'_{1s}}{\Phi'_{g_1}} \qquad \sigma_2' = \frac{\Phi'_{2s}}{\Phi'_{g_2}}, \quad \ldots\ldots \quad (15)$$

wobei alle Größen aus den Kraftlinienbildern zu entnehmen sind.

3. Prüfung an einem Beispiel.

Wir haben zwei verschiedene Methoden für die Definition der Streuung kennengelernt. Es ist nun die Frage zu entscheiden, ob sie Identisches liefern oder Verschiedenes. Im allgemeinen war man der Meinung, daß beide Definitionen zu gleichen Ergebnissen führen müßten, da ein innerer Zusammenhang zwischen Kraftlinienbild und physikalisch-mathematischer Beschreibung vermutet wird. Hier setzen die grundlegenden Untersuchungen von H. Hemmeter[4] ein, welche von L. Fleischmann[5] weiterverfolgt wurden und die bisherige Streuungsberechnung bedrohen sollen. Wir wollen hier den Widerspruch an Hand der beiden Definitionen an einem einfachen Beispiele darlegen und im folgenden erst die Lösung des Widerspruches in Angriff nehmen.

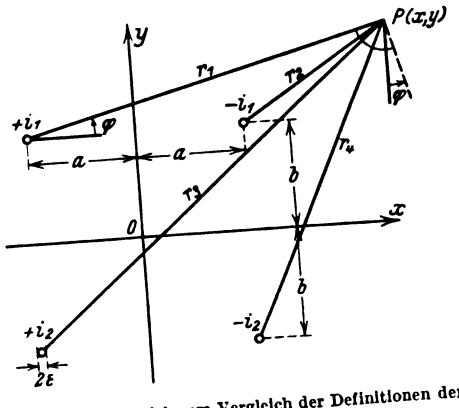


Abb. 3. Einfaches Beispiel zum Vergleich der Definitionen der Streuung.

Es seien 4 lineare, unendlich lange Leiter (mit sehr kleinem Radius ε) in der Anordnung von Abb. 3 gegeben. Die beiden oberen Leiter bilden die Primärschleife, die beiden unteren Leiter die Sekundärschleife, die ganze Anordnung einen Lufttransformator einfachster Art. Da kein Eisen vorhanden ist, kann die Feldstärke in jedem Punkte als die Vektorsumme der Feldstärken aufgefaßt werden, welche die 4 einzelnen Leiter im gleichen Punkte erregen. Rechnerisch zerlegt man besser die Feldstärke in 2 aufeinander senkrechte Komponenten, wie etwa in Abb. 4 für

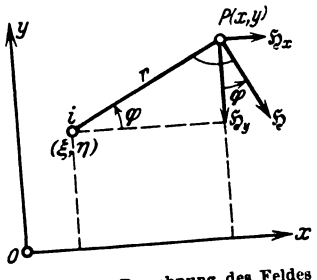


Abb 4. Zur Berechnung des Feldes um einen Strom.

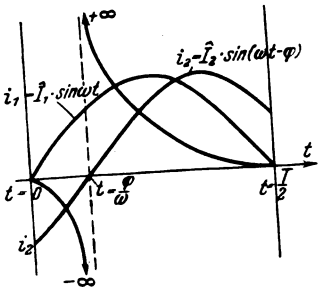


Abb. 5. Der Quotient zweier phasenverschobener Ströme.

einen einzelnen linearen Leiter gezeigt, dessen Querschnittspunkt durch (ξ, η) gegeben ist, während den willkürlichen Punkt P mit den Koordinaten (x, y) angibt. Die Feldstärke in P wird in bekannter Weise durch

$$\mathfrak{H} = \frac{0{,}2}{r}\,i$$

gegeben und die Komponenten sind

$$\left.\begin{aligned} H_x &= +H\sin\varphi = +0{,}2\,\frac{y-\eta}{r^2}\,i \\ H_y &= -H\cos\varphi = -0{,}2\,\frac{x-\xi}{r^2}\,i \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots \quad (16)$$

Wendet man diese Zerlegung auf die Anordnung in Abb. 3 an und addiert die Einzelbeträge, so ergibt sich die gesamte Feldstärke durch

$$\left.\begin{aligned} H_x &= +0{,}2\left[\,i_1\left(\frac{y-b}{r_1^2}-\frac{y-b}{r_2^2}\right)+i_2\left(\frac{y+b}{r_3^2}-\frac{y+b}{r_4^2}\right)\right] \\ H_y &= -0{,}2\left[\,i_1\left(\frac{x+a}{r_1^2}-\frac{x-a}{r_2^2}\right)+i_2\left(\frac{x+a}{r_3^2}-\frac{x-a}{r_4^2}\right)\right] \end{aligned}\right\}. \quad (17)$$

Diese Angaben genügen bereits, um nach der physikalischen Definition die Induktivitäten und die Streukoeffizienten zu berechnen.

Wir rechnen den Fluß durch die Schleife $\pm i_1$ für je 1 cm Länge der Leiter. (Alle folgenden Rechnungen beziehen sich der Einfachheit halber ebenfalls auf die Länge 1 cm der Leiter.)

Dafür ist $y = b$ zu setzen, und wir haben

$$\Phi_1 = 2\int_{x=0}^{x=a-\varepsilon} H_y\,\mathrm{d}\,x\;\underset{[y=b]}{} = -0{,}4\left\{ i_1 \ln\frac{2a}{\varepsilon} + i_2 \ln\frac{\sqrt{a^2+b^2}}{b}\right\}. \quad (18)$$

Weil nun nach dem physikalischen Ansatz Gl. (4) mit Gl. (7) gilt

$$\Phi_1 = L_1 i_1 + M i_2, \quad \ldots\ldots \quad (19)$$

erkennt man sofort die Induktivitäten für 1 cm der Schleifenlängen:

$$\left.\begin{aligned} L_1 &= -0{,}4\ln\frac{2a}{\varepsilon} \\ M &= -0{,}4\ln\frac{\sqrt{a^2+b^2}}{b} \\ L_{1s} = L_1 - M &= -0{,}4\ln\frac{2ab}{\varepsilon\sqrt{a^2+b^2}} \end{aligned}\right\}, \quad \ldots \quad (20)$$

und diese Größen sind vollkommen unabhängig von den Stromstärken in den Schleifen. In gleicher Weise ergeben sich auch die Induktivitäten für den sekundären Kreis. Die negativen Vorzeichen sind durch die Zuordnung von Stromrichtung und Koordinatensystem bedingt und können weggelassen werden, ohne den Sinn zu stören. — Man kann zur Kontrolle auch jenen Fluß rechnen, der seitwärts zwischen den beiden Schleifen austritt. Er muß gleich sein der Summe der Streuflüsse. Die wirkliche Ausrechnung zeigt auch tatsächlich die Richtigkeit dieser Überlegung.

[3] Als Beispiel s. a.: R. Richter, Elektrische Maschinen Bd. 1, S. 28, Bild 24.
[4] H. Hemmeter, Arch. El. Bd. 15, S. 193 (1925); Bd. 16, S. 124 (1926); ETZ 1926, S. 342; 1927, S. 244.
[5] L. Fleischmann, Arch. El. Bd. 21, S. 312 (1928); El. u. Maschinenb. Bd. 47, S. 457 (1929). ETZ 1929, S. 1027.

Digitized by Google

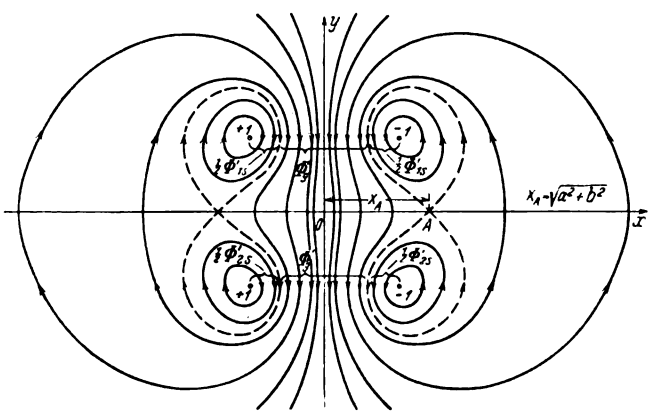
Nun versuchen wir die Streuflüsse und Induktivitäten aus den Kraftlinienbildern zu gewinnen. Die Differentialgleichung der Kraftlinien ist

$$\frac{H_y}{H_x} = \frac{\mathrm{d}\,y}{\mathrm{d}\,x} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (21)$$

und die Integration liefert nach einigen umständlichen Umrechnungen die einfache Form[6]

$$\left(\frac{r_1}{r_2}\right)^{i_1}\left(\frac{r_3}{r_4}\right)^{i_2} = C. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (22)$$

Nun beginnt die Schwierigkeit! i_1 und i_2 sind Wechselströme, welche im allgemeinen eine gewisse Phasenverschiebung gegeneinander besitzen. Es wird daher die mathematische Gleichung der Kraftlinien, wie sie Gl. (22) ausdrückt, in jedem Zeitpunkt ein anderes Bild ergeben. Die Mannigfaltigkeit ist unendlich groß, denn i_1 und i_2 können innerhalb einer Periode jedes beliebige Größenverhältnis zwischen $+\infty$ und $-\infty$ annehmen (Abb. 5). Die Abb. 6 ... 9 zeigen den Kraftlinienverlauf für verschiedene Zeitpunkte, nämlich $\frac{i_1}{i_2} = \frac{+1}{+1}, \frac{+1}{-1}, \frac{+1{,}5}{-1{,}0}, \frac{+2{,}0}{-1{,}0}$. Es wurden Kraftlinien eingezeichnet, die durch die gleichen Teilpunkte jeder Schleifenebene hindurchgehen, um die Veränderung des Bildes besser deutlich zu machen, da die einzelnen Kraftlinien ja weiter nicht in ihrer Verformung nachzuweisen sind.



Kraftlinienbild für $\frac{i_1}{i_2} = \frac{+1{,}0}{+1{,}0}$: $\Phi_g' = -0{,}8 \ln \frac{\sqrt{a^2+b^2}}{b}$; $\Phi_g = M(i_1+i_2) = 2M$ } $M = M'$

Abb. 6. Feldbild bei gleichgerichteter Erregung; Stromverhältnis 1 : 1.

In Abb. 6 sind Streuflüsse und gemeinsamer Fluß sehr leicht zu unterscheiden und auch an Kraftlinien bei entsprechender Zeichnung abzuzählen. Die strichlierte Kurve mit dem Doppelpunkt A trennt Streugebiet und Induktionsgebiet vollkommen scharf voneinander. Die Abszisse des Punktes A bestimmt sich aus der Bedingung, daß dort die resultierende Feldstärke Null wird. Aus Gl. (17) ergeben sich somit

$$x_A = \pm\sqrt{a^2+b^2}, \qquad y_A = 0. \quad \ldots\ldots \quad (23)$$

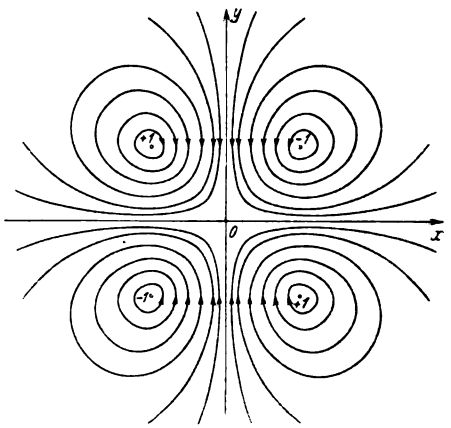
Damit können wir jetzt den gemeinsamen Fluß Φ_g' bestimmen, der beide Schleifen durchsetzt, wenn wir einfach längs der Abszissenachse von $x = -x_A$ bis $x = +x_A$ wie in Gl. (18) integrieren. Wir erhalten aus Symmetriegründen

$$\Phi_g' = 2\int_{x=0}^{x=x_A} H_y\,\mathrm{d}\,x = -0{,}8 \ln \frac{\sqrt{a^2+b^2}}{b}. \quad \ldots \quad (24)$$

Die Verwendung von Gl. (9) mit $i_1 = i_2$ würde also eine Gegeninduktivität M' liefern:

$$M' = -0{,}4 \ln \frac{\sqrt{a^2+b^2}}{b} = M. \quad \ldots\ldots \quad (25)$$

In diesem Falle zeigen somit Kraftlinienbild und physikalische Definition gleiche Ergebnisse. Wir ziehen daraus den Schluß, daß für gleichgroße gleichphasige Ströme die beiden grundsätzlichen Definitionen Gleiches liefern, daß das Aufzeichnen von Kraftlinienbildern in diesem Falle physikalischen Sinn hat.



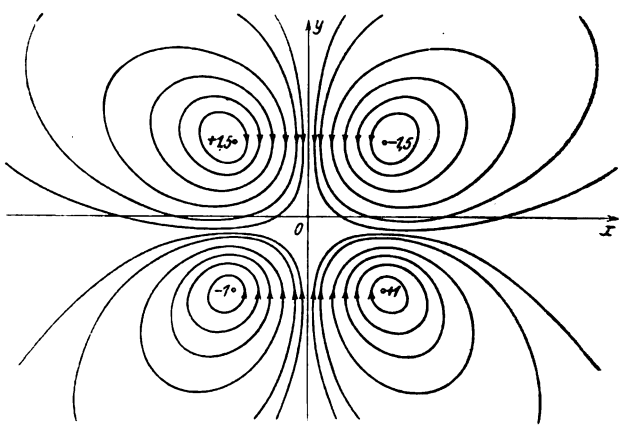
Kraftlinienbild für $\frac{i_1}{i_2} = \frac{+1{,}0}{-1{,}0}$: $\Phi_g' = 0$; $\Phi_g = M(i_1+i_2) = 0$; $i_1 + i_2 = 0$

Abb. 7. Feldbild bei entgegengesetzter Erregung; Stromverhältnis 1 : 1.

Abb. 7 stellt den Fall $\frac{i_1}{i_2} = \frac{+1}{-1}$ dar, die sog. Gegenschaltung mit Gleichheit der Ströme. Infolge vollkommener Symmetrie ist eine Verkettung von Kraftlinien mit beiden Schleifen vollkommen unmöglich, auch ist

$$\Phi_g = M(i_1+i_2) = 0,$$

so daß das Kraftlinienbild in seiner Aussage wieder übereinstimmt mit der physikalischen Definition.



Kraftlinienbild für $\frac{i_1}{i_2} = \frac{+1{,}5}{-1{,}0}$: $\Phi_g' = 0$; $\Phi_g = M(i_1+i_2) \neq 0$, $i_1 + i_2 \neq 0$ } $[M' = 0]$

Abb. 8. Feldbild bei entgegengesetzter Erregung; Stromverhältnis 1 : 1,5.

Aber Abb. 8 zeigt wenig veränderte Verhältnisse, trotzdem jetzt $\frac{i_1}{i_2} = \frac{+1{,}5}{-1{,}0}$ und

$$\Phi_g = M(i_1+i_2) = +0{,}5\,M \quad \ldots\ldots \quad (26)$$

wird. Es müßte somit ein gemeinsamer Fluß bestehen, während das Kraftlinienbild keinen erkennen läßt. Es ist keine einzige Kraftlinie mit beiden Kreisen verkettet, die Kraftlinien um die oberen Schleifenleiter haben sich im Vergleich zu Abb. 7 lediglich etwas weiter gespannt und jene der unteren Schleifenleiter etwas zusammengepreßt. Gilt also $i_1 + i_2 = 0$, so muß, weil $\Phi_g' = 0$, unbedingt

$$M' = 0 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (27)$$

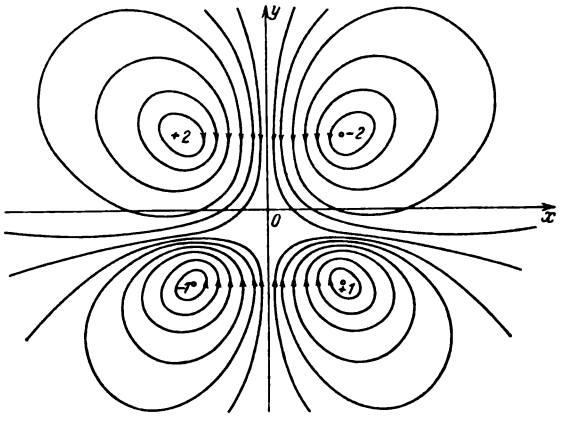
folgen. Dieser klare Widerspruch von Gl. (26) und (27) ist nicht für die gewählte Schleifenanordnung kennzeich-

[6] Vgl. H. Hemmeter, Arch. El. Bd. 15, S. 202 (1925), Gl. (5).

Digitized by Google

nend, er tritt stets prinzipiell auf, und das hat Hemmeter entdeckt, wie schon oben bemerkt wurde. Selbst noch Abb. 9 zeigt $M' = 0$ und wenig Veränderung gegen Abb. 7, obwohl schon $\frac{i_1}{i_2} = \frac{+2{,}0}{-1{,}0}$ gewählt ist, also

$$\Phi_g = M(i_1 + i_2) = M \neq 0. \quad \ldots \quad (26a)$$



Kraftlinienbild für $\frac{i_1}{i_2} = \frac{+2{,}0}{-1{,}0}$; $\Phi_g' = 0$ / $\Phi_g = M(i_1 + i_2) \neq 0$; $i_1 + i_2 \neq 0$ } [$M' = 0$?]

Abb. 9. Feldbild bei entgegengesetzter Erregung; Stromverhältnis 1 : 2.

Es ließen sich diese Kraftlinienbilder natürlich für die verschiedensten Zeitpunkte noch weiterführen und etwa bei $\frac{i_1}{i_2} = \frac{+3{,}0}{-1{,}0}$ würde ein gemeinsamer Fluß bereits zu erkennen sein, stets bliebe aber die Definition des gemeinsamen Flusses und damit der Streuung aus dem Kraftlinienbilde wesentlich verschieden von jener aus dem physikalisch-mathematischen Ansatz:

$$M' = f(i_1, i_2) \neq M.$$

Mit Ausnahme der beiden Grenzfälle in den Abb. 6 und 7 besteht somit scharfer Widerspruch zwischen technischer und physikalischer Definition der Streuung und Verkettung, und diese Tatsache hat Fleischmann in seinem obengenannten Aufsatz durch Versuche mit Meßschleifen, durch Eisenfeilichtbilder und Rechnungen[7] an einem einfachen Modell nachgewiesen, gestützt auf die Ausführungen von Hemmeter. Der von je einer Schleife umfaßte gesamte magnetische Fluß bleibt natürlich in beiden Definitionsfällen der gleiche, nur die Aufteilung auf gemeinsames Feld und Streufeld wie in Gl. (8) ist für beide Fälle wesentlich verschieden.

4. Lösung des Widerspruches.

Hemmeter versuchte den Widerspruch aufzuheben, indem er an dem physikalischen Ansatz Gl. (8) eine willkürliche Korrektur vornahm, nämlich die Aufteilung in Streu- und verketteten Fluß nach dem Kraftlinienbild richten wollte[8]). Er setzte an Stelle von Gl. (9) die Definitionen

$$\left.\begin{aligned} \Phi'_{1s} &= \Phi_{1s} - \Delta \\ \Phi'_{2s} &= \Phi_{2s} - \Delta \\ \Phi'_g &= \Phi_g + \Delta, \end{aligned}\right\} \quad \ldots \quad (29)$$

wobei Δ ein zeitabhängiger Zusatzfluß ist, der für jede Anordnung erst bestimmt werden muß, also auch geometrisch abhängig ist. Es ist also jetzt die Zerlegung

$$\Phi_1 = \Phi'_{1s} + \Phi'_g$$

eine vollkommen zeit- und raumabhängige! Würde man in Analogie zu Gl. (9) jetzt auch setzen

$$\Phi'_{1s} = (L_1 - M')\, i_1 = L'_{1s} + i_1$$
$$\Phi'_g = M'(i_1 + i_2),$$

so wären diese Induktivitäten jetzt zeitveränderliche Größen, die natürlich gar keine physikalische Bedeutung mehr haben könnten. Auch die Streukoeffizienten wären wie die Wechselstromgrößen selbst schwingende Größen und nicht einmal von Sinusform. Warum aber dann trotzdem die bisherigen Streuungsrechnungen so ziemlich übereinstimmten mit den Versuchswerten, muß dabei ein Rätsel bleiben.

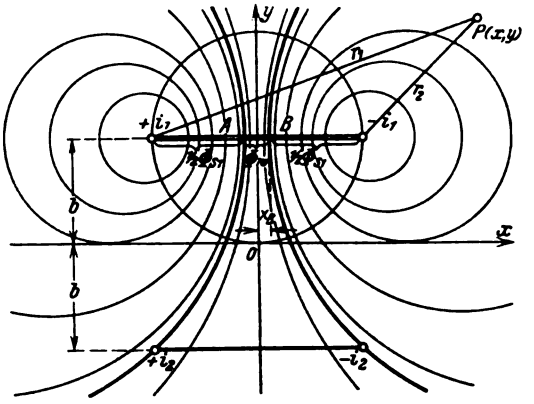


Abb. 10. Feldbild bei einseitiger Erregung.

Ordnen wir einmal den physikalisch-mathematischen Ansätzen Kraftlinienbilder zu. Zunächst entwirft eine einzelne Schleife, etwa $\pm i_1$ (Abb. 10) ein Feld, dessen Kraftlinien im gegebenen Falle durch Kreise gegeben sind, deren Mittelpunkte auf der Verbindungsgeraden $+i_1$ mit $-i_1$ gelegen sind. Aus dem Kraftlinienbild lassen sich sehr leicht die Grenzkraftlinien angeben, welche den „einseitig verketteten" Streufluß vom „doppelt verketteten" Fluß scheiden. Die Gleichung der Kraftlinien ist aus Gl. (22) mit $i_2 = 0$

$$\left(\frac{r_1}{r_2}\right)^{i_1} = C,$$

oder da der Exponent i_1 nicht maßgebend für die Form der Kraftlinien ist, auch einfach

$$\frac{r_1}{r_2} = K, \quad \ldots \quad (30)$$

eben die obenerwähnte Kreisschar. Der Parameter der rechten Grenzkraftlinie ist etwa durch $x = +a$, $y = -b$ aus Gl. (30) mit den speziellen Werten von r_1, r_2 zu ermitteln,

$$K^* = \frac{\sqrt{4a^2 + 4b^2}}{\sqrt{4b^2}} = \frac{\sqrt{a^2 + b^2}}{b}.$$

Der Schnittpunkt dieses Grenzkreises und der Verbindungsgeraden $(+i_1, -i_1)$ ist mit $y = b$ und K^* wieder aus Gl. (30) zu rechnen, er ergibt sich zu

$$x_B = a\,\frac{\sqrt{a^2 + b^2} - b}{\sqrt{a^2 + b^2} + b}. \quad \ldots \quad (31)$$

Wegen der Symmetrie ist der Anteil des gemeinsamen Flusses

$$\Phi_{g_1} = 2 \int_{x=0}^{x_B} H_y \,\mathrm{d}\,x \quad [y = b]$$

Wird H_y nach Gl. (17) mit $i_2 = 0$ eingeführt, so ergibt die ausgeführte Integration

$$\Phi_{g_1} = -0{,}4\, i_1 \ln \frac{\sqrt{a^2 + b^2}}{b} \quad \ldots \quad (32)$$

und daraus ist nach Gl. (9)

$$M = -0{,}4 \ln \frac{\sqrt{a^2 + b^2}}{b},$$

also identisch mit Gl. (20)! In ähnlicher Weise würden sich auch L_1 und die Streuinduktivität $(L_1 - M)$ identisch mit Gl. (20) erweisen. Für die einzelnen Schleifen stimmen also Kraftlinienbild und physikalischer Ansatz in der Aussage überein. Verkettung und Streuung zweier

[7] Vgl. C. Fröhlich, El. u. Maschinenb. Bd. 47, S. 469 (1929).
[8] Arch. El. Bd. 15, S. 208 (1925).

Digitized by Google

Stromkreise im Leerlauf sind unabhängig von der Anschauungsweise und Definitionsart.

Wieso kommt es nun, daß bei Belastung, also wenn beide Kreise Strom führen, der physikalische Ansatz unverändert weiter gilt und für die Induktivitäten gleiche Werte ergibt, während das resultierende Kraftlinienbild eine Zeitveränderlichkeit der Induktivitäten abhängig von den beiden Kreisströmen vorspiegelt? Denken wir in Abb.10 auch die untere Schleife von Strom durchflossen ($\pm i_2$), und zeichnen wir zunächst die beiden Teilkraft-

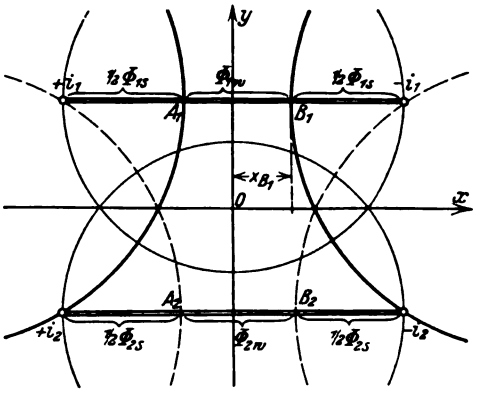


Abb. 11. Abgrenzung der Flüsse bei beiderseitiger Erregung.

linienbilder übereinander wie in Abb. 11, so gewinnt man ein anschauliches Bild für die Grundgleichung (8) etwa für den primären Fluß:

$$\Phi_1 = (L_1 - M)\, i_1 + M\, i_1 + M\, i_2 . \quad . \quad . \quad . \quad (33)$$

Dabei ist $M\, i_1$ der primär erregte Fluß, der durch die sekundäre Schleife tritt, und $M\, i_2$ umgekehrt der sekundär erregte Fluß, der durch die primäre Schleife tritt. Die Summe beider Flüsse $M(i_1 + i_2)$ bewirkt die eigentliche Induktion, ist am Induktionsvorgang wirksam übertragend beteiligt; ich möchte ihn abkürzend einfach Wirkfluß Φ_w nennen[9], der dann gut den Gegensatz zum Streufluß bildet, dessen primärer Anteil $(L_1 - M)\, i_1$ gegeben ist. Entsprechend wird die Induktivität M Wirkinduktivität genannt, und Streuung als Vorgang ist Mangel an Wirkinduktion. Diese Teilung ist vollkommen unabhängig von den Stromverhältnissen, denn es sind dafür nur die Teilkraftlinienbilder erforderlich, welche ihre Gestalt nicht verändern[10]. Diese physikalisch-technische Definition der Flußteilung ist einwandfrei anschaulich und ruht auf dem Grundgesetze linearer Vorgänge, dem Überlagerungs- (Superpositions-) Gesetz[11]. Die rein mathematische Bedeutung dieser Definitionen geht aber noch weiter, indem sie aus der resultierenden Induktionsverteilung durch einfache Integrationen die Induktivitäten L_1, L_2, M zu berechnen gestattet, ohne Aufzeichnung der Kraftlinienbilder (s. das Beispiel in Abschn. 3).

Greifen wir nun einen beliebigen Punkt P aus dem felderfüllten Raum heraus, so herrschen in ihm die beiden Teilfeldstärken $\mathfrak{H}_1$ und $\mathfrak{H}_2$, die von den beiden Stromkreisen herrühren (Abb. 12). Die Richtungen der Feldvektoren bleiben unverändert, aber ihre Größe ändert sich gemäß den erregenden Strömen sinusförmig, etwa nach

$$\left.\begin{aligned} |\mathfrak{H}_1| &= H_1 \sin \omega t \\ |\mathfrak{H}_2| &= H_2 \sin (\omega t - \psi) . \end{aligned}\right\} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (34)$$

Die resultierende Feldstärke ist für jeden Zeitpunkt aus den Augenblickswerten der beiden Vektoren zusammenzusetzen. Für $\psi = 60°$ ist dies in Abb. 12 geschehen. Wir sehen also, daß in jedem Punkte des Raumes nunmehr ein elliptisches Drehfeld besteht, die Feldstärke $\mathfrak{H} = \mathfrak{H}_1 + \mathfrak{H}_2$ ändert in jedem Augenblick Richtung und Größe! Außerdem ändern sich auch die Lage und Größe der Grundvektoren $\mathfrak{H}_1$ und $\mathfrak{H}_2$ von Punkt zu Punkt und mit ihnen die Ellipsen nach Form und Lage. Da die Kraftlinien rein mathematisch definiert sind als Tangentenkurven des Feldvektors $\mathfrak{H}$, so ist klar, daß sich ihre Form und Gestalt beständig ändern, aber keine Kraftlinie ist durch einen der Ströme allein bedingt, alle Kraftlinien hängen von beiden Strömen gleichzeitig ab[12]. Aus dem resultierenden Felde läßt sich daher keine Bedingung für die Induktionswirkung der Kraftlinien aufstellen, man kann nicht mehr wirksame Kraftlinien und Streulinien analog zum Wirkfluß und Streufluß unterscheiden. Es lassen sich wohl Kraftlinien abgrenzen, welche nur einen Stromkreisleiter und solche, welche beide umschließen, aber ihre Form ist durch beide Ströme gleichzeitig bestimmt. Man nennt Kraftlinien der ersteren Art einseitig verkettet, solche der zweiten Art doppelt verkettet, aber Wirkfluß und doppelt verketteter Fluß sind nicht identisch, so wenig wie einseitig verketteter Fluß und Streufluß. Verkettung im Kraftlinienbild und Induktionswirkung haben nicht das geringste miteinander zu tun. Das wird auch aus Abb. 11 ohne weiteres klar, weil in jedem Punkte der Schleifenebene von der sekundären Seite her ein gewisser Betrag an Feldstärke gewissermaßen Wirkfeldstärke ist, während außerhalb der Punkte A und B von der primären Seite her in den gleichen Punkten Streufeldstärke herrscht, also notwendig die Kraftlinien dort ohne Rücksicht auf ihre Verkettung Zwitter bezüglich der Induktionswirkung sind.

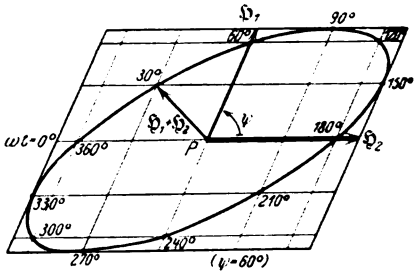


Abb. 12. Bei beiderseitiger Erregung herrscht in jedem Punkte ein elliptisches Drehfeld.

Zusammenfassend kann man ganz kurz sagen: Man darf die resultierende Induktionsverteilung im Raum mathematisch, aber nicht geometrisch verwerten. D. h. man darf durch Integrationen die Flüsse und aus ihnen die Induktivitäten bestimmen, man darf aber nicht Kraftlinien abzählen und nach ihrer Verkettungsart sondern.

Es wäre noch aufzuklären, ob das allgemeine Gesetz

$$\oint \mathfrak{H}\, \mathrm{d}\mathfrak{s} = \frac{4\pi}{10}\, i ,$$

aus dem die alleinige Abhängigkeit der Kraftlinien vom umschlungenen Strom geschlossen wurde, weiterhin Geltung besitzt. Offenbar! denn es sagt nur vom Linienintegral über eine geschlossene Kurve aus, nicht aber über die Feldverteilung, welche durch die Teilvektoren $\mathfrak{H}_1$ und $\mathfrak{H}_2$ bereits genügend gekennzeichnet ist. *(Schluß folgt.)*

[9] Die Analogie zur Wirkkomponente der Wechselstromgrößen ist verständnisfördernd, denn von dem gesamten erzeugten magnetischen Feld ist nur dieser Anteil induzierend wirksam. Auch lassen sich sehr leicht die Umlaufspannungen unterteilen in Wirkschwund und Streuschwund, sowohl primär als auch sekundär.

[10] Man könnte den Induktionsvorgang veranschaulichen durch ein rhythmisches Sättigen und Entfärben der Kraftlinien (blau für positiv und rot für negativ) in einem endlosen Farbfilm.

[11] Siehe auch die Fußnote 1 in L. Kneißler-Maixdorf, El. u. Maschinenb. Bd. 44, S. 773 (1926) sowie die Diskussionsbemerkung von R. Hiecke, ebenda Bd. 47, S. 843 (1929).

[12] Man könnte auch das resultierende Kraftlinienbild in einem endlosen Film leicht darstellen und so das Wogen und Arbeiten der Kraftlinien beobachten.

Digitized by Google

Die Verwendung von Kondensatoren zur Verbesserung des Leistungsfaktors unter besonderer Berücksichtigung praktischer Erfahrungen*.

Von Dir. Dipl.-Ing. **M. Tama**, Finow (Mark).

Übersicht. Die elektrostatischen Kondensatoren, die bisher nur in geringem Umfange zur Verbesserung des Leistungsfaktors verwendet worden sind, wurden planmäßig in den Werken der Hirsch, Kupfer- und Messingwerke für diese Zwecke herangezogen. Gegenwärtig arbeitet dieses Werk bei einer Spitzenleistung von rd. 7500 kW mit einem cos φ von über 0,99, wobei für die Phasenverbesserung in der Hauptsache statische Kondensatoren verwendet werden. Damit ist die Brauchbarkeit dieser Einrichtungen im großen Maßstabe erwiesen.

In der Schwachstromtechnik ist der statische Kondensator heute allgemein bekannt. Man kann sagen, daß fast jedes Kind mit dem Wesen des Kondensators vertraut ist und ihn beispielsweise in seinem Radioempfänger anzu-

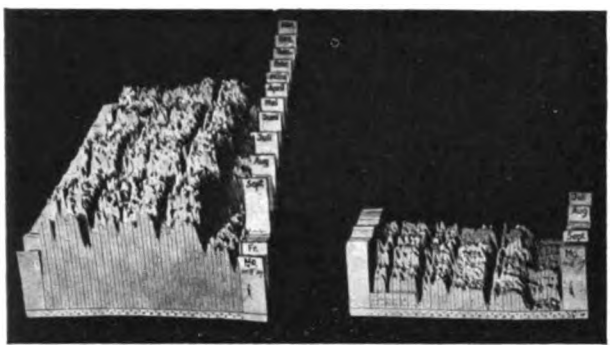


Abb. 1. Belastungsgebirge des Aron-Hirsch-Werkes. — Links Wirklast, rechts Blindlast.

wenden versteht. In der Starkstromtechnik dagegen glaubt man heute noch, daß der statische Kondensator, der dort als ein vorzügliches Mittel zur Verbesserung des Leistungsfaktors benutzt werden kann, noch nicht genügend entwickelt und daher noch nicht zuverlässig und in der Anschaffung zu teuer sei. Die Erfahrungen, die wir auf diesem Gebiete im Aron-Hirsch-Werk der Hirsch, Kupfer- und Messingwerke AG in Finow b. Eberswalde gemacht haben, erstrecken sich auf die letzten fünf Jahre. Wir haben uns wie vielleicht kein anderes industrielles Werk mit den Starkstromkondensatoren und ihrer Verwendung zur Verbesserung des Leistungsfaktors beschäftigt. Unsere Erfahrungen sind heute bis zu einem gewissen Teil abgeschlossen; wir haben uns daher entschlossen, sie öffentlich bekanntzugeben, da wir glauben, daß sie von allgemeinem Interesse sein werden.

Bisher hat man zur Verbesserung des Leistungsfaktors vornehmlich die rotierenden Phasenschieber gehabt. Das geht so weit, daß man in der englische Sprache die Phasenschieber als „rotierende Kondensatoren" bezeichnet. Die besonderen Verhältnisse, die uns veranlaßt haben, diese Frage so eingehend zu studieren, wird man vielleicht besser verstehen, wenn ich einige Zahlen über den elektrischen Betrieb in einem Messingwerk mitteile. In einem solchen Werk werden in der Hauptsache Walzwerke, Pressen, Pumpen und alle Arten von Maschinen benutzt, die einen sehr schwankenden Kraftverbrauch haben. Ein Walzwerk wird meist mit Motoren ausgerüstet, die zu groß bemessen sind, und deren Magnetisierungsstrom im Leerlauf daher sehr beträchtlich ist; ebenso ist es bei den Pumpen, die zum Antrieb von hydraulischen Pressen verwendet werden. Alle diese Motoren ergeben bekanntlich einen sehr schlechten Leistungsfaktor, insbesondere während der Leerlaufzeit. Es kommt noch hinzu, daß in den Metallwerken im Laufe der letzten Jahre zum Schmelzen der Metalle Induktionsöfen eingeführt worden sind, die ebenfalls eine große Blindleistung in die Verbrauchskurve des Werkes hineinbringen. Wir haben also zwei sehr ungünstige Belastungsfaktoren und man kann sich vorstellen, daß der Leistungsfaktor deshalb nicht besonders günstig ist. Als wir vor etwa 5 Jahren begannen, unsere Stromwirtschaft umzustellen, stand unser Leistungsfaktor etwa bei 0,5. Unsere erste Maßnahme war, die größeren Motoren mit rotierenden Phasenschiebern zu versehen. Das ging natürlich nur bei den Motoren, die dazu geeignet waren. Als wir aber vor der Frage standen, die Phasenkompensationen für die Öfen einzurichten, da war es uns klar, daß wir zu anderen Mitteln greifen mußten. So kamen wir auf die Kondensatoren. Bei der Phasenkompensation durch rotierende Maschinen ist immer störend, daß diese Maschinen nicht immer da sind, wenn man sie braucht, da sie öfter aussetzen. Die Tarife der Elektrizitätswerke sind nun sehr rigoros und nehmen auf solche Ausfälle keine Rücksicht. Wir mußten daher auch in bezug auf die Zuverlässigkeit etwas Neues haben.

Diese kurze Erläuterung wollte ich voranschicken, um zu zeigen, weshalb wir uns gerade mit dieser Frage mehr beschäftigen mußten. Die Bilder, die ich im folgenden zeigen werde, werden kurz die Belastungsverhältnisse eines solchen Werkes veranschaulichen.

Abb. 1 zeigt das Belastungsgebirge des Werkes. Es sind zwei Kurvenscharen aufgenommen, eine für die Wirklast und eine für die Blindlast. Es hat sich als sehr zweckmäßig erwiesen, beide Kurven nebeneinander zu verfolgen, da man auf diese Weise in der Lage ist, festzustellen, wo die Blindlast entsteht. Man weiß z. B., daß zu bestimmten Stunden in der dritten Nachtschicht bestimmte Wirkleistungen gebraucht werden, und man weiß auch, wo diese Leistungen liegen, da sich der Betrieb nur auf wenige Stellen beschränkt. Durch verschiedene andere Mittel ist man nun in der Lage, durch Auftragung dieser beiden Diagramme die Entstehungsursache der Blindlast festzustellen und somit auch zu ermitteln, wo die Kompensation ange-

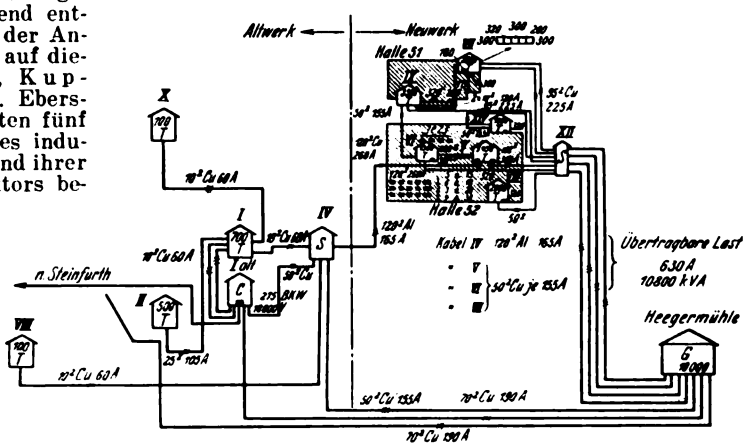


Abb. 2 Schema der Verteilungsleitungen und der eingebauten Kondensatoren.

bracht werden muß. Man sieht aus diesem Diagramm, daß in der Spitze eine Leistung von 7500 kW vorhanden ist. Dieser Leistungsentnahme entspricht ein Verbrauch von etwa 45 Mill kWh im Jahre. Die Belastung ist also in diesem Werk möglichst gleichmäßig. Wie ich später bei der Betrachtung der Wirtschaftlichkeit von Kondensatoren und Kompensationseinrichtungen überhaupt zeigen werde, ist das ein sehr wichtiger Punkt. Beide Diagramme zeigen die augenblicklichen Verhältnisse; sie entsprechen einem cos φ von etwa 0,92. Aus dem Diagramm ist ersichtlich, daß zu bestimmten Zeiten, z. B. in den Pausen, die Blindlast beinahe aufhört.

* Vortrag, gehalten im Elektrotechnischen Verein am 29. X. 1929. Besprechung auf S. 1248 dieses Heftes.

Digitized by Google

Abb. 2 zeigt die räumlichen Verhältnisse der Starkstromverteilung dieses Werkes. Wir beziehen den Strom vom Überlandnetz des Märkischen Elektrizitätswerks über verschiedene Leitungen, die teilweise zum Neuwerk, teilweise zum Altwerk gehen. Der Strom wird bezogen in Form von Drehstrom von 10 000 V, 50 Hz, und wird in verschiedenen Transformatorstationen auf die Gebrauchspannung von etwa 400 V transformiert. Aus Abb. 2 ist ersichtlich, in welchem Maßstabe Kondensatoren zum Zwecke der Verbesserung des Leistungsfaktors in diesem Werk installiert worden sind.

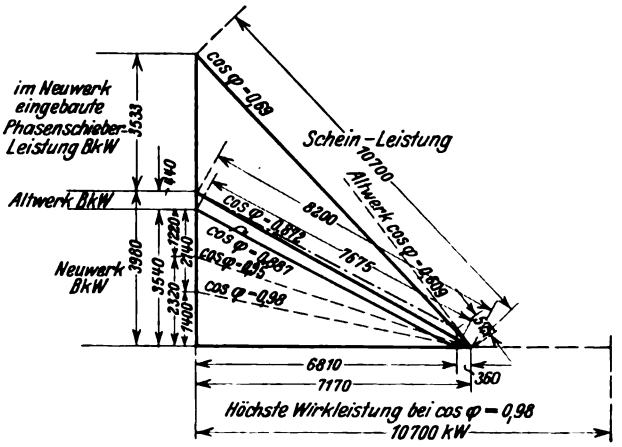


Abb. 3. Vektordiagramm des Werkes.

Im Augenblick befinden sich in den verschiedenen Stationen Kondensatoren für eine Spannung von 400 V und solche für eine Spannung von 3000 V, insgesamt für eine Leistung von 2676 BkW. Im Bau befindlich sind weitere Kondensatoren mit einer Gesamtleistung von etwa 1875 BkW, darunter ein Kondensator für eine Spannung von 10 000 V; sie werden in den nächsten Monaten ebenfalls in Betrieb kommen. Die Verteilung der verschiedenen Kondensatoren ist aus Abb. 2 ebenfalls zu ersehen. Sie liegen in der Hauptsache an den Sammelschienen der Gießereianlage. Diese ist mit Induktionsöfen einer Gesamtleistung von etwa 3500 kW ausgerüstet. Die Induktionsöfen geben von sich aus einen cos φ von etwa 0,70. An dieser Stelle ist daher die Wirklast ungefähr gleich der Blindlast. Wir haben hier die größte Anhäufung von Kondensatoren.

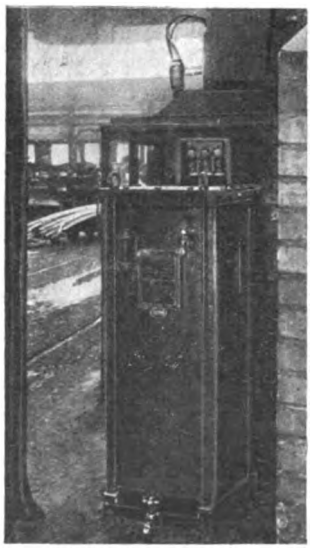


Abb. 4. Kondensator von 24 BkW bei 400 V und 50 Hz.

Abb. 3 zeigt ein Diagramm, aus dem die Belastungsverhältnisse ersichtlich sind. Man sieht zunächst die Wirkleistung des Neuwerks mit 6810 kW an einem bestimmten Tage. Die Gesamtleistung des Werkes — also Neuwerk und Altwerk — beträgt 7170 kW. Die Blindleistung, die sich dabei ergibt, beträgt 3980 + 3533 BkW, so daß, wenn keine Kondensatoren eingebaut wären, sich ein cos φ von 0,69 ergäbe. Hierbei ist bereits die Verbesserung berücksichtigt, die durch den Einbau von rotierenden Phasenschiebern erzielt wird. Das übrige wird aber ausschließlich durch Kondensatoren gemacht. Mit Hilfe der bereits eingebauten Kondensatoren kommen wir auf einen cos φ von 0,872. Bei vollem Einbau werden wir einen solchen von 0,98 erreichen.

Die folgenden Bilder zeigen Kondensatoren, die bisher schon zur Verwendung gekommen sind. Es ist notwendig, daß man nur zuverlässige Kondensatoren einbaut, d. h. solche, für die schon Erfahrungen vorliegen. Natürlich sind dabei auch viele Irrwege beschritten worden. Insbesondere halte ich es für irrig, sog. Kabelkondensatoren zu verwenden. Man hat sich nämlich gesagt, daß die Kabeltechnik sehr weit entwickelt ist, daß man die Kabel richtig zu isolieren verstehe usw. Man griff also auf sie zurück, steckte sie in einen Öltank und glaubte, einen guten Kondensator zu haben. Es wurde aber dabei nicht beachtet, daß es bei den Kondensatoren sehr wichtig ist, die Wärme richtig abzuführen. Das war bei den Kabeln natürlich nicht möglich, denn wenn ein Kabel in der Erde liegt und sich auf mehrere Kilometer erstreckt, dann ist die Wärmeabführung ganz anders, als wenn dasselbe Kabel zusammengewickelt und in einen Öltank gesteckt wird. Die Kondensatoren, die wir verwenden, sind meist ölgekühlte Kondensatoren, also solche, bei denen die Kondensatorelemente in ein Ölbad eingeführt sind. Das Öl hat den Zweck, die dielektrischen Eigenschaften des Papiers zu verbessern und die Wärme abzuführen. Abb. 4 zeigt z. B. einen Kondensator von 24 BkW bei 400 V. Dieser Kondensator ist direkt an einen Motor angeschlossen, der eine Presse antreibt und auch große Leerlaufzeiten hat. Abb. 5 zeigt einen Kondensator, der an eine hydraulische Pumpe parallel zu einem Motor von 700 kW angeschlossen ist. Der Kondensator ist für eine Spannung von 3150 V ausgeführt; der Motor ist ein Hochspannungsmotor. Wir haben es vorgezogen, dem Kondensator die gleiche Spannung wie dem Motor zu geben, um so den entstehenden Blindstrom an Ort und Stelle zu beseitigen. Dieser Kondensator ist seit etwa 6 Monaten anstandslos in Betrieb.

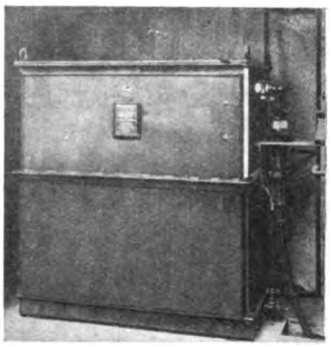


Abb. 5. Kondensator von 320 BkW bei 3150 V und 50 Hz.

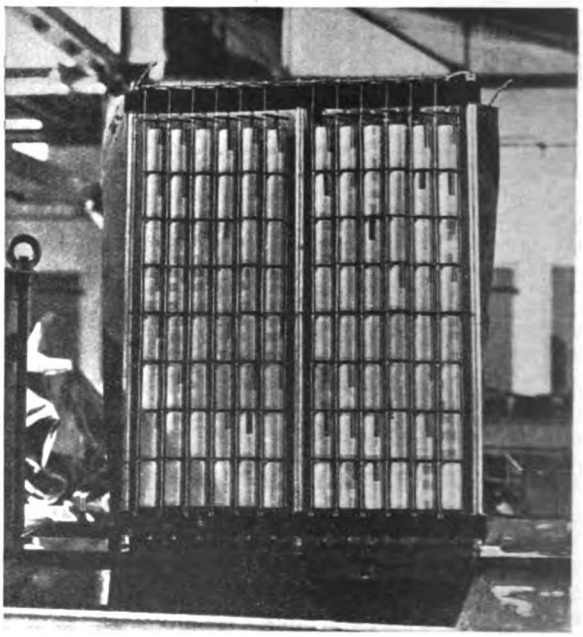


Abb. 6. Rahmengestell eines aus vielen Elementen bestehenden Kondensators.

Abb. 6 zeigt das Innere eines Kondensators. Es handelt sich hier um einen Kondensator von 200 BkW bei 400 V. Man sieht die einzelnen Kondensatorelemente, also die gewickelten Elemente aus Aluminiumfolie mit Papierzwischenlagen. Die einzelnen Elemente werden auf eine Stange gesteckt und diese durch drei Röhren festgehalten und in einen Rahmen gebracht. Sämtliche Rahmen kommen hintereinander in den Öltank[1]. Dann werden die Verbindungen hergestellt und der Kondensator kann nun benutzt werden. Hier ist also das Prinzip gewahrt, von dem ich vorhin sprach, nämlich die einzelnen Elemente so zu kühlen, daß die erzeugte Wärme gleich abgeführt werden

[1] Siehe Näheres im DRP. 376935.

Digitized by Google

kann. Das Öl kann zirkulieren und an die Stirnseite gelangen, so daß es die Wärme von den Metallbelegen aufnimmt.

In Abb. 7 sehen wir eine ganze Batterie von etwa 200 kVA Blindleistung, die aus kleinen Einheiten besteht.

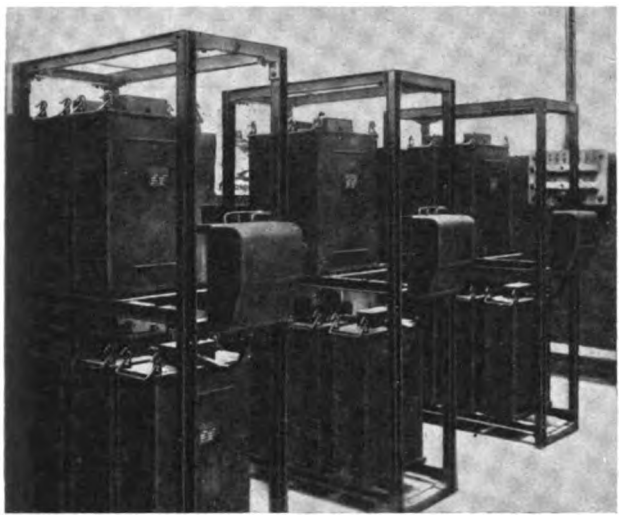


Abb. 7. Batterie aus Einzelkondensatoren von insgesamt 200 BkW bei 400 V und 50 Hz.

Diese Einheiten sind anders aufgebaut als die, welche die vorhergehenden Bilder zeigten. Es handelt sich nicht um rund gewickelte, sondern um länglich gepackte Elemente. Wir haben diese Kondensatoren in einen Rahmen gesteckt,

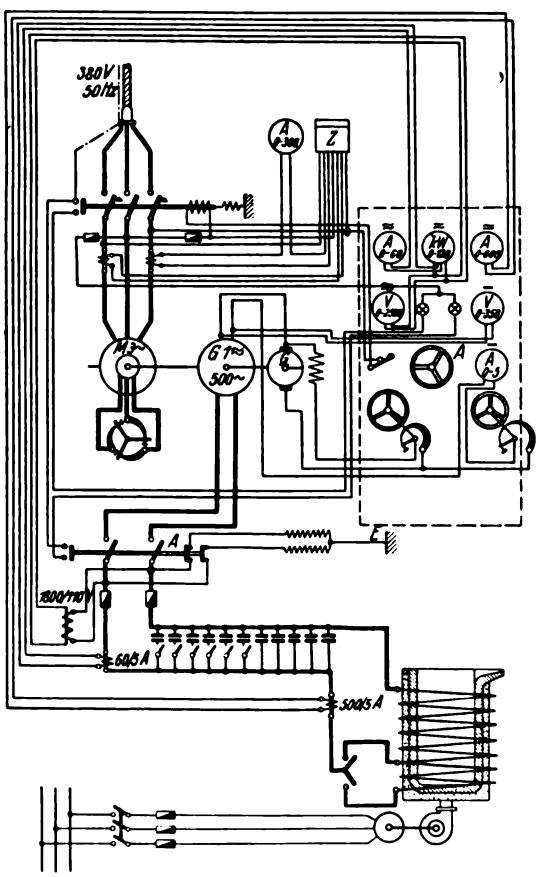


Abb. 8. Schaltplan eines Hochfrequenzofens.

also mehrere Kondensatoren sind hintereinander und andere parallel geschaltet, und in einem Raum untergebracht. Auf diese Weise wird die gleiche Leistung hier in verschiedenen Einheiten erzielt.

Ein weiteres Anwendungsgebiet für die Starkstromkondensatoren ergab sich bei der Einführung der sog. Hochfrequenzöfen, die heute für die Stahlindustrie eine immer größere Bedeutung gewinnen. Die Hochfrequenzöfen bestehen aus einem Tiegel aus feuerfestem Material. Der Tiegel ist von einer Spule umgeben, die mit Strömen von praktisch 500 ... 2000 Hz beschickt wird. Der Strom wird von einem entsprechenden Umformer, also einem Motorgenerator geliefert. Er erzeugt im Innern des Tiegels ein Feld, durch welches das in den Tiegel eingebrachte Metall zum Schmelzen kommt. Wir haben damit also eine sehr einfache Einrichtung zum Schmelzen von Metallen. Diese Öfen sind erst zur Entwicklung gekommen, als man gelernt hatte, die Kondensatoren richtig zu bauen und zu bemessen. Es ist klar, daß ein solcher luftgekoppelter Transformator eine sehr große Phasennacheilung ergibt. Wir wären also gar nicht in der Lage, die erforderliche Leistung wirtschaftlich aufzubringen, wenn wir nicht diese Phasennacheilung durch eine Phasenvoreilung mittels Kondensatoren beseitigen könnten. Es ergibt sich daraus die Schaltung nach Abb. 8. Parallel zu der Ofenspule sind eine Reihe von Kondensatoren geschaltet. Man muß die Kondensatoren in mehrere Einheiten einteilen, um die Möglichkeit zu haben, sie abzustimmen, denn die Impedanz des Ofenkreises ändert sich naturgemäß während des Schmelzvorgangs. Man setzt meist feste Metalle ein und hat daher noch bei Eisen und Stahl mit der Permeabilität des Metalls in festem Zustande zu rechnen; diese geht bei etwa 700 ° verloren, kurz, der magnetische Widerstand der Spule ändert sich dauernd. Aus diesem Grunde ist die Kondensatorbatterie unterteilt und kann sich den wechselnden Verhältnissen stets anpassen.

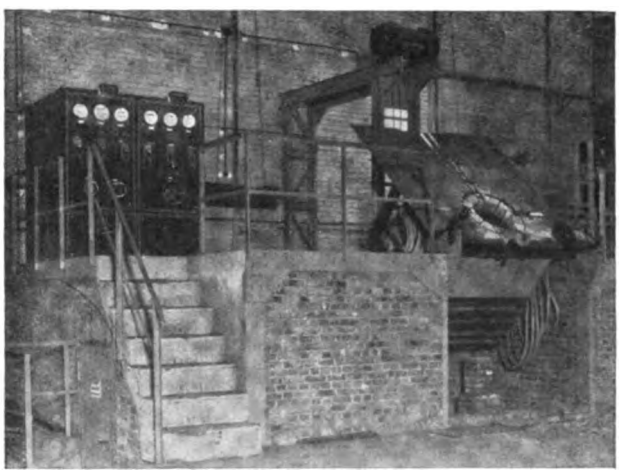


Abb. 9. Anlage eines Hochfrequenzofens.

Bei der Entwicklung der Kondensatoren für hochfrequente Ströme hatte man mit der Schwierigkeit zu kämpfen, von der ich vorhin sprach, nämlich die erzeugte Wärme in noch größerem Maßstabe zu beseitigen als bei niederfrequenten Kondensatoren; die Wärmeerzeugung ist bekanntlich bei höherer Frequenz größer. Wenn wir also z. B. mit 1000 oder 2000 Hz arbeiten, müssen wir natürlich ganz andere Einrichtungen haben, um die Wärme zu beseitigen, als bei 50 Hz. Aber auch diese Schwierigkeiten sind vollständig behoben und die Anwendung der Kondensatoren für diese Zwecke ist heute ein sehr wichtiges Gebiet.

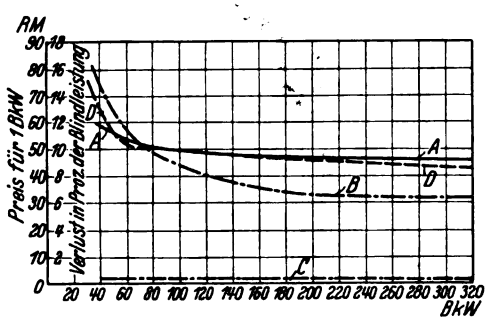
Abb. 9 zeigt eine solche Anlage eines Hochfrequenzofens. Wir sehen den Ofen in halbgekippter Stellung. Tiegel und Spule sind in einem eisernen Gerüst untergebracht.

Nun einige Worte zur Frage der Wirtschaftlichkeit von Kondensatoren. Ich spreche hier als Verbraucher von elektrischer Energie und habe mich als solcher nach den vorhandenen Tarifformen zu richten. Die Elektrizitätswerke geben dem Verbraucher die Möglichkeit, durch Einbau von Kondensatoren oder sonstigen Kompensationseinrichtungen seinen Strompreis zu verbilligen. Das geschieht durch Tarife, die dem cos φ durch drei verschiedene Methoden Rechnung tragen. Es werden Tarife mit einer Scheinleistungsgebühr, Tarife mit einer Blindverbrauchsgebühr und Tarife mit einer gemischten cos φ-Klausel unterschieden.

Digitized by Google

Bei der ersten Tarifform wird die Spitzenleistung durch einen bestimmten Betrag im Jahr in Rechnung gesetzt. Der Verbraucher muß also danach trachten, aus den kVA möglichst viele kW zu machen, also den cos φ möglichst hochzuhalten. Die zweite Tarifform, der sog. Blindverbrauchstarif, besteht darin, daß die Blindstromerzeugung gemessen wird und daß dann auf Grund der erzeugten BkW-Stunden und der erzeugten oder verbrauchten Wirkkilowattstunden der cos φ ausgerechnet wird, der prämienfrei ist. Meist beträgt er 0,75 oder 0,85. Für alle BkW-Stunden, die über dieser Grenze liegen, wird eine Prämie gegeben, und für die BkW-Stunden, die darunterbleiben, ist eine Strafe zu zahlen. Die dritte Tarifform ist eine gemischte Form aus den beiden vorgehenden, also eine Tarifform, bei der sowohl eine Scheinleistungsgebühr als auch eine Blindverbrauchsgebühr gezahlt wird.

Es ist mir eine sehr fleißige und gute Arbeit auf diesem Gebiet von Nissel bekanntgeworden[2], der sie im Auftrage der BEWAG gemacht hat, um zu untersuchen, welche dieser drei Tarifformen den tatsächlichen Verhältnissen am nächsten kommt. Nissel kommt zu dem Ergebnis, daß die gemischte Tarifform der Wirklichkeit am ehesten entspricht. Im Grunde genommen ist es doch so, daß der Einfluß des cos φ sich aus vielerlei Faktoren zusammensetzt. Alle diese komplizierten Verhältnisse sind genauestens untersucht worden und es scheint in der Tat so, daß die gemischte Tarifform die richtigste ist. Wir selbst haben ebenfalls den gemischten Tarif, und dieser enthält einen großen Anreiz, die Beseitigung der Phasenverschiebung durchzuführen. Wir sind durch Untersuchungen von anderen Werken zu der Erkenntnis gekommen, daß es beim Blindverbrauchstarif sehr schwer ist, den Verbraucher zu veranlassen, die kostspieligen Einrichtungen zur Verbesserung des Leistungsfaktors anzuschaffen. Das sind natürlich alles Verhältnisse, die auch von den Benutzungstunden abhängen, und die Bilder, die ich im folgenden zeigen werde, beschäftigen sich in der Hauptsache damit.



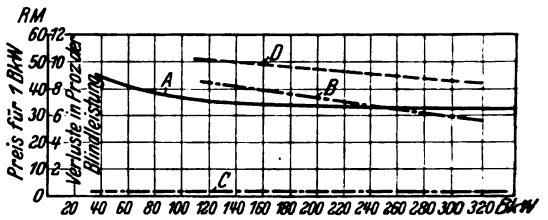
A Preis/BkW für den Kondensator
B Preis/BkW für den rot. Phasenschieber.
C prozentualer Verlust des Kondensators.
D prozentualer Verlust des rot. Phasenschiebers.

Abb. 10. Spezifische Preise und Verluste für Kondensatoren und Phasenschieber bei Anschluß an 380 V.

Für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von phasenkompensierenden Einrichtungen sind zwei Faktoren maßgebend, nämlich deren Preise und Verluste. Abb. 10 zeigt Zahlen, die möglichst der Wirklichkeit nahekommen sollen. Die Kurven *A* und *B* zeigen die spezifischen Preise für die beiden Einrichtungen, die Kurve *A* für die Kondensatoren und die Kurve *B* für die rotierenden Phasenschieber. Als Abszisse sind die BkW-Leistungen aufgetragen. Die Preise für die Kondensatoren (Kurve *A*) belaufen sich bei 40 kW Leistung auf 60 RM/kVA und bei 320 kW auf 46 RM/kVA (alles auf 380 V bezogen). Beim rotierenden Phasenschieber haben wir bei 40 kW Leistung etwa 75 RM und bei 320 kW Leistung etwa 32 RM. Der rotierende Phasenschieber ist also bei größeren Leistungen, also etwa bei 70 kW, billiger als der Kondensator; bei den kleineren Leistungen scheint der Kondensator etwas billiger zu sein. Bei den Verlustkurven (Kurve *C* und *D*) ist eine große Überlegenheit des Kondensators festzustellen, und das ist gerade der Punkt, auf dem die Wirtschaftlichkeit des Kondensators beruht. Der Kondensator arbeitet mit einem Verlust von etwa 0,2 %. Diese Zahl haben wir auch in der Praxis festgestellt. Die Verluste des Phasenschiebers sind bedeutend größer.

[2] Vgl. ETZ 1928, S. 1078 u. Dr.-Ing. Nissel, Der Einfluß des cos φ auf die Tarifgestaltung der Elektrizitätswerke. Verlag Julius Springer, Berlin 1928.

Abb. 11 zeigt die entsprechenden Verhältnisse bei 3000 V, einer Spannung, über die man sich ebenfalls klar sein muß, weil sie oft vorkommt. Allgemein kann man sagen, daß bei dem heutigen Stande der Technik die Anschaffung der Kondensatoren bei höheren Spannungen billiger ist als bei niedrigen Spannungen. Das ist auch erklärlich, wenn man sich die Ausnutzung des Dielektrikums klar macht. Während in Abb. 10 bei den spezifischen Preisen (Kurven *A* und *B*) das Gleichgewicht zwischen Kondensator und Phasenschieber etwa bei 70 kW lag, bewegt es sich in Abb. 11 um 240 kW herum. Die Preise für die Kondensatoren sind bedeutend niedriger: bei 40 kW betragen sie 45 RM und bei 320 kW 32 RM. Die Verlustkurven sind auch hier für die Kondensatoren bedeutend günstiger als für die Phasenschieber.



A Preis/BkW für den Kondensator
B Preis/BkW für den rot. Phasenschieber
C prozentualer Verlust des Kondensators
D prozentualer Verlust des rot. Phasenschiebers

Abb. 11. Spezifische Preise und Verluste für Kondensatoren und Phasenschieber bei Anschluß an 3000 V.

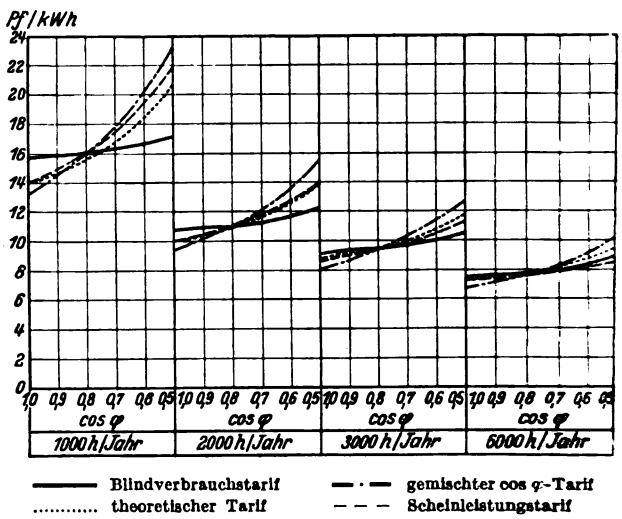


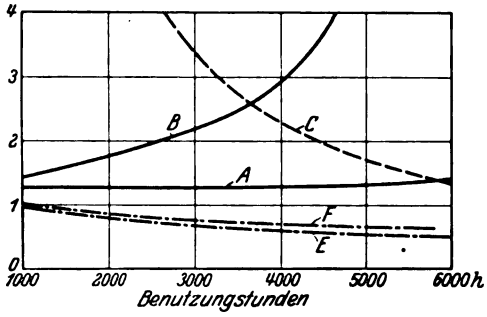
Abb. 12. Abhängigkeit des Strompreises vom Leistungsfaktor und von den Benutzungstunden bei den verschiedenen Tarifformen (nach Nissel).

Die in Abb. 12 dargestellten Kurven sind aus der vorhin erwähnten Arbeit von Nissel entnommen; sie zeigen, in welcher Weise sich die verschiedenen Tarifformen der Wirklichkeit nähern. Die gestrichelte Linie stellt zunächst den sog. theoretischen Tarif dar, das sind die Verhältnisse, die der Wirklichkeit am nächsten kommen. Die Kurven sind für verschiedene Benutzungstunden, nämlich für 1000, 2000, 3000 und 6000 h gezeichnet. Zunächst ist allgemein zu sehen, daß die Unterschiede zwischen den verschiedenen Tarifformen sich bei hohen Benutzungstundenzahlen immer mehr verwischen. Bei 6000 h z. B. liegen die Kurven sehr nahe bei einander, während sie bei 1000 h noch sehr weit auseinandergehen.

Auf Grund dieser Zahlen wurde die Kurvenschar in Abb. 13 entworfen. Wir haben uns klargemacht, welche Rentabilität der Kondensator und der Phasenschieber haben, und wir haben dazu die hauptsächlichsten Kosten miteinander verglichen. Diese Kosten sind also Amortisation und Verzinsung der Anlagekosten und der Eigenverbrauch. Hier sind auch wiederum drei Fälle untersucht worden: die Kurven *A* und *B* für den Scheinleistungstarif, die Kurve *C* für den Blindverbrauchstarif und die Kurven *E* und *F* für den gemischten cos φ-Tarif.

Digitized by Google

und zwar für Kondensator und Phasenschieber. Als Abszisse sind die Benutzungstunden der Anlage für 1 Jahr aufgetragen, als Ordinate die Anzahl Jahre, die notwendig ist, um die Anlagekosten durch die erzielten Ersparnisse wettzumachen. Wir sehen, daß sich beim Scheinleistungstarif der Kondensator etwa in ¼ ... ½ Jahr und der Phasenschieber bei 2000 h in etwa 1¾ Jahren und bei 3000 h in 2¼ Jahren bezahlt macht. Der Vorteil des Kondensators ist in diesem Fall in der Hauptsache auf den



A Scheinleistungstarif, Kondensator
B „ rot. Phasenschieber
C Blindverbrauchstarif, Kondensator
E gem. cos φ-Tarif, Kondensator
F gem. cos φ-Tarif, rot. Phasenschieber
Kondensator 380 V Spannung
380 BkW Leistung 50 Hz

Abb. 13. Rentabilität des Kondensators und des Phasenschiebers bei verschiedenen Tarifen.

großen Eigenverbrauch des rotierenden Phasenschiebers zurückzuführen. Der Blindverbrauchstarif ist der ungünstigste Tarif für den Einbau von phasenverbessernden Einrichtungen überhaupt. Nissel sagt in seinem Buche, er habe bei seiner Tätigkeit als Beratender Ingenieur bei einem Elektrizitätswerk die Wahrnehmung gemacht, daß beim Blindverbrauchstarif der Anreiz zum Einbau von phasenverbessernden Einrichtungen überhaupt nicht vorhanden sei. Diese Betrachtungen decken sich auch mit dem, was aus den Kurven der Abb. 13 ersichtlich ist. Ich habe nur eine Kurve für die Kondensatoren eingetragen; die Kurve für den rotierenden Phasenschieber ist noch ungünstiger, da ergibt sich eine Amortisation erst nach sehr langer Zeit. Schließlich ist noch die Kurve für den gemischten cos φ-Tarif eingetragen. Man sieht, daß sich bei diesem Tarif die phasenverbessernden Einrichtungen in sehr kurzer Zeit, in weniger als einem Jahr, bezahlt machen. Es ist hierbei ein kleiner Vorteil des Kondensators gegenüber dem rotierenden Phasenschieber festzustellen, der bei Anwachsen der Benutzungstunden sich vergrößert. Ich bitte zu berücksichtigen, daß in dieser Zusammenstellung nur die Anlagekosten und der Stromverbrauch berücksichtigt sind, nicht dagegen die Wartungskosten. Wenn man auch die in Rechnung stellt, dann ergibt sich ein noch größerer Unterschied zwischen Kondensator und rotierendem Phasenschieber.

Es sind hier also Fragen gestreift worden, die in der Hauptsache mit den Tarifformen zu tun haben. Wir haben gerade im Werk Eberswalde durch jahrelange Bemühungen und jahrelanges verständnisvolles Zusammenarbeiten mit dem Elektrizitätswerk versucht, den Verbrauch und die Krafterzeugung miteinander in Einklang zu bringen; man konnte das in den Kurven des Strombezuges, in der Gleichmäßigkeit, in der hohen Benutzungsstundenzahl usw. sehen. Das ergibt sich auch aus dem cos φ-Tarif, der sich ja der Wirklichkeit am besten anpaßt.

Die Kondensatoren sind heute, wie ich schon erwähnte, soweit entwickelt, daß sie auch für den Einbau in größerem Maßstab empfohlen werden können. Die Erfahrungen, die wir gemacht haben, erstrecken sich auf etwa 3 ... 4 Jahre. Irgendwelche nachteiligen Einwirkungen des Einbaues von Kondensatoren haben wir bisher an keiner Stelle festgestellt. Die gefürchteten großen Kurzschlußströme oder Resonanzerscheinungen usw. sind nicht eingetreten. Auch die Zuverlässigkeit hat uns bisher in keinem Fall irgendwie enttäuscht. Bei all den Kondensatoren, die ich gezeigt habe, sowohl bei den kleinen von etwa 10 ... 15 BkW als auch bei den großen Kondensatoren bis zu einer Leistung von 3000 BkW, ist an keiner Stelle irgendein Durchschlag oder Schaden entstanden. Ich würde mich freuen, wenn diese Erfahrungen, die in einem Hüttenwerk im rauhen Betrieb gemacht worden sind, für die Allgemeinheit recht viel Nutzen bringen würden.

Münzzähler mit Mehrverbrauch-Rabatt-Tarifwerk.

Von **Hermann Schulze**, Auma.

Übersicht. **Als Ergänzung für den Münzzähler zwecks Erzielung noch größerer Mehrverbrauchs-Anreizwirkung auf den Kleinabnehmer wird nachstehend dessen Verbindung mit einem Mehrverbrauch-Rabatt-Tarifwerk vorgeschlagen.**

Eine von den Elektrizitätswerken infolge ihrer großen Wirksamkeit besonders häufig angewendete Maßnahme zwecks Anreiz ihrer Kleinabnehmer — ganz besonders derjenigen, welche einem Grundgebührentarif ablehnend oder trotz entsprechender Aufklärung verständnislos gegenüberstehen — zu erhöhtem Stromverbrauch besteht bekanntlich darin, einen bestimmten, sog. Grundverbrauch an elektrischer Arbeit in einem gewissen Zeitabschnitt zum bis dahin gewährten Kleinabnehmer-Normaltarif, den darüber hinausgehenden Mehrverbrauch zu ermäßigten Preisen zu liefern. Diese Werbemaßnahme durch Tarifbildung ist von um so höherer Werbekraft, je öfter die Verbraucher dazu angereizt werden, sich Preisvorteile durch Mehrverbrauch zu verschaffen, indem z. B. der entsprechende Grundverbrauch nicht auf jährliche, sondern auf monatliche Mengen abgestellt wird; diese Monatstarifierung ergibt 12 Werbeimpulse im Jahr. Um diese wirksame Methode des dauernden Mehrverbrauch-Anreizes auf die Kleinabnehmer in Verbindung mit dem bekanntlich der Kleinverbrauchsteigerung an sich schon so überaus förderlichen Münzzähler[1] ausüben zu können, sind werbepsychologischer Überlegungen halber zusätzliche Einrichtungen erforderlich, die es gestatten, dem Abnehmer nach Überschreitung des Grundverbrauchs den darüber hinausgehenden Mehrverbrauch sofort zu dem für diesen vorgesehenen ermäßigten Tarif zu verabfolgen; denn die ihr Stromgeld im voraus zahlenden Abnehmer beanspruchen mit Recht für sich, die von ihnen gekaufte Ware, die elektrische Arbeit, sofort nach Überschreitung des Grundverbrauches verbilligt, d. h. bei Einwerfung weiterer Münzen in die Automaten eine der Rabattgewährung entsprechend größere Menge elektrischer Arbeit auf die Münzeinheit geliefert zu erhalten. Um diese Vertriebsart der elektrischen Arbeit an den Kleinabnehmer zu ermöglichen, wird vorgeschlagen, den Münzzähler mit dem nachstehend näher beschriebenen Mehrverbrauch-Rabatt-(Doppel-)Tarifwerk auszurüsten.

Das Prinzip des Mehrverbrauch-Rabatt-Tarif-Münzzählers[2] besteht darin, nach Überschreitung eines durch einfache Maßnahmen in weiten Grenzen veränderlich einstellbaren Grundverbrauches in kWh, gegebenenfalls auch nach Aufbrauch einer bestimmten Anzahl von Münzen, selbsttätig auf ein anderes, sog. Mehrverbrauch-Rabatt-(Doppel-)Tarifzählwerk umzuschalten. Diese Umschaltung wird gesteuert entweder durch das Zählertriebwerk (Maßstab die verbrauchten kWh) oder statt dessen u. U. durch Zählvorrichtungen, welche die Anzahl der in den betreffenden Zeitabschnitten verbrauchten Münzen (Maßstab die verbrauchten Münzen) registrieren. Die Rückschaltung des Zählers auf das Grundverbrauch-Tarif-Zählwerk erfolgt entweder zwangläufig beim Entleeren der Geldkassette oder durch selbsttätige Rückstellvorrichtungen, welche durch Schaltuhren, Synchron-, Ferraris- oder Gleichstrom-Hilfsmotoren konstanter Umdrehungszahl u. dgl. angetrieben werden.

[1] Vgl. a. AEG-Mitt. 1927, S. 64.

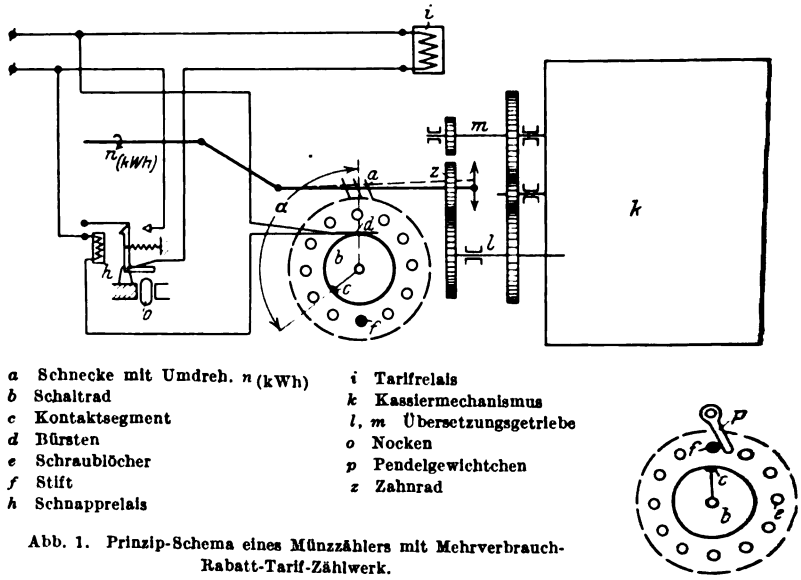
[2] DRP. ang.

Digitized by Google

Die Abb. 1 u. 2 stellen schematisch Ausführungsbeispiele von Mehrverbrauch-Rabatt-Tarif-Münzzählern dar, u. zw. Abb. 1 einen Münzzähler mit Mehrverbrauch-Rabatt-(Doppel-) Tarif-Zählwerk und zwangläufiger Rückstellung beim Entleeren der Geldkassette, Abb. 2 einen Mehrverbrauch-Rabatt-Tarif-Münzzähler mit fortlaufend selbsttätiger Rückstellung auf Grundverbrauch.

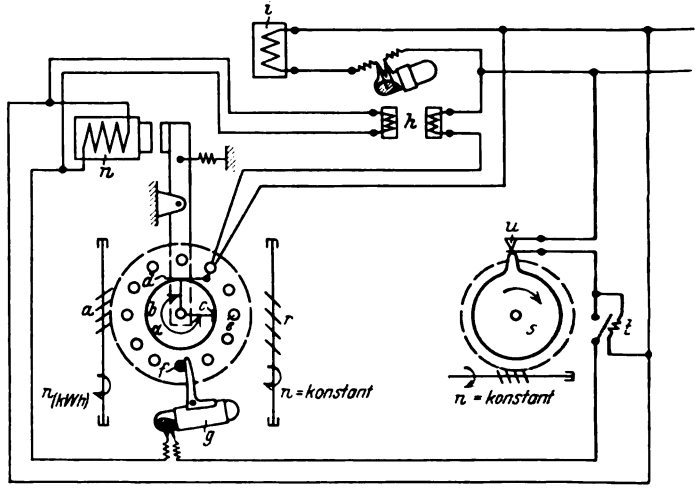
In Abb. 1 ist *a* eine mit dem Triebwerk des Zählers, z. B. über ein Kardangetriebe verbundene Schnecke, deren Umdrehungen $n_{(kWh)}$ in einer gewissen Zeit proportional sind der in dieser Zeit entnommenen elektrischen Arbeit in kWh. Während des Grundverbrauches (hoher Tarif) befindet sich die Schnecke *a* im Eingriff mit dem Schaltrad b. Dieses Schaltrad *b* trägt eine Trommel aus Isolierstoff, auf der sich ein Kontaktsegment *c* befindet. Auf der Trommel schleifen 2 kleine Bürsten *d*, die bei fortschreitender Umdrehung des Schaltrades durch das Kontaktsegment *c* vorübergehend kurzgeschlossen werden. Schaltrad *b* trägt auf seinem Umfang gleichmäßig verteilt Schraublöcher *e*, in die ein Stift *f* eingeschraubt wird. Entsprechend der Stellung des Stiftes *f* auf dem Schaltradumfang und der stabilen Gleichgewichtslage von *b* bilden Bürstenpaar *d* und Kontaktsegment *c* einen Winkel α (s. Abb. 1); α ist ein Maß für die im Grundverbrauch zu berechnenden kWh und kann durch die Stellung des Stiftes *f* auf dem Schaltradumfang in weiten Grenzen verändert werden. Das Kurzschließen des Bürstenpaares *d* durch das Kontaktsegment *c* legt mittels des Schnapprelais *h* das Tarifrelais *i* an Spannung; dadurch wird die Schnecke *a* vom Schaltrad *b* sowie das Zahnrad *z* von dem Übersetzungsgetriebe *l* entkuppelt und *z* mit dem Übersetzungsgetriebe *m* zum Eingriff gebracht, *m* ist beliebig auswechselbar. Durch Zwischenschaltung von *m* wird die Umdrehungzahl des Zählertriebwerkes auf den Kassiermechanismus *k* anders übersetzt, was z. B. in dem üblichen Falle einer Verlangsamung gestattet, auf die eingeworfene Münze bezogen, im Mehrverbrauchbereich eine größere Menge elektrischer Arbeit in kWh als im Grundverbrauchbereich zu entnehmen. Beim Ansprechen des Tarifrelais *i* stellt sich das Schaltrad *b* selbsttätig in seine Ausgangstellung zurück, indem es infolge des Stiftgewichtes *f* in die stabile Gleichgewichtslage zurückgeht. Zufälliges Stehenbleiben des Schaltrades *b* in der Lage des labilen Gleichgewichts wird durch Anwendung eines leichten Pendelgewichtchens *p* oder einer ähnlich wirkenden einfachen Einrichtung sicher vermieden. Bei Ausbleiben der Netzspannung im Mehrverbrauchbereich fällt zwar das Rädchen *z* zum Eingriff mit *l* zurück, kehrt jedoch infolge des Schnapprelais *h* beim Wiederkehren der Spannung zum Eingriff mit *m*, d. h. in die Mehrverbrauchstellung zurück. Das Zurückschalten auf den Grundverbrauchbereich erfolgt z. B. allmonatlich zwangsläufig beim Ziehen der Geldkassette, indem das Schnapprelais *h* z. B. mittels eines Nockens *o* in die Öffnungstellung, die es während des Grundverbrauchbereiches beibehält, zurückgebracht wird. Selbstverständlich kann die Umschaltung vom Grund- zum Mehrverbrauch in analoger Weise auch durch ein Zählwerk für die verbrauchten Münzen gesteuert werden.

In Abb. 2 ist, ähnlich wie in Abb. 1, *a* eine mit dem Triebwerk des Zählers über eine geeignete Übersetzung verbundene Schneckenwelle mit den Umdrehungen $n_{(kWh)}$. Während des Grundverbrauches (hoher Tarif) befindet sich die Schnecke *a* im Eingriff mit dem Schaltrad *b*. Die Funktion des Schaltrades *b* ist im allgemeinen die gleiche wie in Abb. 1. Das Kurzschließen des Bürstenpaares *d* durch das Kontaktsegment *c* legt mittels des Schnapprelais *h* das Tarifrelais *i* an Spannung. Die Rückstellschnecke *r* und die Antriebschnecke des Zeitrades *s* werden von Hilfsmotoren konstanter Drehzahl angetrieben. Das Zeitrad *s* braucht zu einer Umdrehung den gewählten Zeitabschnitt für die Rückstellung, z. B. einen Monat. Das Schließen des Kontaktes *u* durch das Zeitrad *s* bewirkt, daß das Rückstellrelais *n* über den geschlossenen Schalter *g* (z. B. Quecksilberkipprohr) an Spannung gelegt und gleichzeitig der Heizdraht eines Thermostaten *t* eingeschaltet wird. Rückstellrelais *n* entkuppelt dadurch Schaltrad *b* von Schnecke *a* und bringt *b* mit Schnecke *r* zum Eingriff, so daß das Schaltrad *b* bis zum Anschlag des Stiftes *f* an den Sperrhebel *g* zurückgedreht wird. Der Anschlag von *f* an *g* bewirkt gleichzeitig Abschaltung des Rückstellrelais *n* und damit Wiederankupplung von *b* an *a*. Bevor Schalter *g* sich infolge Vorwärtsdrehung von *b* wieder schließt, öffnet Thermostat *t* den an *n* gelegten Spannungskreis und hält ihn so lange offen, bis Kontakt *u* durch Drehung des Zeitrades *s* wieder geöffnet hat. Anschlaghebel *g* ist nach Art der im Zählerbau üblichen Rücklaufhemmungen ausgebildet. Das Drehmoment zur Betätigung des Schalters *g* bei Rückstellung des Schaltrades *b* wird ohne weiteres durch den Hilfsmotor über *r* aufgebracht. Die Rückführung des Schnapprelais *h* erfolgt gleichzeitig mit Einschaltung des Relais *n*.



a Schnecke mit Umdreh. $n_{(kWh)}$
b Schaltrad
c Kontaktsegment
d Bürsten
e Schraublöcher
f Stift
h Schnapprelais
i Tarifrelais
k Kassiermechanismus
l, *m* Übersetzungsgetriebe
o Nocken
p Pendelgewichtchen
z Zahnrad

Abb. 1. Prinzip-Schema eines Münzzählers mit Mehrverbrauch-Rabatt-Tarif-Zählwerk.



a Schnecke mit Umdreh. $n_{(kWh)}$
b Schaltrad
c Kontaktsegment
d Bürsten
e Schraublöcher
f Stift
g Rückstellausschalter
h Schnapprelais
i Tarifrelais
n Rückstellrelais
r Rückstellschnecke
s Zeitrad
t Thermostat
u Zeitkontakt

Abb. 2. Prinzip-Schema eines Mehrverbrauch-Rabatt-Tarif-Münzzählers mit fortlaufend selbsttätiger Rückstellung auf Grundverbrauch.

Die Mehrkosten eines mit Mehrverbrauch-Rabatt-Tarifwerk ausgerüsteten Münzzählers gegenüber einem gewöhnlichen Münzzähler spielen, insbesondere in Ausführung nach Abb. 1, eine im Hinblick auf die große Mehrverbrauch-Anreizwirkung[3] zu vernachlässigende Rolle.

[3] Vgl. auch Elektrizitätsverwertung (Zürich) Bd. 5, S. 40 (1930); Der Werbeleiter, Berlin (VDEW) Bd. 5, S. 163 (1930).

Digitized by Google

Bestimmung der Unsymmetrie von Drehstromnetzen.

Von Max Zorn, Berlin.

Übersicht. Die Zerlegung unsymmetrischer Mehrphasensysteme in drei symmetrische und die Rechnung mit symmetrischen Komponenten gewinnt immer mehr an praktischer Bedeutung. Im folgenden Aufsatz wird das seit der ersten Arbeit im Jahre 1910 hierüber Veröffentlichte[1]) zusammengefaßt und ergänzt. Ausgehend von den grundlegenden Formeln werden mit Hilfe der symbolischen Darstellung ebener Vektoren zeichnerische und rechnerische Verfahren sowie Meßschaltungen zur Ermittlung der symmetrischen Komponenten eines unsymmetrischen Dreiphasensystems abgeleitet.

A. Grundlegende Beziehungen der Wechselstromgrößen.

Ein Dreiphasensystem bezeichnet man als unsymmetrisch, wenn sich die Vektoren der Wechselstromgrößen der drei Phasen nicht zu einem gleichseitigen Dreieck schließen, sondern entweder ein ungleichseitiges Dreieck bilden oder sich erst über einen vierten Vektor zu einem Viereck schließen. Voraussetzung hierbei ist, daß die im Diagramm zusammengesetzten Wechselstromgrößen gleiche Periode besitzen und sich zeitlich nach einer Sinusfunktion ändern. Von mehrwelligen Wechselstromgrößen können daher nur die Harmonischen gleicher Ordnungszahl (gleicher Periode) im Vektordiagramm behandelt werden. Von praktischer Bedeutung ist in erster Linie die Grundwelle, weshalb sich alle folgenden Überlegungen auf diese beziehen.

Jedes unsymmetrische Dreiphasensystem läßt sich nun auf eine Überlagerung dreier Teilsysteme zurückführen, von denen das eine gleichphasig, die beiden anderen dreiphasig symmetrisch sind und eine entgegengesetzte Phasenfolge besitzen. Die Wechselstromgrößen der drei Systeme sollen durch Kennziffern unterschieden werden. Die Zugehörigkeit zum gleichphasigen oder Nullsystem wird durch 0, zum Mitsystem durch 1 und zum Gegensystem durch 2 gekennzeichnet.

Ein unsymmetrisches Dreiphasen-Spannungssystem kann man sich durch Reihenschaltung dreier Stromerzeuger G_0, G_1, G_2 entstanden denken (Abb. 1). Alle drei Maschinen laufen synchron, G_2 mit umgekehrter Phasenfolge von G_1, G_0 mit gleicher Phase in allen drei Wicklungen (Einphasenstromerzeuger mit dreifacher Wicklung).

Sind

$\mathfrak{U}_{1R}, \mathfrak{U}_{1S}, \mathfrak{U}_{1T}$ die Phasenspannungen von G_1,
$\mathfrak{U}_{2R}, \mathfrak{U}_{2S}, \mathfrak{U}_{2T}$ „ „ „ G_2,
$\mathfrak{U}_0$ „ „ „ G_0,
$\mathfrak{U}_R, \mathfrak{U}_S, \mathfrak{U}_T$ „ resultierenden Phasenspannungen,
$\mathfrak{U}_{RS}, \mathfrak{U}_{ST}, \mathfrak{U}_{TR}$ „ „ verketteten Spannungen,

so gelten die in Tafel 1 zusammengestellten Beziehungen.

Der Operator $a = e^{j\frac{2}{3}\pi} = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}$ bedeutet Vektordrehung um $+120°$. Es gelten also folgende Gleichungen:

$$a^2 = -\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2};\quad a^3 = 1;\quad a^2 + a + 1 = 0;\quad a - a^2 = j\sqrt{3}.$$

Die Phasenspannungen sind in Richtung Stromerzeuger → Verbraucher, die verketteten Spannungen in der durch die Kennbuchstaben angegebenen Richtung als positiv angenommen, z. B. $\mathfrak{U}_R$ von 0 nach R, $\mathfrak{U}_{RS}$ von R nach S. Es ist also $\mathfrak{U}_{RS} = \mathfrak{U}_S - \mathfrak{U}_R$; $\mathfrak{U}_{ST} = \mathfrak{U}_T - \mathfrak{U}_S$; $\mathfrak{U}_{TR} = \mathfrak{U}_R - \mathfrak{U}_T$. (Siehe Abb. 1!)

Für die Ströme $\mathfrak{J}$ gelten dieselben Beziehungen wie für die Spannungen in Tafel 1, da nach dem gleichen Gesetz der Überlagerung $\mathfrak{J} = \mathfrak{J}_0 + \mathfrak{J}_1 + \mathfrak{J}_2$ ist.

Man hat nur für die Phasenspannungen die Leitungsströme $\mathfrak{J}_R$, $\mathfrak{J}_S$, $\mathfrak{J}_T$ einzusetzen und für die verketteten Spannungen die verketteten Ströme $\mathfrak{J}_{RS}, \mathfrak{J}_{ST}, \mathfrak{J}_{TR}$, deren Nullkomponente ebenfalls verschwinden muß. In den Beziehungen zwischen den Phasen- und den verketteten Größen besteht ein Unterschied. Während für die Spannungen $\mathfrak{U}_{RS} = \mathfrak{U}_S - \mathfrak{U}_R$ ist, gilt für die Ströme $3\mathfrak{J}_{RS} = \mathfrak{J}_S - \mathfrak{J}_R$. Bezeichnen U_p und I die Phasengrößen, U und I_Δ die verketteten symmetrischen Größen, so bestehen bekanntlich ebenfalls die unterschiedlichen Beziehungen

$$U_p = \frac{1}{\sqrt{3}} U$$

und

$$I = \sqrt{3}\, I_\Delta.$$

B. Unsymmetrie der Spannungen.

1. Berechnung der Spannungen bei Kurzschlüssen.

Starke Unsymmetrien treten in Drehstromnetzen bei unsymmetrischen Kurzschlüssen auf. Sind die Phasenimpedanzen der einzelnen Systeme $\dot{Z}_0$, $\dot{Z}_1$, $\dot{Z}_2$ bekannt, so lassen sich die Kurzschlußströme und Spannungen längs der Leitungen mit Hilfe der Zerlegung in die drei Systemkomponenten leicht errechnen. Die Werte der Impedanzen sind komplex als Widerstandsoperatoren $\dot{Z} = R + jR_f$ in die Rechnung einzuführen; hierbei entspricht der reelle Teil R dem Ohmschen oder frequenzunabhängigen, der imaginäre R_f dem frequenzabhängigen Widerstand. Für jedes System gilt, daß die Phasenspannung $\mathfrak{U}$ an einem Ort zwischen Kraftwerk und Kurzschlußstelle gleich der Differenz ist zwischen der induzierten Generatorspannung $\mathfrak{E}$ und dem Spannungsabfall in Stromerzeuger und Leitung

$$\mathfrak{U} = \mathfrak{E} - \dot{Z}\,\mathfrak{J}.$$

$\dot{Z}$ ist die Impedanz von Stromerzeuger und Leitung. Da die induzierte Generatorspannung praktisch nur aus der Komponente des Mitsystems $\mathfrak{E}_1$ besteht, ist $\mathfrak{E}_0 = 0$ und $\mathfrak{E}_2 = 0$. Hieraus folgt

$$\mathfrak{U}_0 = -\dot{Z}_0\,\mathfrak{J}_0,\quad \mathfrak{U}_1 = \mathfrak{E}_1 - \dot{Z}_1\,\mathfrak{J}_1 \quad \text{und} \quad \mathfrak{U}_2 = -\dot{Z}_2\,\mathfrak{J}_2. \tag{7}$$

Die Spannungsunsymmetrie nimmt vom Kraftwerk zum Kurzschlußort zu und mit ihr die Gefährdung der Netzstabilität, denn das Drehmoment der Drehstrommotoren sinkt mit wachsender Spannungsunsymmetrie. Nach den R.E.M./1930 gilt ein Drehstromsystem noch als praktisch symmetrisch, wenn die Größe des Gegensystems nur 5 % des Mitsystems beträgt. — In Tafel 2 sind die Spannungen $\mathfrak{U}$ und Ströme $\mathfrak{J}$ am Kurzschlußort einer Drehstromleitung für die drei Fälle zusammengestellt, in die sich alle Kurzschlüsse einordnen lassen. Man unterscheidet zwischen dreiphasigen, zweiphasigen und einphasigen (Erdschluß) Kurzschlüssen.

Tafel 1. Beziehung zwischen den Spannungen.

	Phasenspannungen	Verkettete Spannungen	
Drehstromnetz	$\mathfrak{U}_R = \mathfrak{U}_0 + \mathfrak{U}_{1R} + \mathfrak{U}_{2R}$	$\mathfrak{U}_{RS} = \mathfrak{U}_{1RS} + \mathfrak{U}_{2RS}$	(1)
Mitsystem	$\mathfrak{U}_{1R} = a\,\mathfrak{U}_{1S} = a^2\,\mathfrak{U}_{1T}$ $3\,\mathfrak{U}_{1R} = \mathfrak{U}_R + a\,\mathfrak{U}_S + a^2\,\mathfrak{U}_T$	$\mathfrak{U}_{1RS} = a\,\mathfrak{U}_{1ST} = a^2\,\mathfrak{U}_{1TR}$ $3\,\mathfrak{U}_{1RS} = \mathfrak{U}_{RS} + a\,\mathfrak{U}_{ST} + a^2\,\mathfrak{U}_{TR}$	(2) (3)
Gegensystem	$\mathfrak{U}_{2R} = a^2\,\mathfrak{U}_{2S} = a\,\mathfrak{U}_{2T}$ $3\,\mathfrak{U}_{2R} = \mathfrak{U}_R + a^2\,\mathfrak{U}_S + a\,\mathfrak{U}_T$	$\mathfrak{U}_{2RS} = a^2\,\mathfrak{U}_{2ST} = a\,\mathfrak{U}_{2TR}$ $3\,\mathfrak{U}_{2RS} = \mathfrak{U}_{RS} + a^2\,\mathfrak{U}_{ST} + a\,\mathfrak{U}_{TR}$	(4) (5)
Nullsystem	$3\,\mathfrak{U}_0 = \mathfrak{U}_R + \mathfrak{U}_S + \mathfrak{U}_T$	$0 = \mathfrak{U}_{RS} + \mathfrak{U}_{ST} + \mathfrak{U}_{TR}$	(6)

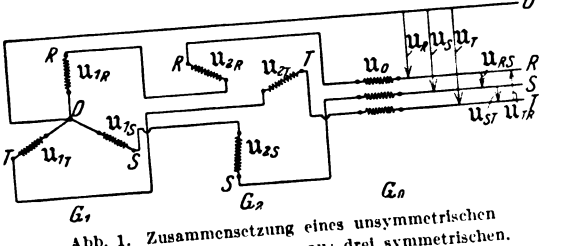


Abb. 1. Zusammensetzung eines unsymmetrischen Dreiphasen-Spannungssystems aus drei symmetrischen.

Die Gleichungen sind nur für die Phase R bzw. RS aufgeführt. Die Gleichungen für die Spannungen der anderen Phasen erhält man durch zyklisches Vertauschen der Kennbuchstaben in der Reihenfolge R, S, T, R.

[1]) Quellennachweis siehe am Schluß des Aufsatzes.

Digitized by Google

Tafel 2. Spannungen und Ströme am Kurzschlußort einer Drehstromleitung.

$(\dot{Z}_I = \dot{Z}_0 + \dot{Z}_1 + \dot{Z}_2;\ \dot{Z}_{II} = \dot{Z}_1 + \dot{Z}_2)$

Anzahl der kurzgeschlossenen Phasen kurzgeschlossene Leiter	Leiterströme 3 RST	2 RS	1 RO	Phasenspannungen 3 RST	2 RS	1 RO	verkettete Spannungen 3 RST	2 RS	1 RO
$\mathfrak{J}_R,\ \mathfrak{U}_R,\ \mathfrak{U}_{RS}$	$\frac{\mathfrak{E}_R}{\dot{Z}_1}$	$-\frac{\mathfrak{E}_{RS}}{\dot{Z}_{II}}$	$\frac{3\mathfrak{E}_R}{\dot{Z}_I}$	0	$-\frac{\dot{Z}_2\mathfrak{E}_T}{\dot{Z}_{II}}$	0	0	0	$\frac{\dot{Z}_0\mathfrak{E}_{RS}-\dot{Z}_2\mathfrak{E}_{ST}}{\dot{Z}_I}$
Nullkomponente $\mathfrak{J}_0,\ \mathfrak{U}_0$	0	0	$\frac{\mathfrak{E}_R}{\dot{Z}_I}$	0	0	$-\frac{\dot{Z}_0}{\dot{Z}_I}\mathfrak{E}_R$	0	0	0
Mitkomponente $\mathfrak{J}_{1R},\ \mathfrak{U}_{1R},\ \mathfrak{U}_{1RS}$	$\frac{\mathfrak{E}_R}{\dot{Z}_1}$	$\frac{\mathfrak{E}_R}{\dot{Z}_{II}}$	$\frac{\mathfrak{E}_R}{\dot{Z}_I}$	0	$\frac{\dot{Z}_2\mathfrak{E}_R}{\dot{Z}_{II}}$	$\frac{\dot{Z}_0+\dot{Z}_2}{\dot{Z}_I}\mathfrak{E}_R$	0	$\frac{\dot{Z}_2\mathfrak{E}_{RS}}{\dot{Z}_{II}}$	$\frac{\dot{Z}_0+\dot{Z}_2}{\dot{Z}_I}\mathfrak{E}_{RS}$
Gegenkomponente $\mathfrak{J}_{2R},\ \mathfrak{U}_{2R},\ \mathfrak{U}_{2RS}$	0	$-\frac{\mathfrak{E}_S}{\dot{Z}_{II}}$	$\frac{\mathfrak{E}_R}{\dot{Z}_I}$	0	$\frac{\dot{Z}_2\mathfrak{E}_S}{\dot{Z}_{II}}$	$-\frac{\dot{Z}_2}{\dot{Z}_I}\mathfrak{E}_R$	0	$-\frac{\dot{Z}_2\mathfrak{E}_{RS}}{\dot{Z}_{II}}$	$\frac{\dot{Z}_2}{\dot{Z}_I}\mathfrak{E}_{TR}$
$\mathfrak{J}_S,\ \mathfrak{U}_S,\ \mathfrak{U}_{ST}$	$\frac{\mathfrak{E}_S}{\dot{Z}_1}$	$\frac{\mathfrak{E}_{RS}}{\dot{Z}_{II}}$	0	0	$-\frac{\dot{Z}_2\mathfrak{E}_T}{\dot{Z}_{II}}$	$\frac{\dot{Z}_0\mathfrak{E}_{RS}-\dot{Z}_2\mathfrak{E}_{ST}}{\dot{Z}_I}$	0	$\frac{3\dot{Z}_2\mathfrak{E}_T}{\dot{Z}_{II}}$	$\frac{\dot{Z}_0+2\dot{Z}_2}{\dot{Z}_I}\mathfrak{E}_{ST}$
$\mathfrak{J}_T,\ \mathfrak{U}_T,\ \mathfrak{U}_{TR}$	$\frac{\mathfrak{E}_T}{\dot{Z}_1}$	0	0	0	$\frac{2\dot{Z}_2\mathfrak{E}_T}{\dot{Z}_{II}}$	$-\frac{\dot{Z}_0\mathfrak{E}_{TR}+\dot{Z}_2\mathfrak{E}_{ST}}{\dot{Z}_I}$	0	$-\frac{3\dot{Z}_2\mathfrak{E}_T}{\dot{Z}_{II}}$	$\frac{\dot{Z}_0\mathfrak{E}_{TR}-\dot{Z}_2\mathfrak{E}_{ST}}{\dot{Z}_I}$

Die Nullkomponenten der Phasen S und T sind gleich denjenigen von R.
Die Mitkomponenten von S, ST bzw. T, TR sind gleich denjenigen von R, RS multipliziert mit a^2 bzw. a.
Die Gegenkomponenten von S, ST bzw. T, TR sind gleich denjenigen von R, RS multipliziert mit a bzw. a^2.

2. Zeichnerische Ermittlung der symmetrischen Komponenten.

Die Komponenten können zeichnerisch und rechnerisch ermittelt werden. Ein zeichnerisches Verfahren für die Zerlegung in das Mit-, Gegen- und Nullsystem ist durch Gl. (3), (5) und (6) angedeutet: Durch die geometrische Addition dreier Vektoren erhält man die Vektoren des Teilsystems (Abb. 2). Der Operator a bedeutet

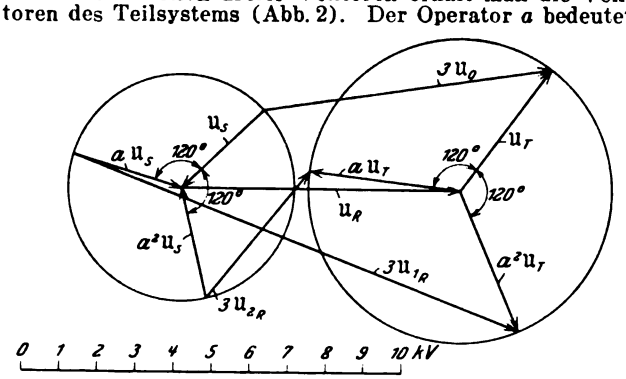


Abb. 2. Zerlegung eines unsymmetrischen Dreiphasensystems in Mit-, Gegen- und Nullkomponente.

Vektordrehung um + 120 ° und a^2 eine solche um — 120 °[2]. Die zeichnerische Lösung vereinfacht sich, wenn nur die Komponenten des Mit- und des Gegensystems zu bestimmen sind. Man geht von den zwischen den Leitungen meßbaren verketteten Spannungen aus, deren Vektorsumme nach Gl. (6) null ist. Aus Gl. (3) und (5) wird nach Einsetzen von $\mathfrak{U}_{TR} = -(\mathfrak{U}_{RS} + \mathfrak{U}_{ST})$

$$\mathfrak{U}_{1RS} = \frac{1-a^2}{3}(\mathfrak{U}_{RS} - a^2\mathfrak{U}_{ST}) \quad \ldots \quad (8)$$

und

$$\mathfrak{U}_{2RS} = \frac{1-a}{3}(\mathfrak{U}_{RS} - a\,\mathfrak{U}_{ST}) \quad \ldots \quad (9)$$

Da

$$\frac{1-a^2}{3} = \frac{1}{2} + j\frac{1}{2\sqrt{3}} = \frac{1}{\sqrt{3}}e^{j\frac{\pi}{6}} \quad \ldots \quad (10)$$

und

$$\frac{1-a}{3} = \frac{1}{2} - j\frac{1}{2\sqrt{3}} = \frac{1}{\sqrt{3}}e^{-j\frac{\pi}{6}} \quad \ldots \quad (11)$$

ist, läßt sich auch schreiben

$$\mathfrak{U}_{1RS} = (\mathfrak{U}_{RS} - a^2\mathfrak{U}_{ST})\frac{1}{\sqrt{3}}e^{j\frac{\pi}{6}} \quad \ldots \quad (12)$$

$$\mathfrak{U}_{2RS} = (\mathfrak{U}_{RS} - a\,\mathfrak{U}_{ST})\frac{1}{\sqrt{3}}e^{-j\frac{\pi}{6}} \quad \ldots \quad (13)$$

[2] Vgl. R.E.M./1923.

Die beiden Systemkomponenten bestimmen sich hiernach auf folgende Weise (Abb. 3): Man zeichnet über $\overrightarrow{BA} = \mathfrak{U}_{ST}$ das gleichseitige Dreieck ABD und erhält $\overrightarrow{CD} = \mathfrak{U}_{RS} - a\,\mathfrak{U}_{ST}$. Errichtet man über CD das gleichschenklige Dreieck CDE mit den Basiswinkeln von 30 ° ($\pi/6$), so ist $\overrightarrow{CE} = \mathfrak{U}_{2RS}$ und $\overrightarrow{EB} = \mathfrak{U}_{1RS}$. Zu demselben Ergebnis kommt man, wenn man über BA nach der anderen Seite das gleichseitige Dreieck ABF bildet. Dann ist $\overrightarrow{CF} = \mathfrak{U}_{RS} - a^2\mathfrak{U}_{ST}$, und das gleichschenklige Dreieck mit den Basiswinkeln von 30 ° über CF würde auf dieselbe Weise $\mathfrak{U}_{1RS}$ als Dreieckseite von C aus und daran anschließend $\mathfrak{U}_{2RS}$ nach B hin ergeben (in Abb. 3 nicht gezeichnet).

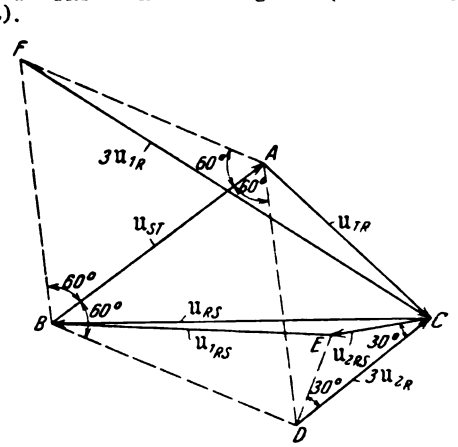


Abb. 3.

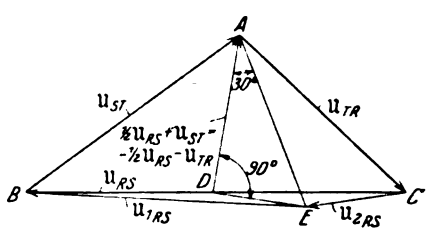


Abb. 4.

Abb. 3 u. 4. Zerlegung der unsymmetrischen verketteten Dreiphasenspannungen in Mit- und Gegenkomponente.

Die Umformung der Klammerausdrücke in Gl. (8) und (9)

$$\mathfrak{U}_{RS} - a^2\mathfrak{U}_{ST} = \mathfrak{U}_S - \mathfrak{U}_R - a^2\mathfrak{U}_T + a^2\mathfrak{U}_S = -3\,\mathfrak{U}_{1R} \quad (14)$$

und

$$\mathfrak{U}_{RS} - a\,\mathfrak{U}_{ST} = \mathfrak{U}_S - \mathfrak{U}_R - a\,\mathfrak{U}_T + a\,\mathfrak{U}_S = -3\,\mathfrak{U}_{2R} \quad (15)$$

Digitized by Google

zeigt, daß aus Abb. 3 zugleich die Komponenten der Phasenspannungen entnommen werden können. Es ist nämlich $\overrightarrow{DC} = 3\,\mathfrak{U}_{2R}$ und $\overrightarrow{FC} = 3\,\mathfrak{U}_{1R}$. Das Größenverhältnis von Gegensystem zu Mitsystem ist gegeben durch

$$\frac{|\mathfrak{U}_{2RS}|}{|\mathfrak{U}_{1RS}|} = \frac{|\mathfrak{U}_{2R}|}{|\mathfrak{U}_{1R}|} = \frac{U_2}{U_1} = \frac{\overline{DC}}{\overline{FC}}. \quad \ldots \quad (16)$$

Aus Gl. (8) ... (11) erhält man für die Komponenten auch folgende Ausdrücke:

$$\mathfrak{U}_{1RS} = \frac{\mathfrak{U}_{RS}}{2} + j\frac{1}{\sqrt{3}}\left(\frac{\mathfrak{U}_{RS}}{2} + \mathfrak{U}_{ST}\right) \quad \ldots \quad (17)$$

$$\mathfrak{U}_{2RS} = \frac{\mathfrak{U}_{RS}}{2} - j\frac{1}{\sqrt{3}}\left(\frac{\mathfrak{U}_{RS}}{2} + \mathfrak{U}_{ST}\right). \quad \ldots \quad (18)$$

Hieraus ergibt sich eine weitere zeichnerische Lösung für die Komponentenbestimmung (Abb. 4): Errichtet man über der Seitenhalbierenden $\overrightarrow{DA} = \frac{\mathfrak{U}_{RS}}{2} + \mathfrak{U}_{ST}$ das rechtwinklige Dreieck DAE mit dem spitzen Winkel von 30° bei A, dann ist

$$\overrightarrow{DE} = -j\frac{1}{\sqrt{3}}\left(\frac{\mathfrak{U}_{RS}}{2} + \mathfrak{U}_{ST}\right)$$

und daher

$$\overrightarrow{CE} = \mathfrak{U}_{2RS}, \quad \overrightarrow{EB} = \mathfrak{U}_{1RS}.$$

Zeichnet man das rechtwinklige Dreieck nach der anderen Seite von DA, so erhält man $\mathfrak{U}_{1RS}$ als Dreieckseite von C aus und anschließend $\mathfrak{U}_{2RS}$ nach B hin (in Abb. 4 nicht eingetragen).

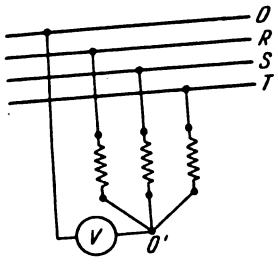


Abb. 5. Messung der Spannungs-Nullkomponente.

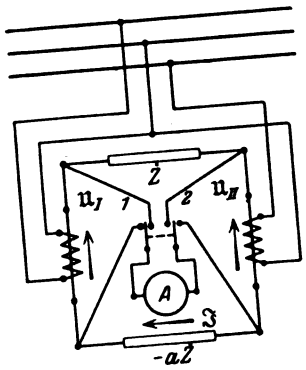


Abb. 7. Messung der Mit- und Gegenkomponente der Spannungen durch Widerstandschaltung.

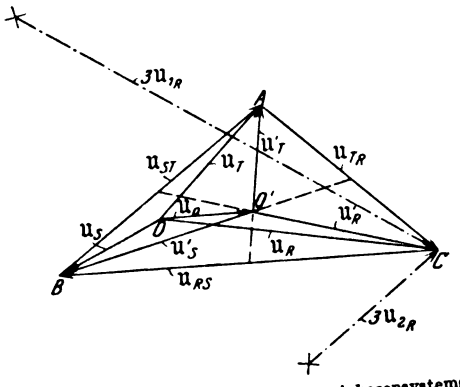


Abb. 6. Zerlegung eines unsymmetrischen Dreiphasensystems in Mit-, Gegen- und Nullkomponente.

Schließt man die drei Netzleiter R, S, T über gleiche Widerstände im Null- oder Sternpunkt O' (Abb. 5) zusammen, dann muß sowohl die Summe der Ströme als auch die der Spannungen $\mathfrak{U}'$ an den Widerständen gleich null sein. Im Vektordreieck der verketteten Spannungen (Abb. 6) hat daher die Mittellinie durch A die Größe

$$\frac{1}{2}\,\mathfrak{U}_{RS} + \mathfrak{U}_{ST} = \frac{1}{2}\,\mathfrak{U}'_S - \frac{1}{2}\,\mathfrak{U}'_R + \mathfrak{U}'_T - \mathfrak{U}'_S = \frac{3}{2}\,\mathfrak{U}'_T.$$

$\mathfrak{U}'_T$ wird also der Richtung nach durch die Mittellinie, der Größe nach durch den Abstand $O'A$ des Schwerpunktes von einer Ecke des Dreiecks bestimmt. Da für $\mathfrak{U}'_R$ und $\mathfrak{U}'_S$ entsprechende Beziehungen gelten, lassen sich die Vektoren der Phasenspannungen für den Fall $\mathfrak{U}_0 = 0$ so in das Vektordiagramm der verketteten Spannungen einzeichnen, daß sie sich von dem Schwerpunkt bis zu den Eckpunkten hin erstrecken. Ist eine Nullspannung $\mathfrak{U}_0$ vorhanden, fällt der Ausgangspunkt der Vektoren $\mathfrak{U}_R$, $\mathfrak{U}_S$, $\mathfrak{U}_T$ nicht in den Schwerpunkt des Dreiecks, sondern nach O. Aus Abb. 6 erkennt man, daß

$$\overrightarrow{OO'} = \mathfrak{U}_R - \mathfrak{U}'_R = \mathfrak{U}_S - \mathfrak{U}'_S = \mathfrak{U}_T - \mathfrak{U}'_T$$

oder

$$\overrightarrow{OO'} = \frac{1}{3}(\mathfrak{U}_R + \mathfrak{U}_S + \mathfrak{U}_T) = \mathfrak{U}_0 \quad \ldots \quad (19)$$

ist, daß also der Abstand beider Punkte den Vektor der Nullspannung darstellt. Zur Bestimmung von $\mathfrak{U}_0$ müssen außer den verketteten Spannungen Größe und Richtung einer Phasenspannung oder die Größen der Phasenspannungen bekannt sein. In dem bekannten Vektordreieck ABC (Abb. 6) ergibt dann der Schnittpunkt der Kreise mit U_R um C und mit U_S um B den Nullpunkt O, der Schnittpunkt zweier Mittellinien den Schwerpunkt O' des Dreiecks, und man erhält $\overrightarrow{OO'} = \mathfrak{U}_0$.

3. Berechnung der symmetrischen Komponenten.

Die symmetrischen Komponenten des Mit- und des Gegensystems lassen sich auch leicht rechnerisch aus den Absolutwerten der gemessenen verketteten Spannungen ermitteln. Aus Gl. (8) und (9) erhält man für die Absolutwerte

$$U^2_{1RS} = \frac{1}{3}\left[U^2_{RS} + U^2_{ST} + 2\,U_{RS}\,U_{ST}\cos\left(\widehat{\mathfrak{U}_{RS}\,\mathfrak{U}_{ST}} + \frac{\pi}{3}\right)\right] \quad (20)$$

und

$$U^2_{2RS} = \frac{1}{3}\left[U^2_{RS} + U^2_{ST} + 2\,U_{RS}\,U_{ST}\cos\left(\widehat{\mathfrak{U}_{RS}\,\mathfrak{U}_{ST}} - \frac{\pi}{3}\right)\right] \quad (21)$$

$\widehat{\mathfrak{U}_{RS}\,\mathfrak{U}_{ST}}$ bedeutet hierin den von den positiven Richtungen der Vektoren eingeschlossenen Winkel, gemessen von $\mathfrak{U}_{RS}$ nach $\mathfrak{U}_{ST}$. Durch Addition und Subtraktion von Gl. (20) und (21) ergibt sich unter Berücksichtigung, daß $2\cos\left(\widehat{\mathfrak{U}_{RS}\,\mathfrak{U}_{ST}} \pm \frac{\pi}{3}\right) = \cos\widehat{\mathfrak{U}_{RS}\,\mathfrak{U}_{ST}} \pm \sqrt{3}\sin\widehat{\mathfrak{U}_{ST}\,\mathfrak{U}_{RS}}$ und $(-\mathfrak{U}_{TR})^2 = (\mathfrak{U}_{RS} + \mathfrak{U}_{ST})^2$ oder $U^2_{TR} = U^2_{RS} + U^2_{ST} + 2\,U_{RS}\,U_{ST}\cos\widehat{\mathfrak{U}_{RS}\,\mathfrak{U}_{ST}}$ ist,

$$U^2_{1RS} + U^2_{2RS} = \frac{1}{3}\left[2\left(U^2_{RS} + U^2_{ST}\right) + 2\,U_{RS}\,U_{ST}\cos\widehat{\mathfrak{U}_{RS}\,\mathfrak{U}_{ST}}\right]$$

$$= \frac{1}{3}\left(U^2_{RS} + U^2_{ST} + U^2_{TR}\right) \quad \ldots \quad (22)$$

und

$$U^2_{1RS} - U^2_{2RS} = \frac{2}{3}\,U_{RS}\,U_{ST}\sqrt{3}\sin\widehat{\mathfrak{U}_{ST}\,\mathfrak{U}_{RS}}$$

$$= \frac{2}{3}\sqrt{3}\,[\mathfrak{U}_{ST}\,\mathfrak{U}_{RS}]. \quad \ldots \quad (23)$$

Die Summe der Komponentenquadrate ist also gleich einem Drittel der Summe der Spannungsquadrate $\sum U^2$ und die Differenz der Komponentenquadrate gleich dem $\frac{2}{3}\sqrt{3}$fachen des vektoriellen (äußeren) Produkts oder gleich dem $\frac{4}{3}\sqrt{3}$fachen Inhalt des von den Vektoren gebildeten Dreiecks. Bezeichnet $S = \frac{U_{RS} + U_{ST} + U_{TR}}{2}$ die halbe Summe der Spannungen, so kann man für den Inhalt des Dreiecks schreiben

$$F = \frac{1}{2}\,|[\mathfrak{U}_{ST}\,\mathfrak{U}_{RS}]| = \sqrt{S\,(S - U_{RS})\,(S - U_{ST})\,(S - U_{TR})}. \quad (24)$$

Mithin hat man aus Gl. (22) und (23) für die Mitkomponente

$$U_1 = \sqrt{\frac{\sum U^2}{6} - \frac{2\,F}{\sqrt{3}}} \quad \ldots \quad (25)$$

und für die Gegenkomponente

$$U_2 = \sqrt{\frac{\sum U^2}{6} + \frac{2\,F}{\sqrt{3}}}. \quad \ldots \quad (26)$$

Für das Vorzeichen von F ist zu beachten: F ist positiv, wenn die Spannungen zeitlich in der Reihenfolge U_{RS}, U_{ST}, U_{TR} ihren Höchstwert haben, negativ bei umgekehrter Phasenfolge.

Digitized by Google

Auch die Nullkomponente U_0 läßt sich aus den Absolutwerten der drei verketteten Spannungen und der drei Phasenspannungen ohne Winkelfunktionen berechnen. Die sich ergebende Formel ist jedoch nicht so einfach wie die für U_1 und U_2 [Gl. (25) und (26)]. Daher ist zur Bestimmung von U_0 das zeichnerische Verfahren nach Abb. 6 vorzuziehen.

Beispiel. Ein Beispiel möge die bisherigen Ausführungen erläutern. Es seien gemessen zwischen den Netzleitern die verketteten Spannungen $U_{RS} = 10$ kV, $U_{ST} = 7$ kV und $U_{TR} = 6$ kV. Nach Gl. (25) und (26) ergibt sich für die Komponenten

$$U_1 = \sqrt{\frac{100+49+36}{6} + 2\sqrt{\frac{11{,}5 \cdot 1{,}5 \cdot 4{,}5 \cdot 5{,}5}{3}}}$$
$$= \sqrt{30{,}8 + 23{,}9} = 7{,}4 \text{ kV}$$

$$U_2 = \sqrt{\frac{100+49+36}{6} - 2\sqrt{\frac{11{,}5 \cdot 1{,}5 \cdot 4{,}5 \cdot 5{,}5}{3}}}$$
$$= \sqrt{30{,}8 - 23{,}9} = 2{,}64 \text{ kV}.$$

Das Gegensystem beträgt $U_2 = \frac{2{,}64}{7{,}4} U_1$ oder 36 % des Mitsystems. Die Richtigkeit des Ergebnisses läßt sich an Hand der gezeichneten Diagramme (Abb. 2, 3, 4, 6) nachprüfen, in denen die verketteten Spannungen im gleichen Verhältnis gewählt wurden. Da ferner allen Diagrammen dieselben Spannungsvektoren zugrunde gelegt wurden, kann auch die Übereinstimmung der zeichnerischen Ergebnisse geprüft werden.

4. Messung der symmetrischen Komponenten.

Im allgemeinen genügt es, den Absolutwert (Effektivwert) der Komponenten zu bestimmen; bei Leistungsmessungen muß jedoch auch die Phase berücksichtigt werden. Die Nullspannung läßt sich nach Gl. (19) zwischen dem Nulleiter des Netzes und einem nach Abb. 5 geschaffenen Sternpunkt messen. Meist ist der Sternpunkt schon durch angeschlossene Transformatoren in Λ-Schaltung gegeben. Das Messen oder Anzeigen der symmetrischen Mit- und Gegenkomponente wird nach Gl. (14) und (15) durch verhältnisgleiche Ströme ermöglicht, die man aus geeigneten Widerstandschaltungen erhält. Durch den Widerstandsoperator $-3\dot{Z}$ dividiert, ergeben diese Gleichungen

$$\frac{\mathfrak{U}_{1R}}{\dot{Z}} = -\frac{1}{3}\left(\frac{\mathfrak{U}_{RS}}{\dot{Z}} + \frac{\mathfrak{U}_{ST}}{-a\dot{Z}}\right) \quad \ldots \quad (27)$$

und

$$\frac{\mathfrak{U}_{2R}}{\dot{Z}} = -\frac{1}{3}\left(\frac{\mathfrak{U}_{RS}}{\dot{Z}} + \frac{\mathfrak{U}_{ST}}{-a^2\dot{Z}}\right). \quad \ldots \quad (28)$$

Legt man $\mathfrak{U}_{RS}$ über den Widerstand $\dot{Z}$ und $\mathfrak{U}_{ST}$ über $-a\dot{Z}$ bzw. über $-a^2\dot{Z}$ parallel an einen Strommesser oder ein Relais, so fließt darin ein Strom $\mathfrak{U}_{1R}/\dot{Z}$ proportional der Mitkomponente bzw. ein Strom $\mathfrak{U}_{2R}/\dot{Z}$ proportional der Gegenkomponente der Spannung. Wählt man $\dot{Z} = R$, so sind Meßströme und Spannungskomponente bei Vernachlässigung der Impedanz des Meßgeräts in Gegenphase. $-a\dot{Z} = 0{,}5\,R - j\,0{,}5\sqrt{3}\,R$ entspricht einer Impedanz, bestehend aus dem Ohmschen Widerstand von 0,5 R und dem Kondensator von 0,866 R in Reihe; $-a^2\dot{Z} = 0{,}5\,R + j\,0{,}5\sqrt{3}\,R$ bedeutet eine Impedanz, gebildet aus Reihenschaltung des Ohmschen Widerstandes von 0,5 R und der Drosselspule von 0,866 R.

Eine praktische verallgemeinerte Meßschaltung ist in Abb. 7 gegeben. Sie gestattet die Größe beider Komponenten mit einer einzigen Schaltung zu messen. Gl. (28), mit a^2 erweitert, ergibt

$$\frac{a^2\,\mathfrak{U}_{2R}}{\dot{Z}} = \frac{\mathfrak{U}_{2T}}{\dot{Z}} = \frac{1}{3}\left(\frac{\mathfrak{U}_{RS}}{-a\dot{Z}} + \frac{\mathfrak{U}_{ST}}{\dot{Z}}\right). \quad \ldots \quad (29)$$

Wegen $|a^2| = 1$ ist der Absolutwert der Klammer geblieben und weiterhin proportional der Gegenkomponente. Für die Größe der beiden Komponenten bestehen daher nach Gl. (27) und (29) allgemein die Beziehungen

$$U_1 = c_U \left| \frac{\mathfrak{U}_{\mathrm{I}}}{\dot{Z}} + \frac{\mathfrak{U}_{\mathrm{II}}}{-a\dot{Z}} \right| \quad \ldots \quad (30)$$

$$U_2 = c_U \left| \frac{\mathfrak{U}_{\mathrm{II}}}{\dot{Z}} + \frac{\mathfrak{U}_{\mathrm{I}}}{-a\dot{Z}} \right|. \quad \ldots \quad (31)$$

In Abb. 7 sind $\mathfrak{U}_{\mathrm{I}}$ und $\mathfrak{U}_{\mathrm{II}}$ zwei über Wandler entnommene verkettete Spannungen. Wird die phasenfrühere Spannung $\mathfrak{U}_{\mathrm{I}}$ über die Impedanz $\dot{Z}$, $\mathfrak{U}_{\mathrm{II}}$ über die Impedanz $-a\dot{Z}$ an den Strommesser (oder das Relais) A gelegt (Schalterstellung *1*), so fließt in A ein Strom proportional der Mitkomponente U_1. Vertauscht man durch Umlegen des Schalters (Stellung *2*) die Spannungen gegeneinander, dann kommt in A ein Strom proportional der Gegenkomponente U_2 zustande. Die Konstante c_U ist vom Übersetzungsverhältnis der Wandler und von der Größe der Impedanzen abhängig.

Treten mehrere Wechselstromgrößen in Beziehung zueinander, wie z. B. bei der Leistungsmessung, so setzt man alle Konstanten der Wandler und Meßgeräte als komplexe Zahlen einzusetzen, und auch das Verhältnis zwischen Meßstrom und Spannung ist als Komplexe c_U einzuführen. Durch entsprechende Wahl der Impedanzen und der Wandleranschlüsse lassen sich in der Schaltung Abb. 7 die Komponenten der Phasenspannungen nach Größe und Phase feststellen (Tafel 3).

Tafel 3.

$\mathfrak{U}_{\mathrm{I}}$	$\mathfrak{U}_{\mathrm{II}}$	$\dot{Z}$	$-a\dot{Z}$	Schalterstellung	$c_U \cdot$
$\mathfrak{U}_{RS}$	$\mathfrak{U}_{ST}$	R	$0{,}5\,R - j\,0{,}866\,R$	1	$-\mathfrak{U}_{2R}$
				2	$-\mathfrak{U}_{2T}$
		$0{,}5\,R + j\,0{,}866\,R$	R	1	$\mathfrak{U}_{2T}$
				2	$\mathfrak{U}_{2R}$

5. Messung der symmetrischen Komponenten durch Induktionsinstrumente.

Die Gleichungen (20 ... 23) lassen übrigens ein weiteres Meßverfahren für die Mit- und Gegenkomponente erkennen. Da

$$\left(\frac{\mathfrak{U}_{RS}}{2} + \mathfrak{U}_{ST}\right)^2 = \frac{1}{4}U_{RS}^2 + U_{ST}^2 + U_{RS}\,U_{ST}\cos\widehat{\mathfrak{U}_{RS}\,\mathfrak{U}_{ST}} \quad (32)$$

ist, wird aus Gl. (20) ... (23)

$$U_{1\,(2RS)}^2 = \frac{1}{3}\left\{\left(\frac{\mathfrak{U}_{RS}}{2} + \mathfrak{U}_{ST}\right)^2 + \left(\sqrt{\frac{3}{4}}\,\mathfrak{U}_{RS}\right)^2 \underset{(-)}{+} [\sqrt{3}\,\mathfrak{U}_{ST}\,\mathfrak{U}_{RS}]\right\} \quad (33)$$

Nun ist bekanntlich das auf den Läufer eines Induktionsmeßinstrumentes ausgeübte Drehmoment proportional dem äußeren Vektorprodukt der beiden zugeführten Ströme: $[\mathfrak{J}_{\mathrm{I}}\,\mathfrak{J}_{\mathrm{II}}] = I_{\mathrm{I}}\,I_{\mathrm{II}}\sin\widehat{\mathfrak{J}_{\mathrm{I}}\,\mathfrak{J}_{\mathrm{II}}}$, worin $\widehat{\mathfrak{J}_{\mathrm{I}}\,\mathfrak{J}_{\mathrm{II}}}$ der Phasenwinkel zwischen den beiden Strömen ist. Ist $I_{\mathrm{I}} = I_{\mathrm{II}}$, jedoch um einen konstanten Winkel φ in der Phase verschoben, so ist das Drehmoment proportional I^2.

Jeder Summand der Gl. (33) kann demnach durch ein Induktionsinstrument angezeigt werden. Ordnet man die Meßgeräte so auf einer gemeinsamen Welle an, daß sich ihre Drehmomente addieren, so ist das Gesamtmoment proportional dem Quadrat der Mitkomponente; vertauscht man beim Gerät C die Anschlüsse von $\mathfrak{U}_{ST}$ und $\mathfrak{U}_{RS}$ oder vertauscht man die Kupplungsenden, so wirkt das Moment den anderen entgegen, und das Gesamtmoment wird proportional dem Quadrat der Gegenkomponente. Auf einer entsprechend geeichten Skala kann dann die Größe der Spannungskomponenten abgelesen werden.

Abb. 8 stellt ein solches Meßgerät im Schema dar. Der Deutlichkeit halber ist es als Zusammensetzung dreier Einzelinstrumente gezeichnet. Je zwei Polpaare haben gemeinsamen magnetischen Rückschluß. Die Polpaare *I* und *II* tragen je zwei getrennte Wicklungen, deren eine (*a*) von einem Strom proportional $\frac{\mathfrak{U}_{RS}}{2}$, deren andere (*b*) von einem solchen proportional $\mathfrak{U}_{ST}$ durchflossen wird, so daß die gesamte Durchflutung proportional $\frac{\mathfrak{U}_{RS}}{2} + \mathfrak{U}_{ST}$ ist. Die Polpaare *III* und *IV* werden von Strömen proportional $\mathfrak{U}_{RS}$ erregt. Die Durchflutungen sowohl von *I* und *II* als auch von *III* und *IV* sind phasenverschoben. Polpaar *V* erhält einen Strom proportional $\mathfrak{U}_{RS}$, Polpaar *VI* einen solchen proportional $\mathfrak{U}_{ST}$, wenn die Mitkomponente gemessen werden soll. Durch Vertauschen der Spannungen an *V* und *VI* mißt man die Gegenkomponente. Das auf die Welle ausgeübte Gesamtdrehmoment ist dann

$$M_{1\,(2)} = C\,U_{1\,(2)}^2 = C_1\left(\frac{\mathfrak{U}_{RS}}{2} + \mathfrak{U}_{ST}\right)^2 + C_2\,(\mathfrak{U}_{RS})^2 \underset{(-)}{+} C_3\,[\mathfrak{U}_{ST}\,\mathfrak{U}_{RS}]. \quad (34)$$

Die Konstanten der Instrumente müssen zueinander im Verhältnis $C_1 : C_2 : C_3 = 1 : \frac{3}{4} : \sqrt{3}$ stehen. Begnügt man

Digitized by Google

sich mit der Bestimmung von $U_1^2 - U_2^2$, so verwendet man hierfür das Instrument C allein [vgl. Gl. (23)]. Da in Gl. (33) $\frac{\mathfrak{U}_{RS}}{2} + \mathfrak{U}_{ST} = -\frac{\mathfrak{U}_{ST} - \mathfrak{U}_{TR}}{2}$ gesetzt werden kann, könnten die Pole *I* und *II* auch von der Differenz zweier Ströme proportional $\mathfrak{U}_{ST}$ und $-\mathfrak{U}_{TR}$ umflutet werden. Hierzu wäre allerdings noch ein dritter Spannungswandler ($\mathfrak{U}_{TR}$) erforderlich.

C. Unsymmetrie der Ströme.

1. Zeichnerische Ermittlung der symmetrischen Komponenten.

Die symmetrischen Komponenten der Ströme lassen sich genau so wie die der Spannungen ermitteln. Man hat nur zu beachten, daß in Diagrammen, wo die verketteten Größen die Seiten des Vektordreiecks, die Phasengrößen die Strahlen zu dessen Eckpunkten bilden, die Leitungs- (Phasen-)Ströme im Maßstab 1 : 3 verkleinert erscheinen. In Abb. 3 würde daher $\overrightarrow{FC} = \mathfrak{J}_{1R}$ und $\overrightarrow{DC} = \mathfrak{J}_{2R}$, in Abb. 6 $\overrightarrow{OC} = \frac{1}{3}\mathfrak{J}_R$, $\overrightarrow{O'C} = \frac{1}{3}\mathfrak{J}_R$ usw. bedeuten.

2. Berechnung der symmetrischen Komponenten.

Die Komponenten lassen sich nach den Gl. (20) bis (26) berechnen, sofern die verketteten Ströme bekannt sind. Da jedoch für gewöhnlich die Leiterströme gemessen werden, empfiehlt es sich, die Komponenten zeichnerisch zu ermitteln.

3. Messung der symmetrischen Komponenten.

Die Nullkomponente des Stromes ergibt sich aus der Beziehung [vgl. Gl. (6)]

$$3\mathfrak{J}_0 = \mathfrak{J}_R + \mathfrak{J}_S + \mathfrak{J}_T. \quad \ldots\ldots \quad (35)$$

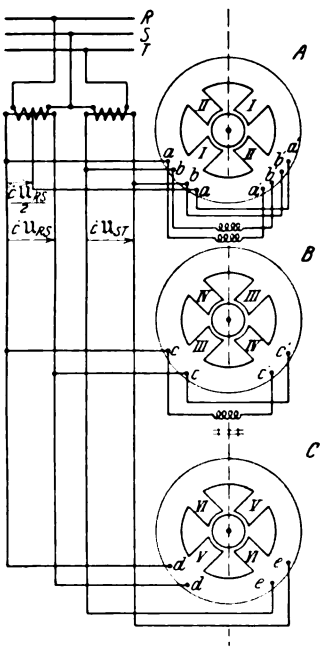


Abb. 8. Messung der Mit- und Gegenkomponente der Spannungen durch Induktionsinstrumente. $A + B$ zeigt $U_1^2 + U_2^2$, C zeigt $U_1^2 - U_2^2$ und A + B ± C zeigt U_1^2 bzw. U_2^2 an.

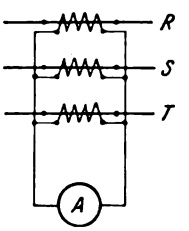


Abb. 9. Messung der Nullkomponente der Ströme in Parallelschaltung der Strom wandler.

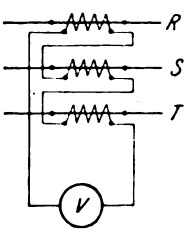


Abb. 10. Messung der Nullkomponente der Ströme in Reihenschaltung der Stromwandler.

Schließt man daher die drei Stromwandler der Leitungsströme (Abb. 9) in Sternschaltung kurz, so fließt in der Verbindung zwischen Kurzschluß- und Sternpunkt ein Strom proportional $\mathfrak{J}_0$. Eine weitere Meßschaltung erhält man, wenn man die Stromwandler hintereinander schaltet (Abb. 10); die an den Enden auftretende Spannung (Spannungsmesser *V*) ist proportional der Nullkomponente des Stromes $\mathfrak{J}_0$. Ist eine Nullkomponente nicht vorhanden oder tritt sie nicht in Erscheinung, wie bei Sternschaltung der Stromwandler, so gelten für die beiden anderen Stromkomponenten sinngemäß die Gl. (8) und (9). Es ist z. B. die Mitkomponente

$$\mathfrak{J}_{1R} = \frac{1-a^2}{3}(\mathfrak{J}_R - a^2\mathfrak{J}_S) = -j\frac{\sqrt{3}}{3}(a\mathfrak{J}_R - \mathfrak{J}_S) \quad (36)$$

und die Gegenkomponente

$$\mathfrak{J}_{2R} = \frac{1-a}{3}(\mathfrak{J}_R - a\mathfrak{J}_S) = j\,a^2\frac{\sqrt{3}}{3}(\mathfrak{J}_R - a\mathfrak{J}_S). \quad (37)$$

Mit $\dot{Z}$ multipliziert ergeben diese Gleichungen

$$\dot{Z}\,\mathfrak{J}_{1R} = -j\frac{\sqrt{3}}{3}(a\dot{Z}\mathfrak{J}_R - \dot{Z}\mathfrak{J}_S) \quad \ldots \quad (38)$$

$$\dot{Z}\,\mathfrak{J}_{2R} = j\,a^2\frac{\sqrt{3}}{3}(\dot{Z}\mathfrak{J}_R - a\dot{Z}\mathfrak{J}_S). \quad \ldots \quad (39)$$

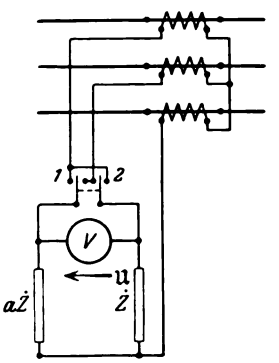


Abb. 11. Messung der Mit- und Gegenkomponente der Ströme durch Widerstandsschaltung.

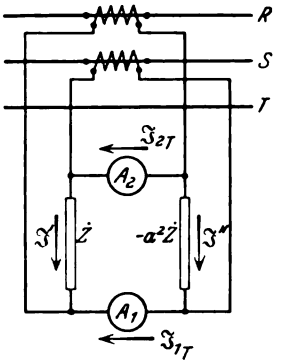


Abb. 12. Messung der Mit- und Gegenkomponente der Ströme durch Widerstandschaltung, wenn Nullkomponente nicht vorhanden.

Die Stromkomponenten können ähnlich wie die Spannungskomponenten durch eine Widerstandschaltung gemessen werden (Abb. 11). Die Nullkomponente wird durch Sternschaltung der drei Stromwandler eliminiert. Es gelten die allgemeinen Beziehungen [vgl. Gl. (30) und (31)]:

$$I_1 = c_I\left|a\dot{Z}\mathfrak{J}_I - \dot{Z}\mathfrak{J}_{II}\right| \quad \ldots\ldots \quad (40)$$

$$I_2 = c_1\left|a\dot{Z}\mathfrak{J}_{II} - \dot{Z}\mathfrak{J}_I\right|. \quad \ldots\ldots \quad (41)$$

$\mathfrak{J}_I$ ist der phasenfrühere Strom. Die Impedanzen stehen im Verhältnis a : 1. In Schalterstellung *1* wird die Mit-, in Stellung *2* die Gegenkomponente des Stromes am Spannungsmesser *V* gemessen.

Für den Fall, daß die Stromwandler der Phasen *R* und *S* an die Impedanzen $a\dot{Z}$ und $\dot{Z}$ gelegt werden, ergeben sich die in Tafel 4 zusammengestellten Meßmöglichkeiten, aus denen sich auch die Phase zwischen Mit- und Gegenkomponenten feststellen läßt.

Tafel 4.

$\mathfrak{J}_I$	$\mathfrak{J}_{II}$	$\dot{Z}$	$a\dot{Z}$	Schalterstellung	$c_I\,\mathfrak{U}$
$\mathfrak{J}_R$	$\mathfrak{J}_S$	$-jR$	$0.866R + j.0.5R$	1	$-\mathfrak{J}_1 R$
				2	$-\mathfrak{J}_2 S$
		$0.866R - j.0.5R$	$+jR$	1	$+\mathfrak{J}_1 S$
				2	$+\mathfrak{J}_2 R$

Wenn die Leiterströme keine Nullkomponente enthalten, vereinfacht sich die Schaltung zu der Brückenschaltung in Abb. 12. Nach den Kirchhoffschen Gesetzen ist

$$\mathfrak{J}_R = -\mathfrak{J}' - \mathfrak{J}_1 = -\mathfrak{J}'' - \mathfrak{J}_2$$
$$-\mathfrak{J}_S = -\mathfrak{J}'' + \mathfrak{J}_1 = -\mathfrak{J}' + \mathfrak{J}_2$$

und nach der Schaltung Abb. 12

$$\dot{Z}\,\mathfrak{J}' = -a^2\dot{Z}\,\mathfrak{J}'', \text{ also } \mathfrak{J}' = -a^2\mathfrak{J}'',$$

so daß sich hieraus

$$\mathfrak{J}_R - a^2\mathfrak{J}_S = \mathfrak{J}_1(a^2 - 1)$$

oder

$$\mathfrak{J}_1 = \frac{1-a^2}{3a^2}(\mathfrak{J}_R - a^2\mathfrak{J}_S) = \mathfrak{J}_{1T}$$

[vgl. Gl. (36)] und entsprechend

$$\mathfrak{J}_2 = \frac{1-a}{3a}(\mathfrak{J}_R - a\mathfrak{J}_S) = \mathfrak{J}_{2T}$$

[vgl. Gl. (37)] ergibt. Der Stromwandler A_1 zeigt somit die Mitkomponente, A_2 die Gegenkomponente des Stromes an

Digitized by Google

Die Stromkomponenten des Mit- und des Gegensystems lassen sich ebenfalls wie die Komponenten der Spannungen (vgl. Abb. 8) durch Einwirken dreier Drehmomente auf den Rotor eines Induktionsinstrumentes ermitteln (Abb. 13). Man belastet die in Stern geschalteten Stromwandler mit drei gleich großen, ebenfalls in Stern geschalteten Widerständen, um die Nullkomponente zu eliminieren, und legt die auftretenden, den Leiterströmen proportionalen Spannungen $\frac{c\,\mathfrak{J}_R}{2}$, $c\,\mathfrak{J}_R$ und $c\,\mathfrak{J}_S$ an die Wicklungen des Induktionsinstrumentes.

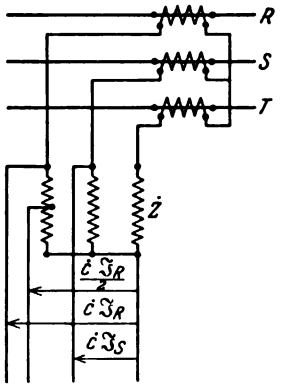


Abb. 13. Messung der Mit- und Gegenkomponente der Ströme durch Induktionsinstrumente (ähnlich Abb. 8).

D. Beispiel.

Ein Kraftwerk speist eine gestörte Drehstrom-Übertragungsleitung. Auf einer Station zwischen Störungstelle und Werk soll die Unsymmetrie bestimmt werden. Hierzu sind folgende Größen gemessen worden:

U_{RS}	U_{ST}	U_{TR}	U_R	U_S	U_0
10	7	6	7,38	3,0	2,5 kV
I_R	I_S	I_T	I_0		
157	299	524	41 A		

$$\cos\varphi_R = \cos \mathfrak{U}_R\widehat{\mathfrak{J}_R} = 0{,}29\,; \qquad \cos\varphi_S = \cos \mathfrak{U}_S\widehat{\mathfrak{J}_S} = 0{,}91\,;$$

$$\cos\varphi_0 = \cos \mathfrak{U}_0\widehat{\mathfrak{J}_0} = -\,0{,}14.$$

Man führt die Zerlegung des Spannungssystems zeichnerisch nach Abb. 6 durch und erhält

$$\mathfrak{U}_{1R} = 4{,}27\, e^{337\,p}\ \text{Volt}$$
$$\mathfrak{U}_{2R} = 1{,}52\, e^{48\,p}\ \text{„}$$
$$\mathfrak{U}_0 = 2{,}5\ e^{13\,p}\ \text{„}$$

Der Anschaulichkeit halber ist hierin die Abkürzung $p = \frac{j\,2\pi}{360}$ verwendet worden, so daß die vor p stehende Zahl die Grade des Phasenwinkels angibt. Die Phase der Wechselstromgrößen ist in dem Beispiel auf die Spannung $\mathfrak{U}_R$ bezogen.

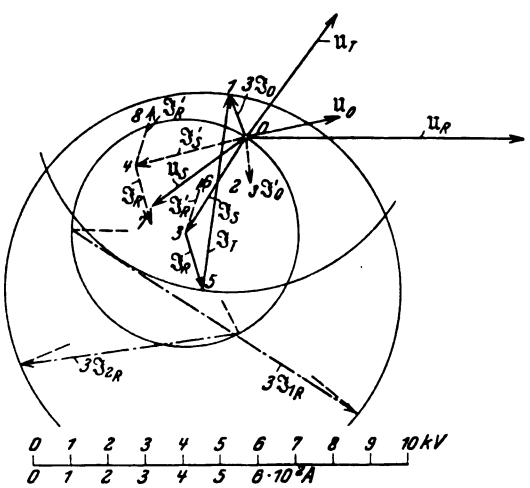


Abb. 14. Bestimmung der Spannungs- und Stromkomponenten eines unsymmetrischen Drehstromnetzes.

Die Zerlegung des Stromsystems geht nach Abb. 14 vor sich. Der Bezugsvektor $\mathfrak{U}_R$ ist eingetragen. Da nun die gemessenen Leistungsfaktoren bekanntlich zwei Werte für den Phasenwinkel liefern, sind zunächst beide Werte zu berücksichtigen. So ist $\mathfrak{J}_R$ unter $\pm 73°$ zu $\mathfrak{U}_R$, $\mathfrak{J}_S$ unter $\pm 24°$ zu $\mathfrak{U}_S$ und $\mathfrak{J}_0$ unter $\pm 98°$ zu $\mathfrak{U}_0$ anzunehmen. $3\,\mathfrak{J}_0$ von 0 aus aufgetragen, ergibt die Punkte *1* und *2*; $\mathfrak{J}_S$ von 0 aus aufgetragen, liefert die Punkte *3* und *4*. Fügt man an $\mathfrak{J}_S$ in den Punkten *3* und *4* den Vektor von $\mathfrak{J}_R$, so erhält man weitere vier Punkte *5, 6, 7, 8*. Von den Kreisen mit I_T um die Endpunkte *1* und *2* von $3\,\mathfrak{J}_0$ geht nur der erste durch einen (*5*) der Punkte *5 ... 8*. Damit ist die Phase der Ströme untereinander und in bezug auf die Spannungen gegeben. Gemäß Abb. 2 lassen sich weiter die Mit- und Gegenkomponente der Ströme nach Größe und Richtung ermitteln. Man erhält

$$\mathfrak{J}_{1R} = 300\, e^{327\,p}\ \text{Amp.}$$
$$\mathfrak{J}_{2R} = 195\, e^{188\,p}\ \text{„}$$
$$\mathfrak{J}_0 = 41\, e^{111\,p}\ \text{„}$$

Somit ist die Zerlegung des Dreiphasensystemes in bezug auf Ströme und Spannungen durchgeführt. Weiter lassen sich auch die Impedanzen hinter und vor der Meßstelle ermitteln. Die Impedanzen hinter der Meßstelle errechnen sich zu

$$\dot{Z}_1 = \frac{\mathfrak{U}_{1R}}{\mathfrak{J}_{1R}} = \frac{4270\, e^{337\,p}}{300\, e^{327\,p}} = 14{,}2\, e^{10\,p}\ \text{Ohm}$$
$$\dot{Z}_2 = \frac{\mathfrak{U}_{2R}}{\mathfrak{J}_{2R}} = 7{,}8\, e^{220\,p}\ \text{„}$$
$$\dot{Z}_0 = \frac{\mathfrak{U}_0}{\mathfrak{J}_0} = 71\, e^{262\,p}\ \text{„}.$$

Für die Impedanzen vor der Meßstelle ergibt sich

$$\dot{Z}_2 = \frac{-\,\mathfrak{U}_{2R}}{\mathfrak{J}_{2R}} = 7{,}8\, e^{40\,p}\,\text{Ohm}\,; \quad \dot{Z}_0 = \frac{-\,\mathfrak{U}_0}{\mathfrak{J}_0} = 61\, e^{82\,p}\,\text{Ohm}.$$

$\dot{Z}_1 = \frac{\mathfrak{E}_{1R} - \mathfrak{U}_{1R}}{\mathfrak{J}_{1R}}$ kann erst bestimmt werden, wenn die induzierte Spannung $\mathfrak{E}_{1R}$ des Generators der Größe und Richtung nach bekannt ist. Wäre z. B. $\mathfrak{E}_1 = 6{,}5\, e^{356\,p}$ Volt, so wird $\dot{Z}_1 = 9{,}4\, e^{58\,p}$ Ohm. Gewöhnlich läßt sich $\dot{Z}_1$ aus dem Spannungsabfall der Stromerzeuger und dem Widerstand der Leitung berechnen, so daß nun umgekehrt sich die induzierte Generatorspannung $\mathfrak{E}_1$ ermitteln läßt.

Quellenverzeichnis.

G. Hommel, Über das Verhalten des asynchronen Drehstrommotors bei unsymmetrischen Klemmenspannungen. Diss. München 1910.

L. G. Stockvis, Sur la création des harmoniques trois dans les alternateurs par suite du déséquilibrage des phases. Compt. rend. Bd. 159, S. 46 (1914). — ETZ 1923, S. 500.

P. Müller, Unsymmetrische Mehrphasensysteme. ETZ 1918, S. 343.

C. L. Fortescue, Method of symmetrical coordinates. Transact. Am. Inst. El. Engs. 1918, S. 1027.

C. L. Fortescue, Anwendung der Methode symmetrischer Koordinaten zur Lösung von Problemen in mehrphasigen Kreisen. ETZ 1920, S. 513.

R. Brüderlink, Die Induktionsmaschine als Phasenumformer. El. u. Maschinenb. Bd. 39, S. 361 (1921).

A. Fraenckel, Theorie der Wechselströme. 2. Aufl., Berlin 1921, S. 121.

L. G. Stockvis, Sur les diagrammes circulaires des systèmes triphasés déséquilibrés et la définition de leur dégré de déséquilibrage. Compt. rend. Bd. 174, S. 1418 (1922).

E. Zachrisson, Zur Definition des Begriffs Unsymmetrie eines Drehstromsystems. ETZ 1923, S. 897.

R. D. Evans, New sequence system of polyphase meters. El. World Bd. 81, S. 333 (1923).

V. Genkin, Théorie du déséquilibre et son application aux systèmes de protection. Rev. Gén. de l'El. Bd. 16, S. 907 (1924). — ETZ 1925, S. 956.

S. Bekku, Methode der symmetrischen Koordinaten und allgemeine Theorie der Erdschlußlöscheinrichtungen. Arch. El. Bd. 14, S. 543 (1925).

G. Rasch, Unsymmetrische Mehrphasensysteme. ETZ 1925, S. 1446.

V. Genkin, La puissance électrique dans un circuit triphasé non équilibré. Rev. Gén. de l'El. Bd. 19, S. 165 (1926).

F. Natalis, Unsymmetrische Drehstromsysteme. Wiss. Veröff. Siem.-Konz. Bd. 5, S. 1 (1926).

Breisky, A phase balance current relais. El. Journal Bd. 24, S. 14 (1927).

G. Hauffe, Unsymmetrische Drehstromnetze. ETZ 1927, S. 1734.

A. E. Kennelly, Computation of the unbalance factor. J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 46, S. 240 (1927).

G. Oberdorfer, Das Rechnen nach der Methode der symmetrischen Koordinaten. El. u. Maschinenb. Bd. 45, S. 296 (1927).

V. Genkin, Sur la protection des réseaux de distribution d'énergie contre les surintensités de courant. Rev. Gén. de l'El. Bd. 25, S. 285 (1929).

G. Oberdorfer, Die Leistung in unsymmetrischen Dreiphasensystemen. ETZ 1929, S. 265.

Stewart: How the positive phase sequence network works. The Electric Journ. Bd. 26, S. 260 (1929).

C. F. Wagner u. R. D. Evans, Symmetrical components. The Electric Journ. Bd. 26, S. 425 (1929).

H. Nützelberger, Drei neue Verfahren der Zerlegung eines unsymmetrischen Mehrphasensystems in zwei symmetrische. Arch. El. Bd. 23, S. 119 (1930).

M. Tolwinski, Das Problem der unsymmetrischen Belastung des synchronen Drehstromgenerators und des Drehstromtransformators. Arch. El. Bd. 23, S. 497 (1930).

Digitized by Google

Zur Photometrierung von Automobilscheinwerfern.

(Mitteilung aus dem Optischen Laboratorium der Osram G. m. b. H. Kom.-Ges.).

Von Dr. **Fritz Born**, Berlin.

Übersicht. Es werden eine Meßeinrichtung und eine Methode zur Messung von Automobilscheinwerfern beschrieben und die Auswertung der im Laboratorium ausgeführten Messungen für den Gebrauch in der Praxis durch Ermittlung der Beleuchtungsverteilung auf der Fahrstraße gezeigt. Graphische Hilfsmittel, die die Auswertung der Messungen bedeutend erleichtern und beschleunigen, werden mitgeteilt und ihre Anwendung an Beispielen erläutert.

Für die Beurteilung der Eigenschaften von Automobilscheinwerfern genügt es im allgemeinen nicht, die Lichtstärke des Axialstrahles anzugeben, sondern es ist notwendig, die Gesamtlichtverteilung des Strahlenbündels festzustellen. Dies kann z. B. dadurch geschehen, daß man die Verteilung der Beleuchtungstärke auf einer senkrecht zur Scheinwerferachse in genügender Entfernung aufgestellten Vertikalebene ermittelt[1]. Vom Standpunkt des Automobilisten ist außerdem auch die Kenntnis der Beleuchtungsverteilung auf der Fahrstraße, also auf einer etwa 1 m unter der Scheinwerferachse befindlichen Horizontalebene besonders anschaulich. Die vertikale und die horizontale Verteilung der Beleuchtungsstärken gemeinsam geben ein vollständiges Bild von den praktischen Eigenschaften des Scheinwerfers. Im folgenden soll ein Weg zur Ermittelung der beiden genannten Lichtverteilungskurven beschrieben werden, der in mehrjähriger Praxis entwickelt worden ist und sich durchaus bewährt hat.

1. Die Meßeinrichtung und der Meßvorgang.

Die Messung geschieht in einem etwa 35 m langen, 3,5 m breiten Photometerraum, dessen Wände wie üblich schwarz gestrichen sind. Es werden mit Rücksicht auf die tatsächlichen Verhältnisse stets 2 Scheinwerfer der gleichen Art gemessen, die 1 m über dem Boden in etwa 75 cm Abstand voneinander derart aufgestellt werden, daß ihre Achsen parallel gerichtet sind. Die Scheinwerfer sind auf einem Meßtisch (Abb. 1) so angeordnet, daß sie

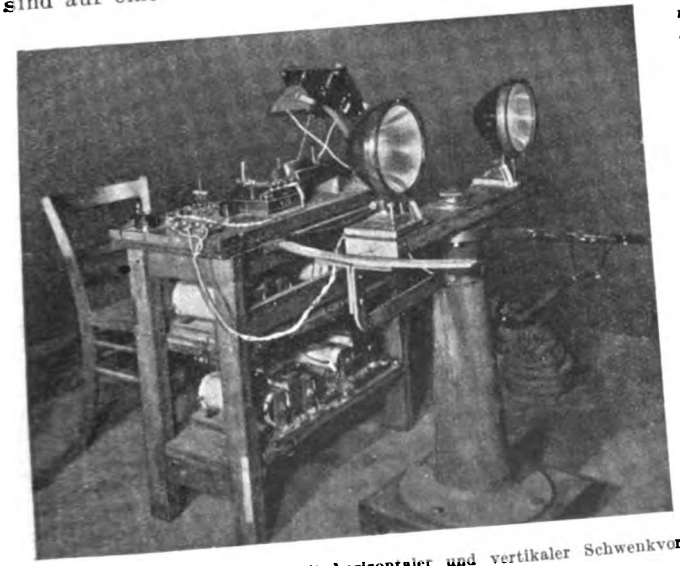
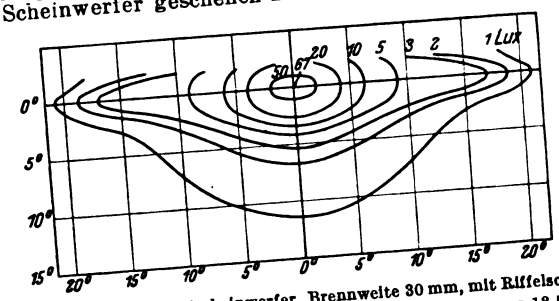


Abb. 1. Scheinwerfertisch mit horizontaler und vertikaler Schwenkvorrichtung.

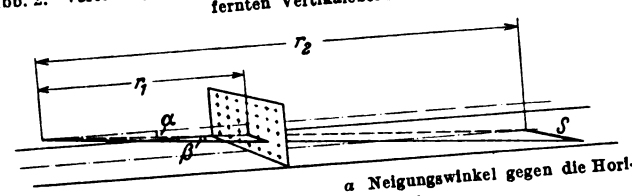
um eine Horizontalachse gedreht, d. h. nach oben und nach unten geneigt und auch um eine zwischen den Scheinwerfern hindurchgehende Vertikalachse nach rechts und links geschwenkt werden können. Beide Drehungen sind erforderlich, weil die einzelnen Ausstrahlungsrichtungen infolge der Abmessungen des Photometerraumes nur auf diese Weise der Messung zugänglich gemacht werden können. Die Drehungs- und Neigungswinkel sind auf Gradeinteilungen, mit denen der Meßtisch versehen ist, genau ablesbar.

Die vertikale Lichtverteilung wird auf einer Meßwand gemessen, die sich in 30,5 m Entfernung von den Scheinwerfern befindet[2]. Auf dieser Meßwand sind die Horizontalrichtung und einige Winkelgrade bezeichnet, vom Mittelpunkt zwischen beiden Scheinwerfern aus gerechnet. Die Wand dient in erster Linie zur Einregelung der Scheinwerfer in genaue Parallel- und Horizontalstellung und nur in beschränktem Maße als Anhalt für die Messung in den verschiedenen Richtungen, da diese Messung ja vornehmlich durch Schwenkung und Neigung der Scheinwerfer geschehen muß.



Zwei deutsche Tiefparabolscheinwerfer, Brennweite 30 mm, mit Riffelscheibe. Osram-Autoscheinwerferlampen 12...16 V, 35 W, Meßspannung 13,5 V.

Abb. 2. Verteilung der Vertikalbeleuchtungstärken auf einer 30,5 m entfernten Vertikalebene.



r_1 Meßentfernung
r_2 gesuchte Entfernung
S Streuung auf der Straßenfläche
α Neigungswinkel gegen die Horizontale
β Drehwinkel um die Vertikalachse

Abb. 3. Schematische Erläuterung zur Auswertung der Messungen.

Die Messung selbst geht in der Weise vor sich, daß die einzelnen Ausstrahlungsrichtungen durch entsprechende Drehung und Neigung des Meßtisches in die Horizontalrichtung gebracht werden. Genau genommen erfolgt also die Messung nicht auf einer Vertikalebene, sondern auf dem Innern einer Kugelfläche, deren Radius gleich 30,5 m ist, und deren Mittelpunkt mit dem Schnittpunkt der Drehachse und der Neigungsachse der Scheinwerfer zusammenfällt. Mit Hilfe eines Osram-Beleuchtungsmessers wird die jeweilige Beleuchtungstärke ermittelt. Abb. 2 zeigt eine solche Vertikalverteilung der Beleuchtungstärken.

In ganz ähnlicher Weise wird die Messung der Fahrstraßenbeleuchtung (auf der Horizontalebene) in den Entfernungen unter 30,5 m ausgeführt. Auch hier werden die infolge der geringen Seitenausdehnung des Raumes nicht zugänglichen Meßpunkte durch Schwenkung herangeholt. Selbstverständlich sind die Scheinwerfer dabei horizontal gerichtet. Für die Horizontalebene werden ebenfalls Vertikalbeleuchtungstärken angegeben, da diese infolge der fast horizontalen Blickrichtung des Fahrers allein maßgebend sind.

2. Die Auswertung der Messungen.

(Gemeinsam mit Joh. Fischer.)

Zur Ermittlung der Beleuchtungstärken auf der Fahrstraße in den größeren Entfernungen aus den in 30,5 m Abstand erhaltenen Werten der Vertikalbeleuch-

[1] Vgl. z. B. A. W. Devine, Transact. Ill. Engg. Soc. Bd. 20, S. 937 (1925) und R. N. Falge, Transact. Ill. Engg. Soc. Bd. 20, S. 957 (1925); beide ref.: ETZ 1927 S. 978.

[2] Dieser Abstand wurde gewählt, weil zur Zeit des Beginns der Untersuchungen (im Jahre 1925) nur von seiten der Amerikaner solche Messungen vorlagen, die sämtlich in dieser Entfernung (100 amerik. Fuß) ausgeführt waren und daher ohne weiteres zum Vergleich herangezogen werden konnten. Es bestand bisher noch keine Veranlassung, die Meßentfernung zu ändern.

Digitized by Google

tung muß man auf das quadratische Entfernungsgesetz zurückgehen (Abb. 3). Durch eine Anzahl von Versuchen haben wir festgestellt, daß tatsächlich das Quadratgesetz in dieser Entfernung für die Automobilscheinwerfer bereits volle Gültigkeit hat[3]. Bedenklich erscheint hierbei zunächst die Tatsache, daß die gemessene Beleuchtung nicht von einem, sondern von 2 Scheinwerfern erzeugt wird, also in irgendeiner Richtung in geringerer Entfernung andere Strahlen sich addieren als in größerer. Jedoch haben wir durch eine Reihe von Messungen festgestellt, daß die hierdurch bedingte Unsicherheit weit unter der Meßgenauigkeit bleibt.

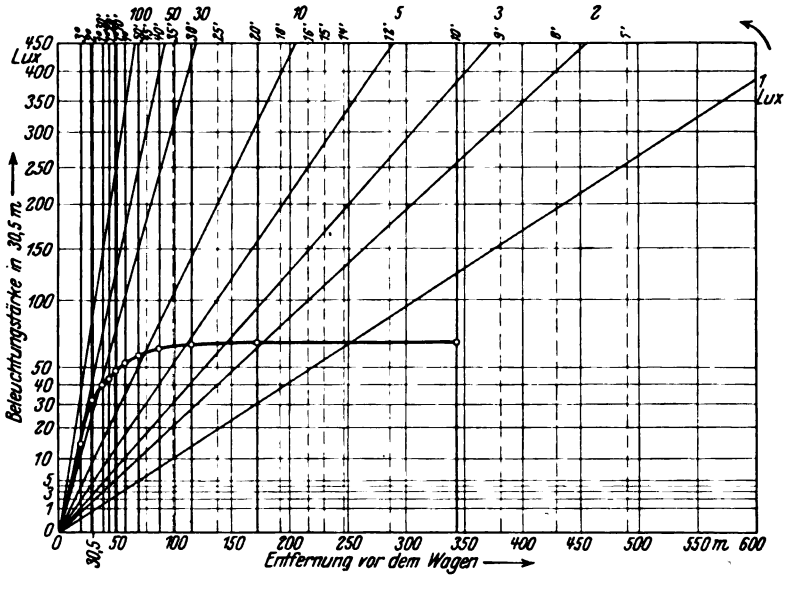


Abb. 4. Netztafel zur graphischen Ermittlung der Bodenbeleuchtung aus den in 30,5 m Entfernung gemessenen Beleuchtungstärken.

Die Ermittlung der Einzelwerte der Beleuchtungsstärke auf der Fahrstraße würde eine umfangreiche, zeitraubende Rechenarbeit erfordern. Um bequem und schnell die gesuchten Werte zu erhalten, haben wir eine Reihe nomographischer Hilfsmittel ausgearbeitet, die im folgenden beschrieben werden sollen[4].

a) Netztafel.

Die beste Übersicht erhält man, wenn die Kurven gleicher Beleuchtungstärken als gerade Linien erscheinen. Da die Beleuchtungstärken E_1 und E_2 in den Entfernungen r_1 und r_2 sich verhalten wie

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2},$$

kann man entweder die Abszissen mit quadratischer, die Ordinaten mit linearer Teilung oder die Ordinaten mit Quadratwurzel- und die Abszissen in linearer Teilung ausführen. Wir wählten die letztere Darstellungsart, weil die kleineren Entfernungen und Beleuchtungstärken auf diese Weise genauer abgelesen werden können. Abb. 4 zeigt die so entstandene Netztafel. Als Abszissen sind also aufgetragen die Entfernungen vom Fahrzeug in Meter auf linearer Teilung, als Ordinaten die in 30,5 m Entfernung gemessenen Beleuchtungstärken in Lux auf Quadratwurzelteilung. Um die in den verschiedenen Richtungen auf der Vertikalebene gemessenen Werte direkt einzeichnen zu können, ist die Abszisse gleichzeitig mit einer Einteilung in Winkelgrade und -minuten versehen. Jeder Winkel ist bei derjenigen Entfernung eingetragen, in der ein um den betreffenden Winkel gegen die Horizontale geneigter Strahl die Fahrbahn treffen würde (bei einer Scheinwerferhöhe von 1 m über dem Boden). Ein um 1° nach unten geneigter Strahl trifft, wie man aus der Tafel ersieht, die Straße in einer Entfernung von 57 m. Um die Linien gleicher Beleuchtungstärken zu erhalten, genügt es, einen Punkt der Linie zu berechnen und in die Tafel einzutragen. Die Verbindungslinie dieses Punktes mit dem Nullpunkt gibt sofort die gesuchte Gerade. Auf diese Weise sind die in die Tafel eingetragenen Linien gleicher Beleuchtungstärken entstanden.

Die Feststellung der Entfernung, in der auf der Fahrstraße eine bestimmte Beleuchtungstärke herrscht, geschieht praktisch auf die Weise, daß die in 30,5 m Entfernung gemessenen Beleuchtungsstärken in das Gradnetz selbst oder auf ein über das Gradnetz gelegtes Blatt Pauspapier eingetragen werden, u. zw. unter Benutzung der Winkelteilung der Abszisse. Ein Auswertungsbeispiel möge dies erläutern. In Abb. 4 sind die Meßpunkte einer Lichtverteilung, u. zw. die auf der vertikalen Nullinie der in Abb. 2 dargestellten Lichtverteilungskurven gemessenen Werte, auf den zugehörigen Winkelabszissen eingetragen (durch Kreise bezeichnet). Die durch die Meßpunkte gezogene Kurve trifft die Geraden gleicher Beleuchtungstärke in Punkten, deren Abszissen die Entfernungen angeben, in denen die betreffende Beleuchtungstärke vorhanden ist, z. B. 1 Lux in 250 m, 2 Lux in 175 m, 5 Lux in 110 m, 10 Lux in 75 m. Diese Entfernungen gelten, da von der vertikalen Nullinie ausgegangen wurde, für die Fahrstraßenmitte. Der weitere Verlauf der Beleuchtungstärke auf der Fahrstraße könnte ganz ähnlich gefunden werden, indem man die Lichtverteilung auf anderen Vertikalen in der gleichen Weise in das Gradnetz einträgt. Man würde auf diese Weise allmählich auf der Fahrstraßenebene den Verlauf der Beleuchtungsverteilung erhalten, doch wäre dieses Verfahren, wenn man es auch für alle anderen Richtungen anwenden wollte, sehr umständlich. Wir haben daher zur weiteren Erleichterung der Auswertung der Messungen ein zweites Verfahren ausgearbeitet.

b) Deckblätter.

Ausgegangen wird hierbei von der Darstellung der Vertikal-Lichtverteilung (Abb. 2) in 30,5 m Entfernung. Die Beleuchtungstärken in den anderen Entfernungen errechnen sich wieder aus dem Quadratgesetz. Die Streuung (S) in Meter, von der Straßenmitte aus gerechnet (vgl. Abb. 3), ist der Entfernung und dem Winkel β direkt proportional, und die Abwärtsneigung (α) des in der bestimmten Entfernung die Straße treffenden Lichtstrahles ist ebenfalls aus dem Verhältnis der Entfernung und der Scheinwerferhöhe sofort zu ermitteln. Die für die einzelnen Entfernungen sich ergebenden Werte der Streuung, Neigung und Beleuchtungstärke sind auf Deckscheiben aus Zellon aufgetragen, die auf die Kurven der Vertikalbeleuchtung (Abb. 2) aufgelegt werden. Die Art der Anwendung dieser Scheiben wird in Abb. 5 an einem

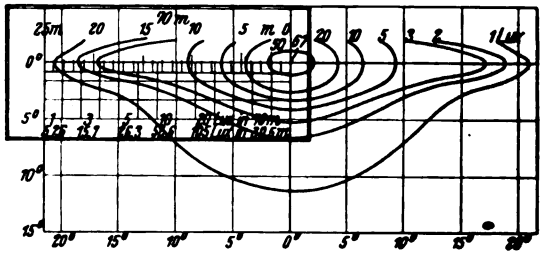


Abb. 5. Verteilung der Vertikalbeleuchtungstärken (wie in Abb. 2) mit dem Deckblatt für 70 m.

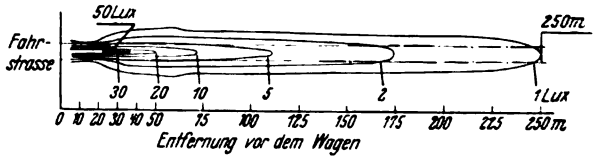


Abb. 6. Verteilung der Vertikalbeleuchtungstärken auf der Fahrstraße. Scheinwerfer und Lampen wie in Abb. 2.

[3] Über die photometr. Grenzentfernung vgl. G. Gehlhoff, Z. Beleuchtungsw. Bd. 25, S. 35 u. 83 (1919). — C. A. Sonnefeld gibt in seinem kleinen Werk „Die Hohlspiegel" als „Faustregel" für die Grenzentfernung 200 Brennweiten an. Da die Brennweite der Spiegel etwa 30 mm beträgt, würde sich für diese Scheinwerfer 6 m als Grenzentfernung ergeben, die wir allerdings als zu kurz betrachten.

[4] Ähnliche Anwendungen der Nomographie in der Beleuchtungstechnik finden sich bei H. Schwerdt, ETZ 1922, S. 777 und bei H. Bull, El. World Bd. 91, S. 807 (1928). Ref.: ETZ 1928, S. 1825.

Digitized by Google

Beispiel gezeigt. Aus den in 30,5 m Entfernung gemessenen Werten der Beleuchtungstärke ergibt sich hiernach: in 70 m Entfernung (entsprechend einer Neigung des Lichtstrahles $\alpha = 49'$) verläuft die 1-Lux-Linie (1 Lux in 70 m erfordert 5,26 Lux in 30,5 m) um 10 m seitlich der Straßenmitte, die 3-Lux-Linie (in 30,5 m 15,7 Lux) um 5,5 m seitlich und so fort. So erhält man, wenn man die für die verschiedenen Entfernungen gültigen Deckscheiben benutzt, die Kurve der Beleuchtungsverteilung auf der Fahrstraße, wie in Abb. 6 wiedergegeben.

c) Rechenschieber.

Zur schnellen Feststellung der Reichweiten für verschiedene Beleuchtungstärken bei orientierenden Messungen wurde außerdem ein Rechenschieber entwickelt (Abb. 7). Die in irgendeiner Entfernung (feste Skala) gemessene Beleuchtungstärke (Zungenskala), z. B. 20 Lux, wird mit der Meßentfernung, z. B. 40 m, durch entsprechende Bewegung der Zunge zur Deckung gebracht. Dann läßt sich ohne weiteres ablesen, in welcher Entfernung die übrigen Beleuchtungstärken auftreten, z. B. 1 Lux in 179 m. Auch hier sind über der Meterskala die Winkel angegeben, um die die Scheinwerferstrahlen geneigt sind, die in den betreffenden Entfernungen die Straße treffen. Der Schieber hat für den praktischen Gebrauch noch eine Tangenstafel erhalten, mit deren Hilfe sich die Größe der Streuung (z. B. seitliche Streuung bis zu $^1/_{10}$ der maximalen Beleuchtungstärke) unter Zuhilfenahme eines gewöhnlichen Rechenschiebers in Grade umrechnen läßt. Z. B. seien in 30 m Entfernung maximal 100 Lux gemessen, die 10-Lux-Linie verlaufe 1,20 m seitlich, so ergibt sich für den Tangens des halben Streuwinkels $\frac{1,2}{30} = 0,04$ und sogleich der halbe Streuwinkel aus der Skala auf dem Schieber zu 2,3 °.

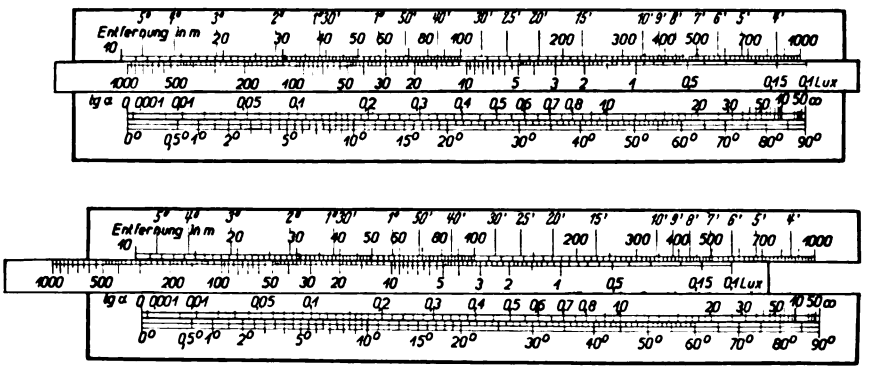


Abb. 7. Rechenschieber zur Ermittlung von Reichweiten für verschiedene Beleuchtungstärken.

Die beschriebenen graphischen Hilfsmittel ermöglichen es, die Messungen von Automobilscheinwerfern verschiedenster Typen und Eigenschaften trotz der für die Messung selbst etwas engen Raumverhältnisse gut und mit durchaus genügender Genauigkeit schnell auszuwerten und in eine für die Praxis leicht zu beurteilende Darstellungsform zu bringen. Daß die Ergebnisse der graphischen Umrechnung trotz der beschriebenen vereinfachenden Annahmen den tatsächlichen Verhältnissen wirklich entsprechen, ist durch Nachprüfung der Zahlen durch Messung in größeren Entfernungen auf der Landstraße bestätigt worden.

Die Messung von Durchhängen.

1. Messung mittels Theodolits.

In Ermangelung eines besonderen Meßgerätes wird heute noch vielfach der Durchhang von Freileitungen mit einem normalen Theodolit gemessen. Daß hierbei stets Fehlmessungen die Folge sind, soll näher erörtert werden. Die Beweglichkeit des Theodolits normaler Bauart wird durch ein orthogonales Achsensystem gegeben. Um eine vertikale Achse ist ein Querhaupt drehbar, in dem horizontal die Drehachse des Fernrohres ruht. Die optische Achse des Fernrohrs steht unter allen Umständen immer orthogonal zur horizontalen Drehachse. Die azimutale Drehung des Theodolits liefert nur horizontale Seitenwinkel, der Höhenkreis seinerseits gestattet nur die Ablesung von Ordinatenwerten. Mit einem Theodolit normaler Bauart kann daher nur eine Bestimmung der Abstände vorgenommen werden, die unmittelbar der Beobachtung durch das Fernrohr zugänglich sind. Bei der Aufgabe, den Durchhang einer Freileitung meßbar zu erfassen, müssen sich mit dem Theodolit unbedingt Schwierigkeiten ergeben. Es ist wohl angängig, die Bodenabstände der Leitung punktweise zu erfassen, aber eine unmittelbare Bestimmung des Durchhanges ist nicht angängig. Vollständig versagt das Verfahren der Bodenabstandsbestimmung, sobald die Spannweite sich über Täler, Schluchten usw. erstreckt.

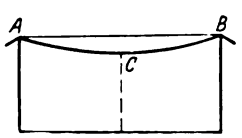


Abb. 1. Bestimmung der Bodenentfernung.

Es sei der einfachste Fall einer Spannleitung zuerst behandelt. Beide Aufhängepunkte liegen in gleicher Höhe über dem horizontalen Erdboden. Es ist ohne weiteres möglich, die Höhen der Aufhängepunkte A und B, die beide gleich sind, festzulegen (Abb. 1). Stellt man sich in der Mitte der Spannleitung auf, so ist auch die Bestimmung der Bodenentfernung des Punktes C möglich. Die Differenz der Bodenentfernungen gibt unmittelbar den Durchhang an. Vorbedingung ist in diesem Falle, daß die Mitte der Spannleitung vorerst genau bestimmt wird. Diese Bestimmung wird unmöglich, sobald Geländeunterbrechungen (Flüsse, Sümpfe, Täler) vorliegen. Diese Art der Durchhangsermittlung auf Grund der Bodenentfernungen versagt bereits bei Spannleitungen mit ungleich hohen Aufhängepunkten. Die mathematische Eigenschaft der Kettenlinie: $y = \frac{a}{2}\left(e^{\frac{x}{a}} + e^{-\frac{x}{a}}\right)$ — denn nach dieser wiegt sich die Freileitung ein — bedingt, daß der größte Durchhangswert nicht in der Mitte der Trasse liegt, sondern sich dem höherliegenden Aufhängepunkt genähert hat. Das Maß der Näherung entzieht sich der direkten Beobachtung, die Meßmöglichkeit bei Geländeunterbrechungen ist vollständig illusorisch. Um auch in diesen Fällen den Durchhang bestimmen zu können, ging man zu einem Verfahren über, das nicht von den Bodenentfernungen der Aufhängepunkte, sondern direkt von den Aufhängepunkten ausging. Bei dem einfachsten Fall gleicher Lage der Aufhängepunkte über der Horizontalen wurde so verfahren, daß man beide Aufhängepunkte in das Fadenkreuz einstellte, wobei man den Theodolit azimutal schwenkte. Durch weitere azimutale Schwenkung und Verringerung des Höhenwinkels erreichte man den tiefsten Punkt der Freileitung. Die Differenz der Höhenwinkel wurde nun irrtümlich gleich dem Durchhang gesetzt; denn bei der azimutalen Drehung des Theodolits wird bei dem der Lage der Aufhängepunkte entsprechenden Höhenwinkel von der optischen Achse des Fernrohres ein Kegelmantel bestrichen. Bei Verringerung des Höhenwinkels, entsprechend dem tiefsten Leitungspunkt, und azimutaler Drehung des Theodolits wird ebenfalls ein Kegelmantel von der optischen Achse des Fernrohres bestrichen. Legt man nun durch die Aufhängepunkte eine auf der Trasse senkrecht stehende Ebene, so sind die Verschneidungslinien zwischen der Ebene und den beiden Kegelmänteln Hyperbeln (Abb. 2). Am Höhenkreis tritt nur das Maß der senkrechten Entfernung der Schnitthyperbeln meßbar in Erscheinung. Das abgelesene Maß des Durchhangs ist also wesentlich von dem tatsächlichen Wert entfernt. Der Fehler wächst mit Verringerung der

Digitized by Google

Standortentfernung des Beobachters. Es kann durchaus der Fall eintreten, daß die beiden Schnitthyperbeln in sich zusammenfallen, also meßtechnisch überhaupt kein Durchhang ermittelt ist, im Gegensatz zur natürlichen Beobachtung. In diesem Falle deckt sich die Schnitthyperbel in dem Aufhängepunkt und im Scheitel mit der Kettenlinie des Leitungseiles. Daraus ersieht man eindeutig den völlig widersinnigen Meßvorgang bei der leider so schnell eingebürgerten direkten Messung vom Aufhängepunkt aus. Noch größer werden die Fehler, sobald die beiden Aufhängepunkte in verschiedener Höhenlage sich befinden. Zusammenfassend kann gesagt werden, daß mit einem normalen zweiachsigen Theodolit im Freileitungsbau bei verschiedener Höhenlage der Aufhängepunkte nur direkte Bodenentfernungen, aber niemals Durchhänge meßbar sind.

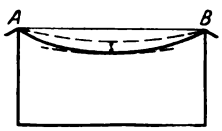


Abb. 2. Beobachtungshyperbeln bei Azimutaldrehung.

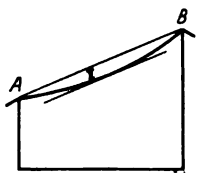


Abb. 3. Zielllinien bei drehbarem Fernrohr.

2. Messung mittels „Spezial-Theodolits".

Das Problem der Durchhangsmessung von den Aufhängepunkten aus ist sofort gelöst, sobald es gelingt, die Schnitthyperbeln durch gerade Linien zu ersetzen. Die geraden Schnittlinien weisen bei der Durchhangsbestimmung nur die Mantellinien des Zylinders auf. Um nun diesen

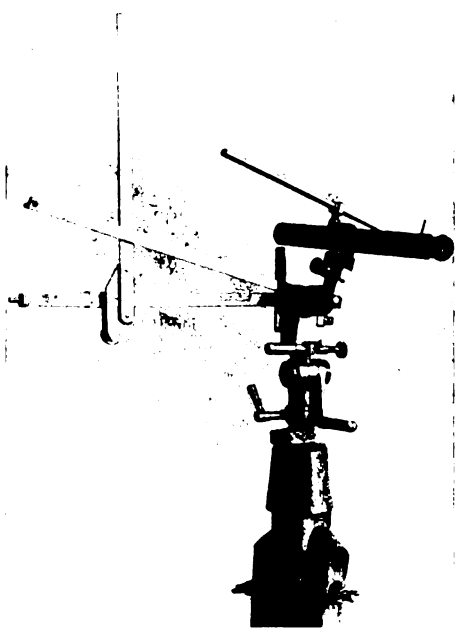


Abb. 4. Anzeiger des Durchhangbetrages.

Zweck zu erreichen, ist die Anbringung einer dritten orthogonalen Drehachse unbedingt nötig. Die azimutale Drehung wird benötigt zur Erreichung der Parallelität von Trasse und Höhenwinkelachse. Die starre Verbindung zwischen Höhenwinkelachse und Fernrohr muß aufgehoben und durch eine Drehbarkeit des Fernrohres senkrecht zur Höhenwinkelachse ersetzt werden. Durch die Drehbarkeit des Fernrohres um diese neue Orthogonalachse wird erreicht, daß Ebenen an Stelle der Kegelmäntel bestrichen werden; die Schnittlinien mit der durch die Aufhängepunkte gelegten senkrechten Spannebene sind daher gerade Linien. Es kann also direkt unter Verwendung dieses Spezial-Theodolits von den Aufhängepunkten aus gemessen werden. Da jetzt die Schnittlinien stets unter sich parallele Geraden sind, so ist die Wahl des Beobachtungsortes wesentlich erleichtert. Der Standort kann außerhalb des Spannfeldes gewählt werden, und die Unabhängigkeit vom Gelände ist somit in weitem Maße durchgeführt. Flußkreuzungen, Täler, Sümpfe usw. bilden kein Hindernis mehr für die exakte Bestimmung des Durchhanges. Bei verschiedener Höhenlage der Aufhängepunkte wird die Höhenwinkelachse parallel zur Verbindungsehne *AB* eingestellt (Abb. 3) und die neue Orthogonalachse zur Höhenwinkelachse gestattet das genau geradlinige Bestreichen der Verbindungsehne *AB* und der zu ihr parallelen Tangente. Der lotrechte Abstand beider Geraden, mit einer Korrektionszahl multipliziert, die der Neigung der Aufhängepunkte entspricht, ergibt direkt den tatsächlichen Durchhang. Da die Winkelwerte eines Theodolits stets erst einer etwas umständlichen Umrechnung bedürfen, so sind Meßinstrumente entstanden, die eine Umrechnung unnötig machen und direkt das orthogonale Maß des Durchhangsbetrages abzulesen gestatten. Von den Askaniawerken, Bambergwerk, Berlin-Friedenau, wird ein derartiges Meßgerät hergestellt (Abb. 4).

R. Heimberger.

Mitteilungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

Bekanntmachung über Prüfungen und Beglaubigungen durch die Elektrischen Prüfämter[1].

Nr. 284.

Auf Grund des § 10 des Gesetzes vom 1. VI. 1898 betreffend die elektrischen Maßeinheiten wird dem System 120 folgende Elektrizitätszählerform als Zusatz eingereiht:

Zusatz zu System 120, die Form W 8**, Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom,

hergestellt von den **Siemens-Schuckertwerken Aktiengesellschaft** in Nürnberg.

Berlin-Charlottenburg, den 28. V. 1930.

Der Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.
Paschen.

Beschreibung.

Zusatz zu System 120,

die Form W 8, Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom, hergestellt von den Siemens-Schuckertwerken Aktiengesellschaft in Nürnberg.**

Die durch die Bekanntmachung Nr. 216 vom 18. V. 1926 (ETZ 1926, Heft 29), Nr. 263 vom 29. VI. 1928 (ETZ 1928, Heft 40) und Nr. 278 vom 14. I. 1930 (ETZ 1930, Heft 13) zur Beglaubigung zugelassenen Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom der Form W 8* des Systems 120 werden auch in einer geänderten Ausführung unter der Formbezeichnung W 8** hergestellt. Diese Zähler können als Zwei- und Dreileiterzähler für Stromstärken von 5 bis 30 A, Spannungen bis 240 V und Frequenzen von 40 bis 60 Hz beglaubigt werden. Sie unterscheiden sich von den Zählern der Form W 8* nur darin, daß sie durch Verwendung stärkerer Bremsmagnete eine geringere Drehzahl aufweisen und daß dementsprechend die Zählwerksübersetzungen geändert sind.

Die untersuchten Zähler der Form W 8** hatten bei Nennlast eine Drehzahl von 44 bis 45 U/min. Im übrigen zeigten die Zähler etwa die gleichen Eigenschaften, wie sie die Zähler der Form W 8* besitzen.

[1] Reichsministerialblatt 1930, S. 393.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Apparate.

Durch Membran gesteuertes Relais. — Das in Abb. 1 dargestellte Relais der Firma Buttermann & Schmidt, Berlin, hat eine Druckmembran, die mit einer Kontakteinrichtung verbunden ist. Wird die Membran durch Druck erregt, so schließt sich der Kontakt und steuert die Schaltwalze des Fortschaltrelais; hierdurch werden ein oder mehrere Nutzstromkreise geschlossen. Eine weitere Druckgabe kann nun je nach dem Schaltprogramm der Walze ein oder mehrere Nutzstromschalter öffnen oder einen Teil geschlossen lassen, bis der nächste Druckimpuls eintritt und alle Nutzstromschalter öffnet. Dieses Relais findet Anwendung bei öffentlichen Straßenbeleuchtungen, die teils mit Gas teils mit Elektrizität arbeiten. Ferner bildet dieses Relais einen brauchbaren Apparat für selbsttätige Überwachung von elektrischen Straßen- und Hausnummerschildern. In diesem Fall wird der Apparat mit der Gasleitung in Verbindung gebracht. Bei erhöhtem Gasdruck, der von den Gaswerken mit Einbruch der Dunkelheit gegeben wird, wird der Kontakt vorübergehend geschlossen, wodurch der Nutzstrom einschaltet. Ein Wiedereintreffen der Gasdruckwelle kann den Nutzstrom öffnen oder aber ohne Einfluß bleiben, bis die dritte Gasdruckwelle bei Tagesanbruch den Nutzstrom öffnet. Eine solche Nutzstromsteuerung erfordert keinerlei gesonderte Bedienung, ist unbeeinflußbar von außen und durch ihre zentral angeordnete Steuerung eine zuverlässige und billige Betätigung. Die Membran dieses Relais läßt sich auch mit Luft- und Wasserdruck betätigen, so daß Kompressoren- oder Wasserpumpmotoren damit selbsttätig überwacht und geschaltet werden können. *fi*

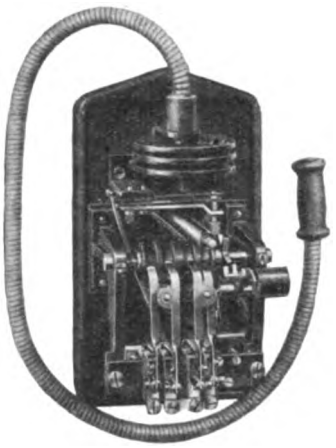


Abb. 1. Relais mit Membransteuerung.

Meßgeräte und Meßverfahren.

Eisengeschlossenes Zeiger-Dynamometer. — Für alle Stellen, welche mit Wechselstrommessungen im Laboratorium oder im Betriebe zu tun haben, wird es von Interesse sein, zu erfahren, daß die Firma Nadir, Abt. der Deuta-Werke G. m. b. H., Berlin, in enger Zusammenarbeit mit Prof. M. Dieckmann von der T. H. München als neue Instrumententype ein hochempfindliches Zeiger-Dynamometer entwickelt hat und auf den Markt bringt. Das Instrument ist ähnlich gebaut wie ein Deprez-D'Arsonval-Galvanometer, enthält jedoch anstatt des Permanentmagneten zur Erzeugung des Feldes für die Drehspule einen mit unterteiltem Eisenkern versehenen Elektromagneten. Das Gehäuse trägt also 4 Anschlußklemmen: 2 für die Feldwicklung und 2 für die Rahmenspule des beweglichen Systemes.

Erregt man den Feldmagneten mit Gleichstrom, so hat man ein außerordentlich hochempfindliches Gleichstrom-Galvanometer mit Nullpunkt in der Mitte, das wegen seiner hervorragenden Dämpfung und bequemen Empfindlichkeitsregelung auch für Gleichstrommessungen, Nullmethoden usw. außerordentlich verwendungsfähig ist.

Speist man den Feldmagneten mit Wechselstrom i_1 und das bewegliche System mit Wechselstrom der gleichen Frequenz i_2, so ist der Ausschlag proportional $i_1 i_2 \cos \varphi$, d. h. der Ausschlag verschwindet, wenn die Ströme eine Phasenverschiebung von 90° haben, und der Zeiger steht rechts oder links, wenn der Phasenwinkel kleiner oder größer als 90° ist. Für viele Fälle, bei denen Phasenuntersuchungen meßtechnisch wichtig sind, leistet dann das Instrument besondere Dienste. Ebenso kann man das Instrument benutzen zur Frequenzbestimmung. Wenn man durch das eine System einen Wechselstrom bekannter Frequenz, durch das andere den einer anderen Frequenz schickt, so führt der Zeiger Schwebungen aus, die sich leicht auszählen und zur Frequenzbestimmung benutzen lassen.

Prof. Dieckmann, der das Instrument u. a. für ein Luftfahrzeug-Peilgerät für Flüge bei unsichtigem Wetter benötigt und damit neuerdings die besten praktischen Erfahrungen gemacht hat, legte besonderen Wert darauf, daß im Spulenaufbau alle Gesichtspunkte für den Wechselstrombetrieb berücksichtigt werden und das Instrument eine ausgezeichnete Dämpfung besitzt. *fi*

Beleuchtung.

Die Sprache der Lichttechnik. — Der Versuch, die Sprache der Lichttechnik einheitlich und wissenschaftlich präzise zu gestalten, muß deswegen auf besondere Schwierigkeiten stoßen, weil es sich bei der Lichttechnik um ein Fach handelt, das mitten in das tägliche Leben hineingreift. Die hierher gehörigen Begriffe und Größen haben daher in der Umgangsprache oft eine Bedeutung erlangt, welche sich mit einem wissenschaftlichen System schlechterdings nicht verträgt. Erwähnt sei hier nur das Wort „Leuchter", das im täglichen Leben einen Halter für eine Kerze bedeutet, während es seinem Namen nach — entsprechend dem „Strahler" — einen lichtaussendenden Körper, also eine Lichtquelle, bedeuten müßte. Um so mehr ist es zu begrüßen, daß sich der Verfasser nicht durch die bestehenden Schwierigkeiten hat abschrecken lassen, sondern in der vorliegenden Abhandlung sehr beachtenswerte Vorschläge bringt. Ausgehend von den Stämmen (Grundworten) „Licht", „Leucht", „Beleucht" und „Strahl" werden die zugehörigen Verben und Substantive abgeleitet. Mit einer Reihe von den so abgeleiteten Worten kann man sich ohne weiteres einverstanden erklären, z. B. mit „Leuchtung" entsprechend „Beleuchtung" und „Strahlung", oder mit Leuchtstärke im Sinne der spezifischen Lichtausstrahlung. Ebenso läßt sich erwägen, das Wort „Lichtstrom" durch den „Lichtfluß" zu ersetzen (vgl. magnetischer Fluß, Induktionsfluß usw.), dagegen sträubt man sich unwillkürlich gegen andere Ableitungen, wie z. B. den „Schatter" für einen schattenwerfenden Gegenstand, obwohl dieses Wort „Schatter" den Begriff zweifellos richtiger wiedergibt als das ganz unpassend gewählte, aber eingebürgerte Wort „Blende". Auch „Lichtigkeit" für „allgemeine Lichtverhältnisse" ist uns mindestens ungewohnt, wenn auch der entsprechende Ausdruck „Schattigkeit" bereits von Norden eingeführt wurde und etwas weniger ungewöhnlich und abstoßend klingt. — Sehr beachtenswert erscheint endlich der Vorschlag, an Stelle von Reflexionsvermögen, Absorptions- und Transmissionsvermögen „Reflexionsgrad", „Absorptions- und Transmissionsgrad" zu sagen, und für „Isoluxkurven" das Wort „Beleuchtungsgleichen" zu wählen u. a. m.

Ob es gelingt, die „Leuchte", die sich bereits gut eingeführt hat, durch das „Geleucht" zu ersetzen, erscheint fraglich. Die „Leuchte" hat die unschöne „Armatur" siegreich verdrängt und wird sich ihren Platz sobald nicht wieder nehmen lassen. — Wenn der Verfasser zum Schluß fragt: „Will man eine Sprache der Lichttechnik nach wissenschaftlichen Grundsätzen und Überlegungen aufbauen?", so wird die Antwort zweifellos „ja" lauten. Die zweite Frage: „Hält man dazu ein System für möglich und nötig, das geeignet ist, auch bei späterem Bedürfnis vorhandene, aber noch nicht fachmännisch benutzte Wörter einzureihen und die Neubildung von Wörtern zu erleichtern und in das System aufzunehmen?", wird als wünschenswert zu beantworten sein, die dritte endlich: „Hält man das oben aufgestellte System für geeignet?", bedarf eingehender Erwägung in den maßgebenden Körperschaften, vor allem in der D. B. G. (Teichmüller, Licht u. Lampe 1929, S. 23.) *Vge.*

Heizung. Öfen.

Elektrischer Durchziehofen für Metallbänder. — Einfacher Aufbau und handliche Form kennzeichnen einen elektrischen Durchziehofen für kleinere Leistungen, welcher von H. O. Swoboda, Pittsburgh, gebaut wird. Für Stahlbänder bis zu 25 mm Breite oder für Draht ähnlicher Stärke verwendbar, scheint er vor allem für die Be-

Digitized by Google

dürfnisse der Kleinindustrie entwickelt zu sein. Der 1½ m lange Ofenkörper trägt auch die Rollenvorrichtung für den Ablauf bzw. den Durchzug der Bänder, ferner Kühlplatten an der Austrittsöffnung. Auch die Schalt- und Regeleinrichtung ist an den Ofenkörper angebaut (Abb. 2). Der Heizraum wird durch ein flaches Rohr

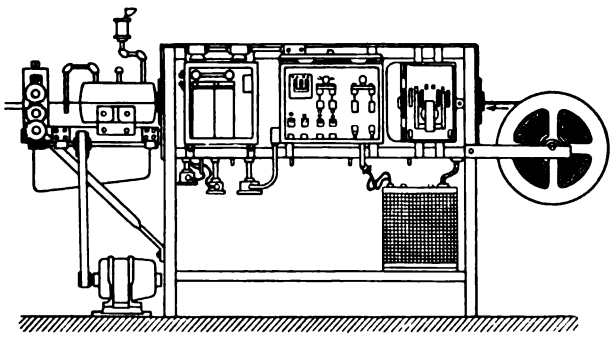


Abb. 2. Allgemeine Anordnung des Ofens nebst Zubehör.

aus wärmebeständiger Legierung gebildet, welches in der feuerfesten Auskleidung ruht. In Längsnuten dieser Auskleidung sind vier Heizkörper der „Haarnadel"-Bauart von der Seite eingeschoben (Abb. 3). Sie sind in Reihe geschaltet und an einen Einphasen-Spartransformator angeschlossen, der unter dem Ofenkörper untergebracht ist. Sowohl Heizrohr als auch Heizwiderstände und Ausmauerung sind leicht auswechselbar. Die Temperatur der Heizwiderstände wird auf konstante Höhe eingeregelt, die Temperatur im Heizrohr ändert sich dabei etwas je nach dem Materialdurchgang. Im Heizraum entsteht eine Schutzatmosphäre dadurch, daß an den Kühlplatten Öl

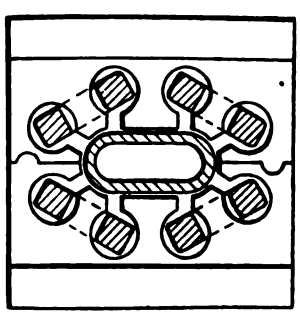


Abb. 3. Schnitt durch die Heizkammer mit Widerstand.

verdampft, die Bänder behalten also ein blankes Aussehen. Über den Anschlußwert des Ofens sind keine Angaben gemacht, es wird nur angegeben, daß bei Bändern bis zu 0,15 mm Stärke die Durchziehgeschwindigkeit 450 m/h betragen kann. Der Energieverbrauch soll hierbei annähernd 0,22 kWh/kg sein, was für einen Ofen so geringer Leistung als günstig anzusehen ist. Allerdings sind keine Angaben über die angewandte Temperatur gemacht. (Swoboda-Bull. Nr. 140.) *Ta.*

Bahnen und Fahrzeuge.

Beseitigung von Rundfunkstörungen in Wiesbaden. — Die Süddeutsche Eisenbahngesellschaft in Darmstadt hat ihre in Wiesbaden und Umgebung verkehrenden Straßenbahnwagen mit Scheren-Stromabnehmern und Kohlenschleifstücken ausgestattet; außerdem sind die Fahrdrähte ausgeregelt worden. Die durch die Straßenbahn verursachten Rundfunkstörungen können dadurch als beseitigt angesehen werden. Klagen der Rundfunkteilnehmer über Störungen durch die Straßenbahn sind nicht mehr laut geworden. *MRG.*

Schnellzuglokomotive der Vesuv-Kreisbahn. — Für die von Neapel ausgehende rund um den Vesuv führende Bahn sollen zur Bewältigung des beträchtlichen Güter- und Personenverkehrs größere Schnell- und Personenzüge beschafft werden. Es wurde daher Anfang dieses Jahres dem Tecnomasio Italiano Brown Boveri, Mailand, eine Schnellzuglokomotive $1\,D_0\,1$ mit Einzelachsantrieb in Auftrag gegeben. Später sollen vier weitere Lokomotiven bestellt werden.

Hauptangaben über Bahnanlage und Lokomotive:

Spur 950 mm	
Kleinster Krümmungshalbmesser auf offener Strecke	120 m
Kleinster Krümmungshalbmesser in den Weichen	70 m
Größte Steigung	30‰
Größter zulässiger Achsdruck	11 t
Stundenleistung der Lokomotive an der Motorwelle	
1000 PS bei	42 km/h
Höchste Fahrgeschwindigkeit	70 km/h
Anfahrzugkraft	9500 kg
Gewicht des mechanischen Teiles	41 t
„ „ elektrischen Teiles	16,3 t
Gesamtgewicht	57,3 t
Reibungsgewicht	41 t
Gesamtes Zuggewicht	200 t

Gegenwärtig beträgt die Fahrdrahtspannung 850 V Gleichstrom, die jedoch zunächst auf 1200 V, später auf die in Italien sehr gebräuchliche Spannung von 2400 V erhöht werden soll. Dem muß die elektrische Ausrüstung der Lokomotive Rechnung tragen. Die vorteilhafteste Lösung war die Verwendung von 4 Doppelmotorgruppen, wobei die beiden Motoren einer Gruppe dauernd in Reihe bleiben. Bei 1200 V im Netz sind alle 4 Gruppen parallel, bei 2400 V 2 Gruppen parallel und 2 in Serie. Die Motoren sind selbstventiliert. 2 Feldschwächungstellungen sind vorhanden. Ein mechanisch betätigter Nockenschalter dient zum Schalten der Anfahrwiderstände. Die für die pneumatische Steuerung der Apparate und die Westinghouse-Bremse nötige Druckluft wird von einem Kol-

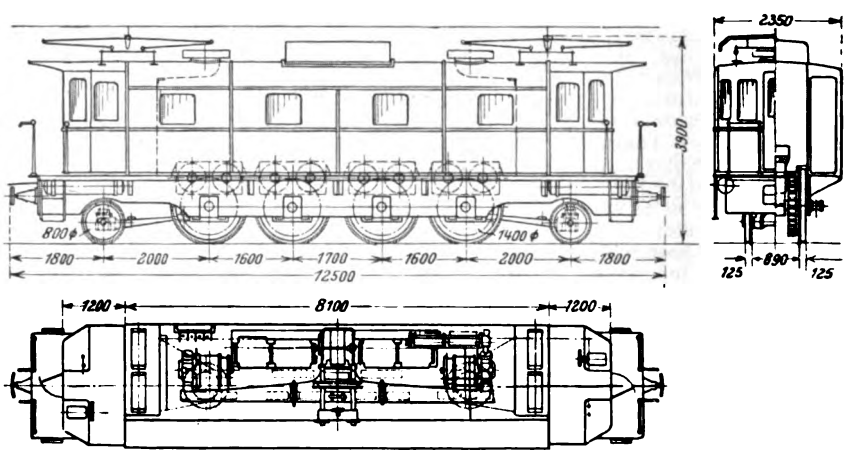


Abb. 4. Schnellzuglokomotive der Vesuv-Kreisbahn.

benkompressor geliefert. Der allgemeine Aufbau der Lokomotiven ist aus Abb. 4 ersichtlich. Infolge der kleinen Spurweite und insbesondere der Forderung, die scharfen Krümmungen auf offener Strecke mit normaler Geschwindigkeit zu durchfahren, sind die beiden außenliegenden Triebradsätze mit den benachbarten Laufachsen durch eine Lenkvorrichtung verbunden, wodurch sie in den Krümmungen annähernd radial eingestellt werden. Die mittleren Triebachsen haben eine Seitenverschiebung von 2×15 mm. Die Lokomotive hat Außenrahmen. Treibraddurchmesser 1400 mm. Übersetzung 1 : 7,43. Zwei Ritzel arbeiten auf ein großes gefedertes Zahnrad, dessen Radkörper mit einer Hohlwelle ein Stück bildet. Die Hohlwelle ist durch eine allseitig bewegliche Kupplung mit der Triebachse verbunden. (BBC Mitt. Baden Bd. 16, S. 289.) *Tbr.*

Fernmeldetechnik.

Optisch-elektrische Zugbeeinflussung. — Die Entwicklungsarbeit auf diesem Gebiet[1] zielt z. Z., wie Bäseler berichtet, auf weitere Vervollkommnung, Vereinfachung und Verbilligung der optisch-elektrischen Einrichtungen, wofür die Versuche — seit Herbst 1927 auf den Strecken München—Dachau und München—Holzkirchen, seit 1929 auf den Strecken München—Landshut und Zossen—Elsterwerda — mancherlei Fingerzeige gegeben haben. Weiter werden die äußeren Teile entwickelt, nämlich die Masten, mechanischen Signalantriebe und ihre

[1] Vgl. ETZ 1927, S. 1268; 1928, S. 1790.

Digitized by Google

Verbindung mit dem Signal oder dem Signaldrahtzug, sowie auch elektrische Antriebe. Die wichtigste und schwierigste Arbeit der nächsten Zeit ist die Festlegung des Betriebsprogrammes, um nachträgliche Änderungen zu vermeiden. Hierfür bietet die Erfahrung in Amerika mancherlei Anhaltspunkte, wenn auch dort andere Betriebsverhältnisse vorliegen und vielfach die Linienbeeinflussung[1] verwendet wird. Zweifellos müssen auch wir danach streben, aus der Zugbeeinflussung möglichst viel herauszuholen, u. zw. zunächst für die Sicherheit, das bedeutet außer dem Überfahrungschutz an Haltsignalen auch die Sicherung von Langsamfahrstrecken, zweifügeligen Einfahrten, Einfahrten in Kopfgleise, dann aber auch für die Flüssigkeit des Betriebes. Die hohen Kosten der Zugbeeinflussung—die Ausrüstung auch nur der wichtigsten Strecken (6000 km) erfordert einen Aufwand von nahezu 100 Mill RM — und die Beschränkung der finanziellen Mittel zwingen dazu, die Zugbeeinflussung allmählich zu entwickeln, anderseits aber auch zu versuchen, den Rahmen festzulegen, in den allmählich Stück für Stück widerspruchslos eingefügt werden kann.

Bei der engeren Aufgabe, dem Überfahrungschutz an Haltsignalen, ist allen Systemen die „unbedingte Fahrsperre" am Haltsignal gemeinsam, wobei jedoch für die zahlreich notwendigen Betriebsfahrten am Haltsignal vorbei Vorkehrung zur Unwirksammachung der Zugbeeinflussung zu treffen ist. Für die Einwirkung auf den Zug zwischen Vor- und Hauptsignal bestehen 2 Grundlösungen: die Wachsamkeitsprobe und die Geschwindigkeitsprobe. Erstere allein ist nicht ganz sicher, da sie nichts Gewisses über die der Beeinflussung und dem Bedienen des Wachsamkeitshebels folgenden Handlungen des Führers ausmachen kann. Bei der Geschwindigkeitsprobe, d. h. Geschwindigkeitsbegrenzungen, muß man unterscheiden zwischen den „unabhängigen", bei denen ein Streckenpunkt die Lokomotive auf eine bestimmte Geschwindigkeit prüft, bei deren Überschreiten eine Zwangsbremsung ausgelöst wird, und den „angehängten", bei denen der erste Beeinflussungspunkt eine Einrichtung auf der Lokomotive in Gang setzt, die als Weg- oder Zeitschalter die nötigen Proben stichweise oder dauernd vornimmt. Wichtig ist hierbei, daß unnötige Zeitverluste unbedingt vermieden werden, daß also in dem Augenblick, wo das Signal auf Fahrt geht, der Führer sofort wieder mit aller Kraft losfahren kann. Für diesen Zweck hat sich die Tachometerblende[2] gut bewährt. Unter Umständen wird es jedoch erforderlich sein, für den Gleichgang der Tachometer Sicherheit zu schaffen, z. B. durch stichweise Überprüfung oder durch Verwendung einer „Tachometerdynamo", die eine Spannung proportional der Geschwindigkeit erzeugt und diese auf beliebig weit entfernte Meßinstrumente (Spannungsmesser) überträgt.

Bei den bisherigen Versuchen mit der optisch-elektrischen Zugbeeinflussung ist die unabhängige Geschwindigkeitsbegrenzung mit Tachometerblende als genügend betriebsicher erprobt worden. Auch die Selenzelle und die Verstärkereinrichtung sind soweit entwickelt worden, daß sie den an Eisenbahn-Sicherungseinrichtungen zu stellenden Anforderungen genügen. Es kann also nunmehr auch die „angehängte" Geschwindigkeitsbegrenzung in Betracht gezogen werden, zu der z. Z. auch die magnetischen Zugbeeinflussungs-Systeme übergehen, jedoch muß man, da niemand die Entwicklung übersehen kann, bei der optischen Zugbeeinflussung beide Systeme im Auge behalten. Die heute eingebauten Geräte müssen also nach Möglichkeit den Übergang auf beide Systeme ermöglichen. Daraus ergibt sich als schwerste im Augenblick zu treffende Entscheidung die Festlegung der Bedeutung der Punkte, die bei der optischen Übertragung auf dem Scheinwerferdeckel der Lokomotive angezielt werden. Bäseler schlägt vor, zu diesem Zweck die Empfangstellen als Fenster (Linsen) auf 2 Kreisen von 110 und 55 mm Dmr. auf dem Scheinwerferdeckel anzuordnen, in dessen Mitte sich die Lichtaustrittsöffnung von 20 mm Dmr. befindet. Demgemäß gibt es 2 Sorten Tripelspiegel, einen mit kleinem und einen mit großem Ablenkungswinkel. Bei der stetigen Geschwindigkeitsbegrenzung von der Strecke aus dient der große Kreis zum Zusammenwirken mit der Tachometerblende; er weist für jede Fahrtrichtung 3 Empfangstellen auf (Abb 5): *H* für die unbedingte Fahrsperre am Haltsignal, *R* für die Ruhestellung der Spiegel (bayerisches Ausfahrsignal), *F* für Probe in Fahrstellung. Mit dieser Anordnung von *H* und *F* stimmt die Lage von *H* und *F* bei der angehängten Geschwindigkeitsbegrenzung überein (Abb. 6); den übrigen Sektorausschnitt des großen Kreises hält man für die Geschwindigkeitsbegrenzung von der Strecke aus frei, weitere Wirkungen, z. B. am Vorsignal, verlegt man auf den inneren Kreis. Eine Lokomotive mit angehängter Geschwindigkeitsbegrenzung kann also ohne weiteres auf eine Strecke mit unabhängiger Geschwindigkeitsbegrenzung übergehen und umgekehrt. Sollte man sich jedoch schon in näherer Zeit entscheiden, das System mit angehängter Geschwindigkeitsbegrenzung einzuführen, so kann für alle beabsichtigten Wirkungen zunächst nur der große Kreis benutzt werden.

Während bei den magnetischen Systemen der erste Einwirkungspunkt 285 m hinter dem Vorsignal liegt, hat man bei der optischen Zugbeeinflussung den ersten Punkt stets an das Vorsignal gelegt. Da die Einwirkung *W* am Vorsignal den Zug mit einer angehängten Geschwindigkeitsbegrenzung bis auf 60 km/h herunterzwingt, ist, um bei Signalen mit geringem Überfahrweg ausreichenden Schutz zu bieten, eine weitere Einwirkung *L* vorgesehen, die in solchen Fällen etwa 200 m vor dem Hauptsignal in Wirkung tritt und einen weiteren Wegregler einschaltet, der den Zug bis auf etwa 10 ... 20 km/h herunterdrückt. Bei beiden Wirkungen *W* und *L* besteht die Möglichkeit, den Wegregler nach Ablauf der Bremskurven so weiterlaufen zu lassen, daß die erreichte Endgeschwindigkeit (60 bzw. 20/10 km/h) weiterhin vorgeschrieben bleibt. Diese Auflösung erfolgt dann durch die Wirkung *F* (Fahrt) oder auch, wenn Zeitverlust vermieden werden soll, durch weitere Spiegel („Auflöser"). Solche finden auch an Langsamfahrstrecken Verwendung.

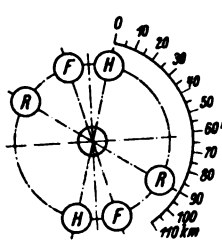
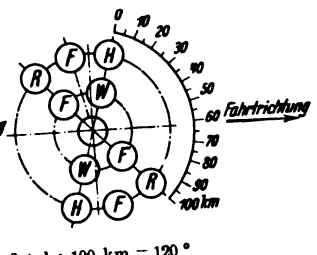


Abb. 5. Anordnung der Empfangspunkte auf dem großen Kreis bei Geschwindigkeitsbegrenzung mit der Tachometerblende.



Geschwindigkeitsmaßstab: 100 km = 120 °

H Halt *F* Fahrt *R* Ruhe *W* Warnung

Abb. 6. Äußerer Kreis für Hauptsignal, innerer Kreis für Vorsignal.

Wenn man sich zur Anwendung von Geschwindigkeitsbegrenzungen für den Betrieb entschließen sollte, wird man zwischen abhängigen und unabhängigen Geschwindigkeitsbegrenzungen zu entscheiden haben. Bäseler stellt die Gründe zusammen, die für die eine oder andere sprechen, und kommt zu dem Schluß, daß ein endgültiges Urteil über die betrieblichen Vor- und Nachteile beider Anordnungen erst abgegeben werden kann, wenn beide längere Zeit im praktischen Betrieb gewesen sind. Erst dann wird es möglich sein, die betrieblichen Vorteile, die die Zugbeeinflussung bringen kann, voll auszuschöpfen. Die Frage „optisches oder magnetisches System?" wird durch die Ausführungen nicht getroffen. Wenn sich außer der Frage der nur mit der Sperre am Haltsignal zusammenhängenden Beeinflussungen die Notwendigkeit der Übertragung weiterer Signale und Zeichen anderer Art und Bedeutung ergeben sollte, dürfte sich das optische System voraussichtlich besser eignen, wenn man nicht große Verwicklungen in Kauf nehmen will. Selbstverständliche Voraussetzung dafür ist natürlich, daß sich beide Systeme in der praktischen Brauchbarkeit und in Bau- und Unterhaltungskosten mindestens nicht wesentlich unterscheiden. (Bäseler, Zg. V. Dt. Eisenb.-Verw. Bd. 69, S. 1125.) *Sp.*

Allgemeiner Maschinenbau.

Neuere Rechentafeln für Zahnräder. — Zahnräder werden ebenso im Bau elektrischer wie allgemeiner Maschinen sehr häufig verwendet und weisen in Form und Werkstoff eine Mannigfaltigkeit auf, wie sie bei anderen Maschinenelementen bis heute nicht anzutreffen ist. Man erkennt dies schon aus der bekannten Formel:

$$t = \sqrt{\frac{2\pi M_d}{c\varphi z}}$$

wobei φ das Breitenverhältnis b/t bedeutet. Abgesehen von den verschiedenen zu übertragenden Drehmomenten M_d ändern sich in der Formel die Beanspruchungsziffer c,

[1] ETZ 1928, S. 1005.
[2] ETZ 1927, S. 1269.

Digitized by Google

welche wiederum von Werkstoff und Umfangsgeschwindigkeit abhängt, das Breitenverhältnis φ und die Zähnezahl z. Beschränkt man sich anderseits auf die Modulreihe nach DIN 780, so würde man doch durch die Veränderung der anderen Größen φ, z und des Werkstoffs eine fünfstellige Zahl verschiedener Ausführungen erhalten. Dies ist der Grund, warum es heute noch keine Zahnräderfabrik gibt, welche allgemein in jedem Fachgebiet verwendbare Zahnräder auf Lager hält und katalogmäßig verkauft.

Anders verhält es sich mit der Berechnung der Zahnräder. Diese kann durch graphische Verfahren erheblich vereinfacht und abgekürzt werden. Der Verfasser hat hierzu eine Kombination von Kurventafel, logarithmischer Netztafel und Fluchtlinientafel zur Gewinnung einer möglichst übersichtlichen Form gewählt. Abb. 7 zeigt die Ermittelung der Größe $c \cdot \varphi$ aus dem Werkstoff und der Umfangsgeschwindigkeit, welche für das Beispiel: Stahlgußrad mit $v = 4$ m/s und $b = 10 \times$ Modul durch Pfeile gekennzeichnet ist. Die gefundene Zahl 130 wird in Abb. 8 (S. 1447) rechts an der Leiter $c \cdot \varphi$ eingesetzt und durch die Ablesegerade mit dem vorher ermittelten Wert M_d (hier 18 mkg) verbunden. Das Drehmoment kann aus der Leistung N in PS und der Drehzahl n im eingezeichneten Sinne nach bekannter Methode sofort abgelesen werden. Die Ableseschiene wird nun um den gefundenen Schwenkpunkt auf der leeren Zapfenlinie gedreht und zeigt nach Einstellung auf die Zähnezahl z am Schnittpunkt mit der Modulleiter das gesuchte $m = 5 \ldots 5{,}5$ an. Ebenso kann die Nachprüfung eines schon vorhandenen Zahnrades rückwärts ausgeführt werden. Bei der Aufstellung der c-Kurven der Abb. 7 wurden die Erfahrungen der Zahnräderfabrik Rhenania in Köln-Ehrenfeld zugrunde gelegt. Die besprochene Rechentafel ist einer Sammlung für den Triebwerksbau[1] entnommen, die u. a. das bekannte Riemennomogramm AWF 150 von Schwerdt enthält. Es sei noch darauf hingewiesen, daß alle Nomogramme der genannten Sammlung durch die Anwendung von Farben im Gebrauch sehr übersichtlich sind.

Paul Leybold.

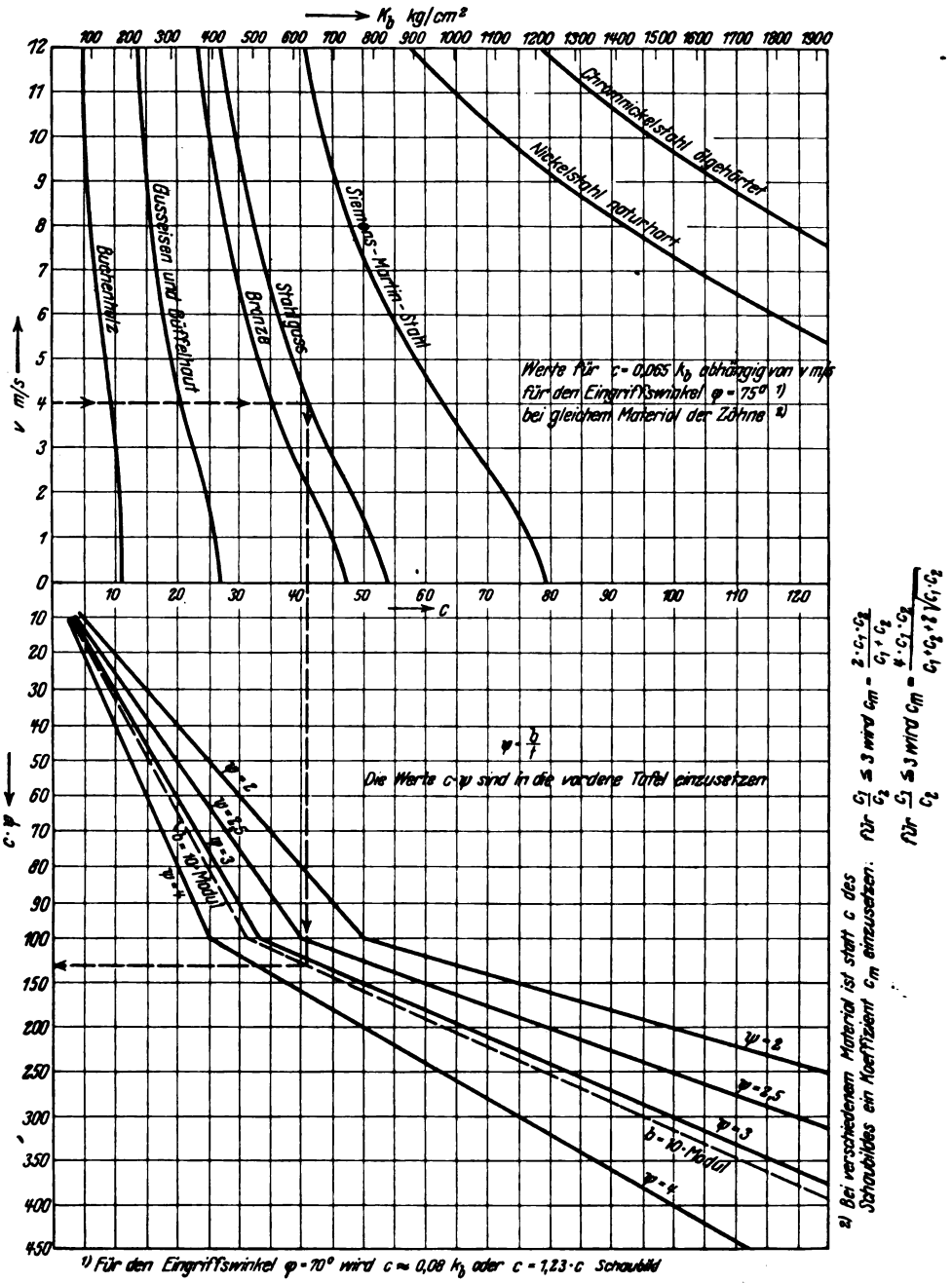


Abb. 7.

Energiewirtschaft.

Der zweite Jahresbericht des englischen Zentralamtes[2]. — Dieser Bericht umfaßt das Jahr 1929. Sechs Projekte waren bereits in Angriff genommen worden. Seitdem ist auch mit dem Projekt für Südwestengland und Südwales begonnen worden, und das für Ostengland ist veröffentlicht. Es bleiben nur noch Süd- und Nordschottland. Letzteres ist so dünn bevölkert, daß ein Projekt wohl kaum zu erwarten ist. Es umfaßt 23,2 % der Bodenfläche Großbritanniens und hat nur 0,5 % des Stromabsatzes. Die sieben Hauptprojekte umfassen 116 bestehende Blockstationen zur Erzeugung elektrischer Arbeit und enthalten noch 11 neue Kraftwerke, deren Bau aber zumeist erst nach etlichen Jahren erfolgen dürfte. Zudem soll noch eine Anzahl kleinerer Werke während der Übergangszeit vom Zentralamt betrieben werden. Die Anzahl konzessionierter Kraftwerke in diesen Gebieten ist 456, so daß ungefähr drei Viertel innerhalb der nächsten Jahre geschlossen werden. Bis zum Jahresschluß hatte das Zentralamt Aufträge im Wert von fast 11 Mill £ vergeben. Von diesen entfielen ungefähr 3,5 Mill £ auf die 132 kV-Oberleitungen und Kabel und 4,5 Mill £ auf die 132 kV-Umwandlerstellen. Das Amt hat bereits zwei Anleihen aufgenommen, u. zw. im Mai 1929 eine von 3 Mill £ und eine im Januar 1930 von 7 Mill £. Erstere trägt 4 % und war zum Preis von 83 % erhältlich. Die zweite Anleihe wird mit 5 % verzinst und kostete 97,5 %. Rückzahlung hat bis 1989 zu erfolgen. Bis zum Jahresschluß waren 170 km Leitung in Betrieb, und die Frequenznormung hatte bereits begonnen. 50 000 kW waren ausgewechselt, die Maste für 430 km Oberleitung gestellt worden. Der Bericht bringt neben technischen Einzelheiten auch eine Anzahl Photographien der verschiedenen Konstruktionen. Bemerkenswert ist, daß neben den Namen der wichtigsten Beamten und Berater auch der Künstler erwähnt ist, der das Amt in der Konstruktion der Masten und in der Leitungsführung berät. R. O. Kapp.

[1] Leybold-Everling-Schwerdt-Grün, „8 Rechentafeln für den Triebwerksbau" 1929. NBW-Verlag Geislingen-Steige (Württb.).
[2] Vgl. ETZ 1929, S. 1380.

Digitized by Google

Aus der deutschen Elektrizitätswirtschaft[1]. — Die Anschlußwerte der Berliner Städtischen Elektrizitätswerke AG. (Bewag) sind 1929 im Zählermeßbereich der Niederspannungsabnehmer um 4,77 % auf 586 317 kW (599 603 i. V.), bei der Vertragsleistung der Hochspannungsabnehmer um 15,71 % auf 395 896 kVA (342 143 i. V.) und bei der öffentlichen Beleuchtung um 8,77 % auf 2529 kW (2325 i. V.) gestiegen. Die gesamte verfügbare Primärleistung betrug 764 550 kW (666 750 i. V.), ihre Benutzungsdauer nahezu 1990 h (1929 i. V.), der Ausnutzungsfaktor 22,71 % (21,96 i. V.) und die Jahreshöchstbelastung 477 700 kW, d. s. fast 9 % mehr als im Vorjahr (438 300 kW) bei einer Absatzzunahme um rd. 20,6 %. Die Zahl der eingebauten Zähler hat sich um rd. 18 % auf 819 044 (719 783 i. V.) und die der Hausanschlüsse und Hochspannungs-Übergabestationen um 3,26 % auf 88 368 (85 577 i. V.) erhöht. Erzeugt wurden in den eigenen Kraftwerken, deren ausnutzbare Turbogeneratorenleistung am Ende der Berichtszeit maximal 643 550 kW ausmachte (521 950 i. V.), nach reinen Bruttoziffern 1118,167 Mill kWh (904,962 i. V.), von den Elektrowerken AG. bezogen 399,109 Mill kWh (363,208 i. V.) und aus anderen Quellen 30,225 Mill kWh (48,306 i. V.), so daß sich insgesamt 1547,501 Mill kWh ergeben (1316,476 i. V.). Hieran war Klingenberg mit 51,67 % beteiligt. Nach Abzug des Eigenverbrauchs, der Verluste beim Strombezug usw. gingen in das Leitungsnetz 1451,968 Mill kWh (1233,238 i. V.) und zum Verkauf 1324,006 Mill kWh (1098,030 i. V.), so daß sich die Verluste also auf 8,81 % (10,96 i. V.) stellten. Der Anteil des Fremdstroms an der Gesamtabgabe ist von 31,66 auf 27,74 % gefallen. Die Hochspannungslieferung an die Industrie ist gegen das Vorjahr um 12,7 % gestiegen und die Abgabe an die versorgten Verkehrsunternehmungen insgesamt um rd. 43 %. Beim Niederspannungsverbrauch betrug die Zunahme rd. 13,5 %. Auf eine nach dem Normaltarif verkaufte Kilowattstunde wurden 5083 kWh Speichernachtstrom abgesetzt (4571 i. V.). Durch den Gebietsaustausch mit dem MEW übernahm die Berichterstatterin die Versorgung von Friedenau, Lichterfelde, Kladow, Gatow, Pichelsdorf, Staaken, Tiefwerder und der Hochspannungsabnehmer in Weißensee, während die von ihr bisher belieferten Gebiete der Kreise Ober- und Niederbarnim, Teltow und Beeskow dem MEW überlassen wurden. Das Städtische Kraftwerk Buch hat Anschluß an die Bewag erhalten. Um die Verwendung von Nachtstrom für die Beheizung von Heißwasserspeichern zu fördern, wurde ein Mietgeschäft für letztere neu aufgenommen, nachdem vorher eine weitgehende Normung der Speicher und eine Vereinfachung der bezüglichen Montagearbeiten erreicht worden war. Innerhalb des Elektrissima-Teilzahlungssystems hat die Gesellschaft rd. 172 000 Kreditgesuche erhalten (170 000 i. V.). Zur Übernahme der erhöhten Fernstromleistung wurde im Kraftwerk Moabit eine Freiluftschaltanlage von 2 · 20 000 kVA in Betrieb genommen. Das Großkraftwerk West dürfte voraussichtlich in diesem Herbst den Probebetrieb mit den ersten Maschinen beginnen. Die Ruthsspeicheranlage im Kraftwerk Charlottenburg konnte vom November 1929 an zur Deckung der Morgen- und Abendspitze dienen. Die in dieser Zentrale wie auch im Kraftwerk Klingenberg zur Flugaschenbekämpfung getroffenen Maßnahmen haben den Aschenauswurf wesentlich vermindert. Zwecks technisch und wirtschaftlich richtiger Verteilung der Wirk- und Blindleistung auf die einzelnen eigenen Kraftwerke und den Fernstrom usw. ist Klingenberg mit einer Lastverteilungsstelle versehen worden. Mitte November übernahm die Bewag die Betriebsführung der Zentrale des Städtischen und Kreis-Kraftwerks Spandau G. m. b. H. Die Städteheizanlagen in Charlottenburg und Steglitz haben sich weiter gut entwickelt. Bei 26,2 Mill kcal/h Anschlußwert beträgt die jährliche Dampfabgabe ersterer je nach Witterung etwa 70 000 ... 90 000 t. Der Anschlußwert der Anlage Steglitz stellt sich für Heizung auf 15,1 und für Warmwasserbereitung auf 5,6 Mill kcal/h. Vom Großkraftwerk Klingenberg aus wurde die Belieferung einer vom Bezirksamt Lichtenberg erstellten Fernheizanlage mit Frischdampf (16 atü, 380 °) aufgenommen, deren jährliche Dampfabgabe etwa 10 000 ... 12 000 t ausmacht. Einnahmen aus Stromlieferung 144 076 544 RM (129 171 738 i. V.), aus Wärme- und Eislieferung, Vermietungen, Wohngebäuden und Nebenbetrieben 1 948 571 RM (1 568 628 i. V.), Reingewinn: 1 962 659 RM (1 959 408 i. V.), Dividende: wieder 10 % auf 15 Mill RM Aktienkapital.

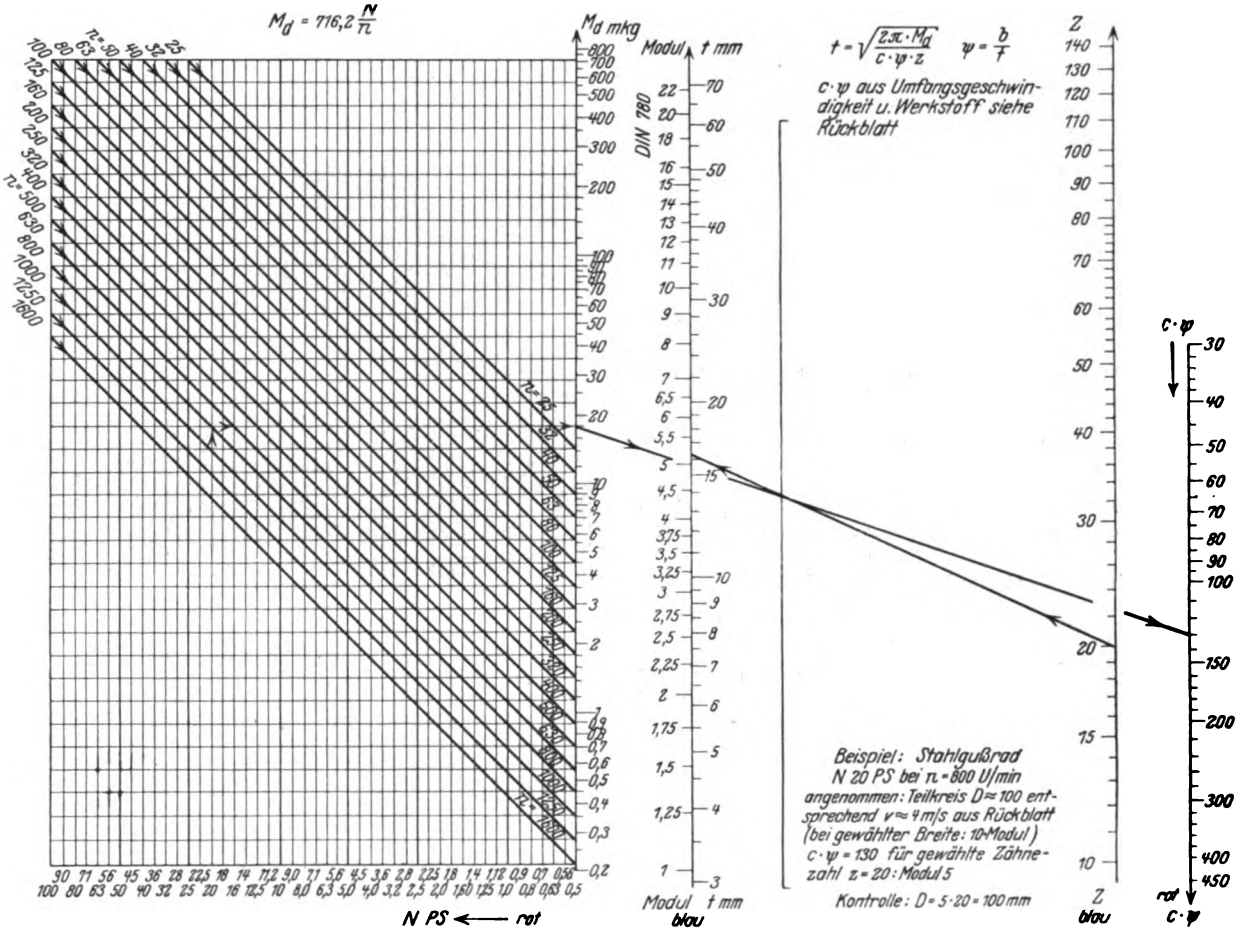


Abb. 8.

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 1179.

Digitized by Google

VEREINSNACHRICHTEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 1 Kurfürst Nr. 5862—64.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 218 12.

Preisaufgabe

Kennzahl der Verzerrung.

Zu der in der ETZ 1929, S. 1599 gestellten Preisaufgabe ist fristgerecht eine Bearbeitung eingegangen. Das Preisgericht, bestehend aus den Herren Ministerialrat Prof. Dr. Breisig, Prof. Küpfmüller und Prof. Dr. Salinger, hat ihr den Preis zuerkannt. Der Verfasser der preisgekrönten Lösung ist Herr Dr. Walter Deutschmann, Siemensstadt. Die Abhandlung wird demnächst in der ETZ veröffentlicht werden.

August 1930. K. Strecker.

EV

Elektrotechnischer Verein.

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Bericht über die

Fachsitzung

für den Bau und Betrieb von Elektrizitätswerken (EVE) am 29. Oktober 1929 in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg.

Vorsitz: Herr Oberingenieur Wronkow.

Nach Eröffnung der Sitzung hält Direktor Dipl.-Ing. Tama einen Vortrag[1] über das Thema:

„Die Verwendung von Kondensatoren zur Verbesserung des Leistungsfaktors unter besonderer Berücksichtigung praktischer Erfahrungen".

Hieran schließt sich folgende Besprechung:

Herr **Strauß**: Die Frage der Verbesserung des Leistungsfaktors hat für die Konsumenten eigentlich erst nach der Inflation praktische Bedeutung gewonnen, als die Elektrizitätswerke ihre Stromerzeugungsanlagen auf einen wirtschaftlichen Stand bringen mußten. Erst in dieser Zeit sind ja die Blindstromtarife entstanden. Ungefähr ebensolange beschäftige ich mich mit der Phasenverbesserung. Ich bin dabei ziemlich genau den gleichen Weg gegangen wie Herr Dir. Tama. Zuerst habe ich ebenfalls mit rotierenden Phasenschiebern gearbeitet. Die Erfolge waren zum Teil gut. Ich war, glaube ich, in Berlin der erste, der gemeinsam mit Herrn Dr. Nissel damals einen Phasenkompensator im Anschluß an einen Drehstrommotor ausführte. Elektrisch waren die Ergebnisse durchaus gut; mechanisch aber waren sie wenig befriedigend. Das mag daran gelegen haben, daß das Versuchsobjekt nicht günstig gewählt war. Es wurde nämlich ein Drehstrommotor mit einer verhältnismäßig niedrigen Rotorspannung, also einem verhältnismäßig hohen Rotorstrom genommen; die Maschine hatte vorher mit Bürstenabhebevorrichtung gearbeitet. Die Bürsten lagen dann dauernd auf, es entstand Funkenbildung und der Bürstenverschleiß war ziemlich groß. Zu allem Unglück war der Betrieb recht staubig. Hinzu kam die Schwierigkeit, die Drehzahl genau konstant zu halten. Unbefriedigend waren letzten Endes i. a. auch die Versuche mit reinen Blindleistungsmaschinen, rotierenden Synchronmaschinen. Sie scheiterten für kleinere Leistungen in der Praxis im allgemeinen an der Wirtschaftlichkeitsfrage. Ein mir befreundetes industrielles Werk benutzte beispielsweise einen vorhandenen Drehstromgenerator aus der Zentrale, die während des Krieges und während der Inflation gearbeitet hatte, als Phasenschieber. Das ging natürlich, aber nach dem Einbau eines Zählers ergab sich, daß die Ersparnisse, die man an Blindstrom erzielte, durch den zusätzlichen Wirkverbrauch größtenteils aufgehoben wurden. Bei den speziell als Phasenschieber gebauten Maschinen ist dies natürlich günstiger, aber der Verlust ist doch immer noch recht erheblich.

Das Nächste war die Aufstellung von Kondensatoren. Abb. 1 zeigt eine der ersten Anlagen in Berlin mit Kondensatoren von Meirowsky & Co., AG., Porz, u. zw. eine Anlage für 6000 V[2]. Die Ergebnisse waren hier vom ersten Tage an absolut günstig und sind es bis heute ohne Einschränkung geblieben. Ich habe mich in der Zwischenzeit auf Grund der guten Erfahrungen eigentlich nur der Kondensatoren bedient und habe jetzt in Berlin etwa 50 Anlagen laufen, trotz des für die Wirtschaftlichkeit an sich nicht so günstigen Blindverbrauchtarifs. Die Erfolge waren gleichmäßig gut.

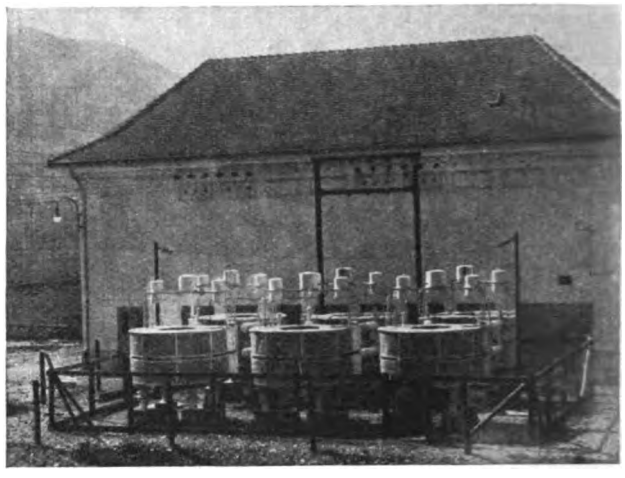


Abb. 1.

Die Frage der Wirtschaftlichkeit, die ja besonders interessiert, ist tatsächlich nichts weiter als eine Tariffrage. Wenn man für Anlagen aus ganz Deutschland geeignete Kompensationseinrichtungen zu projektieren hat, so kennt man allmählich die Tarife; dabei fallen einem unter Umständen Tarife in die Finger, die einfach unverständlich sind von dem Gesichtspunkt aus, daß der Tarif ja eigentlich dem Abnehmer einen Anreiz bieten soll, eine Kompensationseinrichtung zu schaffen. Diesen Anreiz bietet am besten der Scheinleistungstarif, und ich glaube auch, Herrn Dr. Nissel und die uns vorhin gezeigten Kurven so verstehen zu sollen, daß zum mindesten bei nicht sehr langer Benutzungsdauer der Scheinleistungstarif sich noch mehr dem theoretischen Tarif nähert als der gemischte Tarif. Bei sehr langer Benutzungsdauer ist es verhältnismäßig gleichgültig, um welchen Tarif es sich handelt. Für einen durchgehenden Betrieb, der über 8760 h im Jahr arbeitet, also auch an Sonntagen, kommt man praktisch beim Scheinleistungstarif, beim gemischten Tarif und beim Blindverbrauchtarif fast genau auf die gleiche Wirtschaftlichkeit. Der Berliner Tarif, der hier besonders interessiert, ist an sich, wenn man sich immer genau und im Sinne des Elektrizitätswerks anpassen will, das Ungünstigste, was man sich vorstellen kann für den Fall, daß es sich um einen einschichtigen Betrieb handelt. Er wird sofort günstig, sobald man zu einem dreischichtigen Betrieb übergeht.

Welchen Tarif hat nun die BEWAG? Die BEWAG baut einen Blindverbrauchzähler mit zwei Zählwerken ein. Das eine Zählwerk zählt die Blindkilowattstunden unter 0,8 und das andere die Blindkilowattstunden über 0,8. Die Differenz wird berechnet bzw. vergütet. Nun ist aber die Vergütung so minimal, daß kein Konsument ein Interesse daran hat, auch nur einen Pfennig hierfür auszugeben; darüber muß man sich vollständig klar sein. Die Strafe für Unterschreitung von 0,8 kann anderseits einen Anreiz bieten. Der Zähler hat, wie ich bereits erwähnte, einen Wendepunkt bei dem Leistungsfaktor von 0,8. Schalte ich eine Kondensatorenanlage dauernd ein, so entsteht während der Betriebszeit ein Leistungsfaktor von vielleicht 0,7. Wird nun der Betrieb stillgesetzt und die Kondensatoren bleiben eingeschaltet, so springt der Leistungs-

[1] S. 1227 dieses Heftes.

[2] Siehe auch ETZ 1928, S. 392.

Digitized by Google

faktor über 1 hinaus ins voreilende Gebiet. Der Zähler verzeichnet die Blindkilowattstunden über 0,8, und diese kommen nun dem Konsumenten voll zugute. Das ist aber nicht der Zweck des Blindstromtarifs. Die Blindverbrauchberechnung soll vielmehr dem Elektrizitätswerk während der Spitzenzeit Blindleistung abnehmen, nicht aber während der Nacht, wo die Arbeit praktisch nichts kostet. Der Anreiz in Berlin ist zum mindesten sehr groß, durch diese Tariflücke hindurchzuschlüpfen. Um sie zu schließen, brauchte die BEWAG nur den Zähler bei $\cos\varphi = 1$ abzubremsen. Andere Elektrizitätswerke benutzen einen Zähler, der den gesamten Blindverbrauch zählt. Man läßt dann von dem entnommenen Blindverbrauch einen bestimmten Satz, bei $\cos\varphi = 0{,}8$ 75 %, des entnommenen Wirkungsverbrauchs frei und berechnet den überschießenden Betrag. Das tut z. B. das RWE. Wesentlich günstiger für die Anlage von Kompensationseinrichtungen ist beispielsweise der Tarif des Märkischen Elektrizitätswerks, ein gemischter Tarif, und ebenso derjenige der Sächsischen Werke, ein Scheinleistungstarif. Hier kommen Zuschläge von 50 und 60 % auf den Strompreis vor, und dann ist die Anlage einer Phasenkompensation mit Kondensatoren unbedingt wirtschaftlich.

Die Frage, ob man die Kondensatoren in großen Einheiten oder in kleinen Einheiten zusammenstellen soll, möchte ich zugunsten der letzteren Ausführung beantworten, da ziemlich viel für eine weitgehende Unterteilung der Anlagen spricht. Man kann besser schalten und sichern als bei Anlagen, bei denen man eine einzige große Leistung hat. Man darf nicht vergessen, daß beispielsweise das Einschalten einer Kondensatorenanlage ja eigentlich ohne Anlasser geschieht, daß der Strom genau genommen mit einem Schlage auf das Netz kommt. Dabei entsteht ein ziemlich hoher Stromstoß; diesen vermeide ich, wenn ich die Anlage unterteile, also wenn ich beispielsweise eine Anlage von 200 BkW in Gruppen von je 10 oder 20 BkW unterteile und einzeln ans Netz lege. Das ist betrieblich zweifellos ein Vorteil. Man hat den weiteren Vorteil, daß bei der Zerstörung eines Elements nur der betreffende Kasten ausfällt und nicht gleich die ganze Anlage, was beim Scheinleistungstarif unter Umständen sehr wesentlich ist.

Eine andere Frage ist die Frage der Spannung. Ich habe bei Meirowsky & Co. darin keine Schwierigkeiten gehabt, da ich dort die Kondensatoren bereits von Anfang an für 220 V bekommen habe. Aber andere Firmen haben, lange Zeit wenigstens, keine Kondensatoren für 220 V gebaut; auch Hirsch-Kupfer scheint es nicht zu tun. 220 V ist aber in Berlin und auch in der Provinz vielfach üblich. Man hat sich da oft so geholfen, daß man die Spannung von 220 V durch einen sog. Spartransformator auf 380 V herauftransformiert und die Kondensatoren an diese Spannung legt. Diese Anordnung ist aber nicht schön, denn man vergrößert die geringen Verluste der Kondensatoren. Schließlich stellt auch ein Transformator eine Selbstinduktion dar; ein Kondensator ist eine Kapazität; das Zusammenschalten von Kapazität und Selbstinduktion begünstigt das Entstehen von höheren Harmonischen.

Die Frage, ob man die Kondensatoren hochspannungs- oder niederspannungseitig anschließen soll, muß von Fall zu Fall entschieden werden. Beim Anschluß an die Niederspannung entlastet man gleichzeitig die Transformatoren, man kommt unter Umständen mit einem kleineren Transformator aus. Das bedeutet beim BEWAG-Anschluß eine Verringerung der garantierten Leistungsgebühr, was für den Konsumenten unter Umständen außerordentlich wichtig ist. Man kann den Kondensator niederspannungsseitig in jeden Betriebsraum hineinstellen. Bei Hochspannung dagegen müssen besondere Räume vorhanden sein und unter Umständen besondere Bauten aufgeführt werden. Abb. 3 zeigt eine Hochspannungsanlage, die Meirowsky & Co. für 200 BkW bei 10 000 V ausgeführt hat. Es sind einphasige Kondensatoreneinheiten, u. zw. in Stern verkettet. Die Apparate stehen deshalb auf Isolatoren.

Herr Dir. TAMA erwähnte die Kabelkondensatoren. Diese Kondensatoren sind in der Tat ein Schmerzenskind gewesen. Inzwischen sind die Kinderkrankheiten aber überstanden, einen neuzeitlichen Kabelkondensator zeigt Abb. 1. Er leistet 1200 BkW bei 15 000 V. Man sieht die 12 Haspeln, die zu je zwei übereinander angeordnet sind. Die Anordnung ist die der Freiluftausführung. Über den Kabelkondensatoren befinden sich kleine Töpfe: Ausdehnungsgefäße der Endverschlüsse. Die Anlage arbeitet in Biberach seit längerer Zeit und hat sich dort gut bewährt.

Herr Schüler: Der heutige Vortrag war zweifellos sehr interessant, da man bisher noch wenig über Betriebserfahrungen mit Kondensatoren gehört hat, wenigstens nicht in Europa. In Amerika werden Kondensatoren wohl schon in ziemlich großem Umfang zur Phasenverbesserung verwendet[3]. In der ersten Zeit hatte man Befürchtungen wegen der Oberschwingungen, die dadurch eintreten können, daß der Kondensator das Bestreben hat, die Oberwellen des Netzes in erster Linie in sich aufzunehmen. Die Amerikaner schalten deshalb, soviel ich weiß, Drosselspulen vor die Kondensatoren, um das Eindringen der höheren Harmonischen zu verhindern.

Ich möchte nun ein Wort sagen zu dem Vergleich der Kosten des Kondensators und des rotierenden Phasenschiebers. Ich glaube, daß dieser Vergleich etwas sehr zugunsten des Kondensators ausgefallen ist.

(Zustimmung.)

Ich möchte hierbei besonders auf die Kurven hinweisen, die die Abhängigkeit der Kosten einerseits und der Verluste anderseits beim Kondensator und bei der Blindstrommaschine zeigten. Der Preis des Kondensators mit etwa 50 RM/kVA bei Niederspannung dürfte richtig sein. Ich möchte auf einen Aufsatz[4] von mir hinweisen, in dem ich den Preisvergleich noch ausführlicher durchgeführt und für den Kondensator ebenfalls den Preis von 50 RM/BkW eingesetzt habe. Der Preis der Blindstrommaschine aber ist bei großen Leistungen bedeutend niedriger, als der Herr Vortragende angab. Die Kurve, die er uns zeigte, verlief von 200 kW ab horizontal. Für größere Leistungen als 200 kW würde demnach der Preis einer Blindstrommaschine je kW konstant bleiben. Das ist aber sicher nicht richtig, denn der Preis solcher Maschinen steigt ungefähr mit der Wurzel aus der Leistung, so daß er bei großen Maschinen von mehreren 1000 kW wesentlich niedriger sein muß. Ähnlich ist es bei den Kurven, die die Verluste darstellen. Bei der 100 kW-Maschine hatte der Herr Vortragende beispielsweise 9 % Verlust eingesetzt, was für einen normalen Drehstromgenerator etwa zutrifft. Man pflegt aber zur Phasenkompensierung keine gewöhnlichen Drehstromgeneratoren zu benutzen, sondern man baut für diesen Zweck besondere Blindstrommaschinen mit ganz anderen Eigenschaften. So ist mir z. B. die Beschreibung einer 1000 BkW-Maschine in Erinnerung, die nur 4 % Verluste hat.

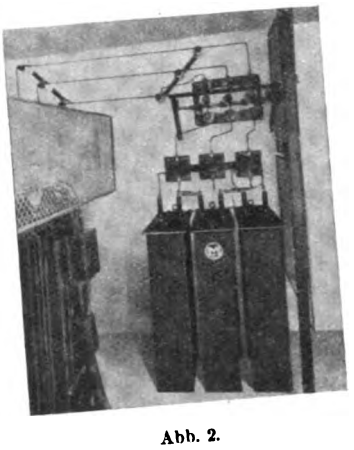


Abb. 2.

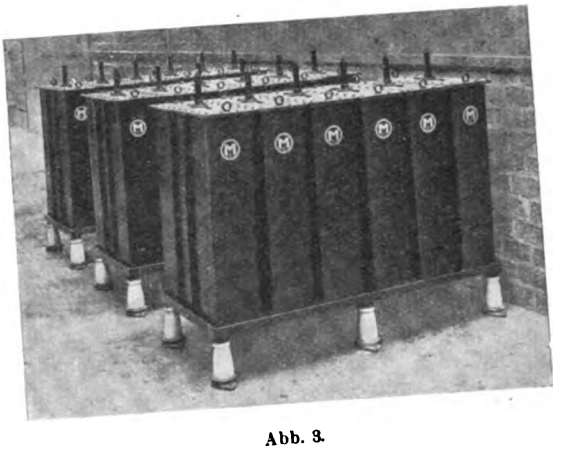


Abb. 3.

In meinem oben erwähnten Aufsatz habe ich genau ausgerechnet, in welcher Zeit sich die Verbesserung des Leistungsfaktors einer Anlage bezahlt macht, und gefunden, daß bei Anlagen von mehreren 1000 kW die Blindstrommaschine dem Kondensator überlegen ist. Das ist, glaube ich, auch heute noch der Fall. Wenn die Hirsch-Kupferwerke nicht Blindstrommaschinen, sondern Kondensatoren aufgestellt haben, dann mag das an besonderen

[3] Zusatz bei der Korrektur: Diese Angabe wird bestätigt durch einen inzwischen erschienenen Aufsatz in der El. World Bd. 94, S. 942 (1929), in dem über eine Anlage mit 1860 BkW Kondensatorenleistung berichtet wird.

[4] Schüler, ETZ 1927, S. 865.

Digitized by Google

Verhältnissen liegen. Insbesondere bei den Hochfrequenzöfen dürfte der Kondensator unbedingt am Platze sein.

Zum Schluß noch eine Frage: Der Herr Vortragende hat bei den Kondensatoren mit nur 0,2 % Verlust gerechnet. Ich selbst habe in meinem Aufsatz auf Grund der mir s. Z. gemachten Angaben 1 % Verlust angenommen. Ich möchte also fragen, ob die Kondensatorenfabriken inzwischen so wesentliche Fortschritte gemacht haben.

(Beifall.)

Vortragender: Ich möchte nur kurz zu den verschiedenen Fragen Stellung nehmen. Zunächst wurde vom Unterschied zwischen den großen und kleinen Kondensatoreneinheiten gesprochen. Ich glaube, man kann diese Frage nicht nach einem Schema abtun, sondern man sollte die Dinge von Fall zu Fall untersuchen. Wir haben gefunden, daß für die Leistungen, die wir in unserem Werk zu beseitigen hatten, die großen Kondensatoren günstiger waren. Wie ich erwähnte, haben wir aber auch kleine Kondensatoren eingebaut, weil wir alle möglichen Sorten probieren wollten. Jedenfalls aber ist bei der Beseitigung großer Leistungen der große Kondensator empfehlenswert. Im übrigen ist es gut, wenn man zwei Möglichkeiten hat, die großen und die kleinen Kondensatoren; beide sind durchaus betriebsicher. Hinsichtlich der Stromstöße beim Schalten der großen Kondensatoren haben wir keine Schwierigkeiten gehabt. Wir versehen unsere Schalter mit Vorschaltwiderständen, so daß der Stromstoß stark gedämpft wird.

Die Ausführungen des Herrn STRAUSS über die Vorschaltung von Spartransformatoren und die dadurch hervorgerufene Begünstigung der Resonanz unterstreiche ich. Sie ergeben tatsächlich einen vergrößerten Verbrauch, wodurch die Wirtschaftlichkeit ungünstig beeinträchtigt wird. Die Resonanzerscheinungen haben wir ebenfalls festgestellt.

Bezüglich der Entwicklung der Kondensatoren in Amerika möchte ich sagen, daß mir, als wir anfingen uns mit Kondensatoren zu beschäftigen, dasselbe gesagt wurde. Auch ich habe in Zeitschriften und Büchern gelesen, daß in Amerika die Kondensatoren schon sehr weit entwickelt sein sollten. In Wirklichkeit aber habe ich das nicht gefunden. Bei meinen amerikanischen Reisen habe ich nicht festgestellt, daß die Amerikaner in der Entwicklung der Kondensatoren weiter sind als wir.

(Zuruf: Man sieht sie aber vielfach inseriert!)

Im Betrieb habe ich sie aber nur sehr wenig gesehen. Auch in einer Veröffentlichung der General Electric Co. vom letzten Jahre sind keine großen Kondensatorenanlagen erwähnt; es handelt sich immer nur um Kondensatoren in der Größenordnung von 300 ... 400 kW. Ich glaube, man hat etwas übertrieben.

Was die von mir gezeigten Kurven anbetrifft, so habe ich schon in meinem Vortrag gesagt, daß sie nur die Tendenz zeigen sollten. Ich habe die eingesetzten Werte von einer großen Elektrizitätsfirma erhalten. Ich weiß, daß die rotierenden Maschinen, mit denen meistens Phase geschoben wird, einen Eigenverbrauch von 8 ... 10 % haben. Es ist natürlich richtig, daß mit Spezialmaschinen bedeutend bessere Wirkungsgrade zu erzielen sind.

Bezüglich der Verluste der Kondensatoren möchte ich unterstreichen, daß die Verbrauchszahl bei den besten Fabrikaten unter 0,5 % liegt. Die Zahl von 0,2 % bezog sich auf die nackten Kondensatorelemente, während in 0,5 % alle die Zuleitungsverluste einbegriffen sind.

(Beifall.)

Elektrotechnischer Verein.
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

SITZUNGSKALENDER.

Ostdeutscher Elektrotechn. Verein Königsberg. 1. IX. 1930, abds. 8 h, Hörsaal des I. Physikal. Instituts, Steindamm 6: Vortrag Königswerther, „Tarifzähler und Zählerbau".

Verein deutscher Ingenieure, Berlin. 19. ... 22. IX. 1930, 69. Hauptversammlung in Wien. — Aus dem Programm sei folgendes hervorgehoben: 19. IX. 1930, a) vorm. 9 h, Hotel Imperial: Sitzung des Vorstandes; b) vorm. 10 h, gr. Physikal. Hörsaal der T. H.: Verbrennungsmotoren. Obering. H. Lang, „Das Anlassen von Verbrennungsmotoren"; c) vorm. 10 h, Hörsaal XXV der T. H. Holztechnik. Hofrat Prof. Ing. J. Marchet, „Rationalisierungsbestrebungen in Forstwirtschaft und Sägeindustrie" (m. Lichtb.); d) nachm. 3½ h, Albertina. Geschichte der Technik. Präsident Dr. W. Exner, „Über das österr. Institut für Geschichte der Technik". Hofrat Prof. Ing. E. Holey, „Über den Schutz techn. Kulturdenkmale in Österreich"; e) nachm. 4 h, Hochschule für Bodenkultur. Holztechnik. Dr.-Ing. L. Hauska, „Forstliches Transportwesen im Hochgebirge (m. Steh- u. Laufbildern)". — 20. IX. 1930: a) vorm. 10 h, gr. physikal. Hörsaal der T. H. Schweißtechnik. Dir. Dr. E. Rosenberg, „El. geschweißte Krane u. deren behördl. Genehmigung". Marineoberbaurat H. Lottmann, „Über Schrumpfspannungen und deren Beachtung beim Schweißen". Dir. Ing. E. Schwarz, „Die Bedeutung der Einbrandtiefe beim el. Lichtbogenschweißen u. die Mittel zu ihrer Verbesserung". Dipl.-Ing. R. Fuchs, „Neueste Untersuchungen über den Einfluß des Stickstoffes bei der el. Lichtbogenschweißung". Dir. Ing. C. E. Wasshuber, „Prüfung von Schweißnähten ohne Zerstörung"; b) 2 h, Industriehaus, Gr. Festsaal. Betriebstechnik. Dr.-Ing. O. Kienzle, „Über die internationale Normung der Passungen und ihre Möglichkeiten für die Feinstbearbeitung". Dr.-Ing. O. Schlippe, „Überblick über die neuesten Methoden der Feinstbearbeitung". Obering. Holm von Metzsch, „Anwendung des Diamanten für die Feinstbearbeitung". Prof. Dr.-Ing. A. Kraft, „Zusammenarbeit zwischen Betrieb und Gestaltung"; c) nachm. 4 h, Hörsaal XXV der T. H. Ausbildungswesen. Prof. Dr. J. Urbanek, „Prakt. Ausbildung der Hörer der Fakultät für Maschinenwesen an den österr. T. H.". Prof. J. Hanner, „Der heutige Stand des Hochschulpraktikantenwesens im Deutschen Reiche". Dir. Dipl.-Ing. C. Volk, „Die prakt. Ausbildung der Besucher der reichsdeutschen Techn. Fachschulen". — 21. IX. 1930, vorm. 10 h, Musikvereins-Gebäude: Hauptversammlung. Vortrag Unterstaatssekretär a. D. Sektions-Chef Ing. Dr. B. Enderes, „Die Straße". — 22. IX. 1930: Besichtigungen.

Fédération Internationale des Ingénieurs-Conseils (F. I. D. I. C.). 4. ... 7. IX.: 5. internationaler Kongreß Beratender Ingenieure in den Räumen des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereins, Wien I, Eschenbachgasse 9; Geschäftstelle ebendort.

LITERATUR.

Besprechungen.

Der Bau von Anoden- und Heizstrom-Netzanschlußgeräten. Von M. v. Ardenne. 4. umgearb. u. erw. Aufl. Mit 78 Fig. u. 72 S. in 8°. Verlag Rothgießer & Diesing AG., Berlin 1929. Preis kart. 1,70 RM.

Mehrfachröhren-Empfänger. Ausführl. Anweis. z. Selbstbau m. zahlr. Schalt., Photogr. u. Konstruktionszeichn. Von M. v. Ardenne. 1. Aufl. (5. neuverf. Aufl. v. „Selbstbau von Empfängern mit Mehrfachröhren"). Mit 67 Fig. u. 71 S. in 8°. Verlag Rothgießer & Diesing AG., Berlin 1929. Preis kart. 1,70 RM.

Beide Büchlein sind für den fortgeschrittenen Funkbastler geschrieben. Sie setzen nicht die geringsten mathematischen Kenntnisse voraus, sie beschränken sich daher ganz auf die Beschreibung der Wirkungsweise und des Aufbaues. Man kann den Verfasser wohl als einen der besten wissenschaftlichen Amateure Deutschlands bezeichnen. Das drückt sich in seinen Schriften aus: stets klar und einwandfrei, ohne unnützes Beiwerk.

Das Netzanschlußbüchlein bringt zunächst eine Besprechung der Einzelteile und danach eine große Anzahl von Schaltungen und Bauanweisungen für den Anschluß an Gleich- und Wechselstromnetze sowohl für die Gewinnung von Anoden- als auch von Heizstrom.

Aus dem Mehrröhrenempfänger hat sich der Mehrfachröhren-Empfänger entwickelt. Der Verfasser, der hieran lebhaft mitgearbeitet hat, gibt aus seiner reichen Erfahrung eingehende grundsätzliche Erörterungen und wohldurchdachte Bauanweisungen. Mühlbrett.

Die Instandsetzung an elektrischen Maschinen und Transformatoren, insbesondere die Herstellung von Ankerwicklungen und Transformatorenwicklungen. Kollektorbau, Fehlerbestimmung u. Prüf. el. Masch., Überwach. el. Kraftanl. Von Ing. F. Raskop. 4. Aufl. Mit 165 Abb., VIII u. 342 S. in 8°. Verlag Hermann Meusser, Berlin 1929. Preis geb. 9,80 RM.

Digitized by Google

In dem Buche von nicht allzugroßem Umfange ist in leicht verständlicher Sprache ein reicher Schatz von Erfahrungen niedergelegt, den der Verfasser in seiner langjährigen Tätigkeit als Leiter von elektrischen Instandsetzungswerkstätten gesammelt hat. Nachdem die bei elektrischen Maschinen auftretenden Fehler, ihre Ursachen und die verschiedenen Verfahren der Fehlerbestimmung besprochen sind, wird die Wiederherstellung von Wicklungen an Drehstrom- und Gleichstrommaschinen sowie an Transformatoren mit soviel Sachkenntnis beschrieben, daß auch der erfahrene Fachmann das Buch nicht aus der Hand legen wird, ohne eine Fülle von Anregungen erhalten zu haben. Auch der Zusammenbau und die Prüfung der ausgebesserten Maschinen werden eingehend erörtert. Nach einer kurzen Abhandlung über einige bei der Überwachung elektrischer Anlagen zu beachtende Gesichtspunkte sind im Anhange wertvolle Zahlentafeln sowie die Muster eines Werkstattbuches und eines Werkstattzettels abgedruckt. Erörterungen über die Ausbildung von Elektromaschinenbauern und Elektromeistern vervollständigen das Buch. Die Ausdrucksweise ist bis auf einige kleine Unebenheiten in der Sprache klar und verständlich. Überflüssige Fremdwörter sind vermieden, was in diesem Falle von ganz besonderer Wichtigkeit ist, weil ein großer Teil der Leser nur Volkschulbildung haben wird. Auch die meisten Abbildungen sind gut und zweckmäßig ausgeführt, nur in der Abbildung 158 ist leider die Beschriftung auch mit der Lupe kaum lesbar. Das Buch ist auf den neuesten Stand der Wissenschaft gebracht, was u. a. daraus hervorgeht, daß sogar die Beseitigung von Rundfunkstörungen durch Kondensatoren und die Wiederinstandsetzungen von elektrischen Maschinen für Kraftwagen beschrieben sind.

Hartig.

Die internationale Reglung der Funktelegraphie und -telephonie (Weltfunkvertrag Washington 1927). Von Min.-Rat H. Thurn. Mit IV u. 97 S. in gr. 4°. Verlag Julius Springer, Berlin 1929. Preis geh. 8.40 RM.

H. Thurn hat sich in diesem Buche der dankenswerten Aufgabe unterzogen, eine Zusammenstellung der heutigen rechtlichen Reglung der Funktelegraphie und -telephonie zu geben. Auf keinem anderen Gebiet der Technik ist diese Regelung so von internationaler Verständigung abhängig wie hier. Die Grundlagen dafür bilden daher die internationalen Verträge.

Der größte Teil des Buches umfaßt die Wiedergabe des Weltfunkvertrages von Washington (1927). Zwischen dem eigentlichen Vertrag und seiner allgemeinen Vollzugsordnung hat Thurn ein Kapitel eingeschoben, das dem Rundfunk gewidmet ist und zeigt, welche Bindungen und Rechte diesem durch den Weltfunkvertrag auferlegt worden sind. Außerdem ist an dieser Stelle auch die Organisation des Weltrundfunk-Vereins wiedergegeben, der bekanntlich die Interessen des Rundfunks international vertritt.

Zum besseren Verständnis ist die geschichtliche Entwicklung der rechtlichen Reglung der Funktelegraphie und -telephonie beigefügt. So finden wir in dem Buche nicht nur die Bestimmungen des letzten Funkvertrages, sondern auch die der früheren von 1906 und 1912. Recht interessant sind auch die Ausführungen über die Vorkonferenz zu der Washingtoner Konferenz, die noch in der Nachkriegstimmung unter Ausschaltung Deutschlands stattgefunden hat.

Sehr wertvoll ist ein Sachverzeichnis zum Weltfunkvertrag und zu den Vollzugsordnungen, das die Auffindung der wichtigeren Begriffe und Bestimmungen außerordentlich erleichtert.

Das Buch ist besonders für den Funkfachmann, aber auch für viele Rundfunkliebhaber ein wertvolles Nachschlagemittel, um sich über die heutige rechtliche Lage der Funktelegraphie und -telephonie aufzuklären.

Harbich.

Die praktische Arbeit. Wegweiser für die prakt. Ausbild. d. Studier. an techn. Hochsch. u. höh. Maschinenbauschulen. Herausg. v. Prof. Dr.-Ing. K. Laudien. 2. neubearb. Aufl. v. Reg.-Baum. a. D. F. Schmicker. Mit 94 Abb. u. 79 S. in 8°. Verlag Dr. Max Jänecke, Leipzig 1930. Preis kart. 2,40 RM.

Dieses Buch ist, wie sein Titel besagt, in gleicher Weise für Hoch- wie Mittelschulpraktikanten geschrieben, wennschon dabei vom Herausgeber, der z. Zt. Lehrer an einer höheren Maschinenbauschule ist, zunächst an letztgenannte Kategorie gedacht sein dürfte. Die Gleichbehandlung dieser beiden Praktikantengattungen ist durchaus berechtigt. Warum sollten auch aus einer solchen gemeinfaßlichen Darstellung Studierende einer Technischen Hochschule für ihre Aufgaben draußen in der Praxis nicht die gleiche Anregung zum „Aufmerken und Beobachten" schöpfen können? Sind doch auch sie schlechthin Lehrlinge, denen die verwirrend vielen neuen Eindrücke im Betrieb erfahrungsgemäß mehr Fragezeichen bescheren, als selbst eine höhere Schulweisheit von neun Jahren zu lösen imstande ist. Der augenfällige Unterschied zwischen technischen Mittel- und Hochschülern, um dies beiläufig zu erwähnen, besteht während dieser Zeit des ersten Lernens doch nur darin, daß jene zu ihrem Glück mindestens zwei zusammenhängende Jahre stramm arbeiten müssen, diese aber aus mehr zwingenden als triftigen Gründen nur 1 Jahr — das in der Regel noch in 2 ... 8 Abschnitte zerrissen wird — praktisch tätig zu sein brauchen, um als genügend aufnahmefähig für die nachfolgende Schultheorie befunden zu werden. In beiden Fällen wird eine mittelmäßige technische Befähigung die Regel, eine hervorragende dagegen die Ausnahme sein, und daher wird sich auch in beiden Fällen diese Vorpraxis desto wertvoller gestalten, je intensiver sie war, aber auch je länger sie — ceteris paribus — gedauert hat. — Steht man mit dem Herausgeber auf dem Standpunkt, daß eine gut genutzte praktische Arbeitszeit vor bzw. während des Studiums die Grundlage sei, auf der die schulmäßige Theorie aufzubauen habe, so gewinnt nachgerade jedes Hilfsmittel an Wert, das den Wirkungsgrad jener Ausbildung zu erhöhen geeignet ist. Zu diesen dankenswerten Hilfsmitteln gehört fraglos das vorliegende Nachschlagebuch. Sein Wunsch, den jungen Studierenden über die ersten Schwierigkeiten der ihm fremden Umgebung hinwegzubringen, ihm ein Führer durch all das viele Wie und Warum der Werkstattkunde zu sein, spricht fast aus jeder seiner Seiten. Auch gefallen an ihm nicht nur die klare stoffliche Darstellung, die ohne Scheu und mit Recht ein ganz primitives Verständnis bei seinen Lesern voraussetzt, sondern auch die Methodik der Belehrung, indem es durch geschickt eingeschaltete und absichtlich zumeist unbeantwortet gelassene Fragen zum Nachdenken anregt, in ähnlicher Weise, wie dies der „Datsch" in seinen bekannten Lehrtafeln durch die Gegenüberstellung von „Falsch" und „Richtig" zu erreichen gewußt hat. — Gegen die Reihenfolge der verschiedenen Werkstätten, deren Besuch dem Praktikanten nahegelegt wird, ließe sich vielleicht das eine oder andere einwenden, doch scheint dies so lange müßig, als man mit werksgegebenen Verhältnissen rechnen muß, die sich nur selten den Wünschen oder Bedürfnissen eines jeden Praktikanten werden anpassen lassen. Möge man weiterhin auch nicht durchweg damit einverstanden sein, daß beispielsweise der Besuch einer Graugießerei und zugehörigen Modelltischlerei nur empfohlen anstatt gefordert wird, wo doch die Kenntnis gerade dieser Betriebe als der eigentlichen Geburtstätte fast jeder größeren Maschine aus dem Gesichtsfeld des künftigen Ingenieurs kaum wegzudenken ist, so darf doch dieses Buch von Schmicker, um es zu wiederholen, schon deswegen als eine dankenswerte Bereicherung der einschlägigen Fachliteratur gewertet werden, weil es die Erkenntnis verbreiten hilft, daß wir in Industrie und Wirtschaft nicht nur wissenschaftlich gut vorgebildete Ingenieure brauchen, deren es massenweise gibt, sondern die viel selteneren Könner des Fachs, die jenes theoretische Wissen schnell und sicher auf die Erfordernisse der Praxis zu übertragen vermögen. Hierfür ist aber eine systematische und deshalb auch keinesfalls zu kurz bemessene Vorpraxis eine unerläßliche Vorbedingung für den weitaus größeren Teil unseres technischen Nachwuchses. Wenn jene Erkenntnis in den Kreisen, die es angeht, mehr und mehr Eingang finden sollte, so würde damit vielleicht ein wirksames Mittel gegen die auf die Dauer unerträgliche Überflutung namentlich unserer Technischen Hochschulen und die damit Hand in Hand gehende Produktion einer Art Dutzendware von Ingenieuren gegeben sein. — Caveant consules!

A. Thiele.

Millenets Patent-Tabelle (Wandkarte). 15. Aufl. Carl Heymanns Verlag, Berlin 1930. Preis 6 RM.

Da die 14. Auflage dieser Tabelle hier[1] bereits besprochen worden ist, genügt es wohl, zu bemerken, daß sie in der ursprünglichen Gestalt, aber unter Berücksichtigung der inzwischen eingetretenen Änderungen abgefaßt ist. Ihr Wert liegt darin, daß sie durch ihr Erscheinen in kurzen Zwischenräumen jeweils die Angaben nach dem letzten Stande bringen kann. Die knappe tabellarische Fassung ist für den Fachmann geeignet, vom Laien aber mit Vorsicht zu benutzen.

Hugo Herzfeld.

[1] ETZ 1929, S. 1892.

Digitized by Google

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

AG. Brown, Boveri & Cie., Baden (Schweiz)[1]. — Nach einem Hinweis auf die allgemeine Wirtschaftslage und die bedenklichen Ziffern der Arbeitslosigkeit bemerkt der Präsident des Verwaltungsrats im Geschäftsbericht für 1929/30, daß die meisten Maschinenfabriken der Schweiz z. Z. noch gut beschäftigt seien, das Land aber bei weiterer Ausbreitung oder Verstärkung der Krisis nicht hoffen dürfe, ihren schlimmen Auswirkungen zu entgehen. Schon mache sich als Folge der Jagd nach Aufträgen ziemlich allgemein ein stärkerer Druck auf die ohnedies wenig befriedigenden Preise geltend. Zudem würden gerade jetzt bedeutende Industrien der Schweiz von unerhörten Zollerhöhungen Nordamerikas schwer betroffen, und das wenig befriedigende Ergebnis der Genfer Zollfriedenskonferenz sei auch nicht geeignet gewesen, die schweizerische Exportindustrie mit Zuversicht zu erfüllen. Wenn auch die Elektroindustrie von den erhöhten Zollschranken zunächst nicht stark berührt werde, dürfe man doch nicht übersehen, daß selbst der Rückgang nicht verwandter Industrien rasch auch auf die übrigen drücken könne und die stets wachsende Höhe der Zollmauern die Konkurrenzfähigkeit der schweizerischen Exportindustrie in ebenfalls wachsendem Maß in Frage stelle, zumal diese in den letzten Jahren immer mehr durch das Bestreben bisheriger Absatzländer bedroht werde, ihre nationale Industrie zu erweitern. Für Brown, Boveri sei es unter diesen Verhältnissen eine große Stütze, daß sie beizeiten im Ausland selbständige verbündete Fabrikationsgesellschaften gegründet hätten, die ihnen ermöglichen, den kostspieligen technisch-wissenschaftlichen Apparat zentralisiert in der Schweiz aufrecht zu erhalten, und die der Berichterstatterin durch ihre Beziehungen immer wieder Bestellungen zuführen können. Die Werkstätten in Baden seien noch gut mit langfristigen Aufträgen versehen, während sich in Münchenstein bereits ein gewisser Rückgang der Bestellungen für normales Material bemerkbar mache.

Aus dem technischen Teil des Geschäftsberichts sei folgendes hervorgehoben: Im Berichtsjahr hat der Konzern Dampfturbinen von insgesamt 1 Mill kW in Auftrag erhalten. Die 85 000 kW-Dreizylinderturbine für Zschornewitz hat einen an der Kupplung gemessenen und auf Dampfverhältnisse vor der Maschine bezogenen Wirkungsgrad von 87,7 %. Der mittlere Dampfdruck der von Brown, Boveri gebauten Dampfturbinen hat in wenigen Jahren von 15 auf 32 at und der Höchstdampfdruck von 20 auf 200 at zugenommen. Als Markstein in der Entwicklung der Dampfkrafttechnik wird die noch nicht fertige Dreizylinderturbine Witkowitz für 36 000 kW bezeichnet, die mit 130 at und 500 ° Dampftemperatur arbeiten soll. In der Hochdruckzentrale Langerbrügge der Centrales Electriques des Flandres hat man den Dampfdruck vorläufig für eine Turbineneinheit von 55 auf 200 at erhöht; von der Berichterstatterin ist für diese Anlage eine Vorschaltturbine für 4500 kW, 200 at, 450 ° geliefert worden, in der der Dampf auf 55 at expandiert und dann in eine Dreizylindermaschine von 25 000 kW strömt. Die bekannte 160 000 kW-Turbine Hellgate der New York Edison Co. hat während ihres ersten Betriebsjahres in 6500 h 423 Mill kWh mit Spitzen bis zu 168 000 kW geleistet. Für die schon erwähnte Zentrale Langerbrügge liegt dem Elektrogroßmaschinenbau eine Bestellung auf einen Turbogenerator von 31 250 kVA bei unmittelbarer Erzeugung von 36 000 V Klemmenspannung vor. Bei den Turbogeneratoren für 3000 U/min ist die Leistung in der letzten Zeit sprunghaft gestiegen; die stromliefernden Werke verlangen heute bereits zweipolige Maschinen von 90 000 bis 100 000 kVA, Forderungen, die der Elektromaschinenbau sofort und unbedenklich erfüllen kann, doch ist er dabei auf die Unterstützung der metallurgischen Technik angewiesen, die die Herstellung der geschmiedeten Rotoren zu übernehmen hat. Auf dem Gebiet des Transformatorenbaues haben die Aufträge für Mehrwicklungstransformatoren auffallend zugenommen, auch stehen die mit angebautem Stufenschalter im Vordergrund des Interesses. Bei dem von der Berichterstatterin in die Praxis eingeführten Isoliermantelspannungswandler werden die teueren Durchführungsklemmen vermieden. Am stärksten beschäftigt war die Apparatefabrik, die u. a. dreipolige Ölschalter für Innenraumaufstellung von 50 bis 110 kV Nennspannung sowie einen Synchronisierapparat zur automatischen Steuerung des Drehzahlreglers der Antriebsmaschinen von Wechselstromgeneratoren herausbrachte. Bei den Innenraumschaltanlagen wird der von Brown, Boveri für Kommandoräume geschaffene Schaltfehlerschutz (Blocksystem mit Leuchtschaltbild) besonders hervorgehoben, eine Neuerung, die im Großkraftwerk Puerto Nuevo, Buenos Aires, (rd. 0,3 Mill kVA) zur Anwendung kommt. Die Beschäftigung der Gleichrichterfabrik war dauernd befriedigend. Ein interessantes Anwendungsgebiet beginnt sich den Hochspannungsgleichrichtern bei den Radiosendestationen zu erschließen, wo sie die Hochspannungs-Motorgeneratoren oder Thermion-Röhrengleichrichter zu ersetzen berufen sein werden. Die Berichterstatterin hat einen solchen Apparat (12 000 V) für die Sendestation Chelmsford geliefert und einen (13 000 V) für Warschau in Auftrag. Den von ihr mit der „Micafil" AG. in Altstetten entwickelten statischen Kondensatoren weist sie eine entscheidende Rolle bei Lösung der Blindstromkompensationsfrage zu. Regulieraggregate, die beim Antrieb von Walzenstraßen usw. zur Drehzahlregelung dienen, scheinen auch innerhalb von Frequenzumformergruppen für die elastische Kupplung zwischen Industrie- und Bahnnetzen zwecks wechselseitigen Energieaustausches mehr und mehr an Bedeutung gewinnen zu sollen. Unter den Spezialkonstruktionen von Elektroöfen werden Schmelzöfen für die Herstellung von niedergekohltem Ferrochrom direkt aus dem Erz erwähnt. Das Elektroschweißgebiet ist durch Ausbildung von Schweißtransformatoren wertvoll erweitert worden. Da die Elektrisierung der schweizerischen Bundesbahnen nunmehr fortgeführt wird und auf den bereits elektrisch betriebenen Strecken die Fahrleistungen dauernd zunehmen, haben die SBB 14 elektrische Ausrüstungen für Schnellzugslokomotiven 2 D_0 1, 10 solche für Rangierlokomotiven C und die elektrische Ausrüstung zu einer schweren Schnell- und Güterzugslokomotive 1 B_0 1 B_0 1—1 B_0 1 B_0 1 für die Gotthardbahn sowie den Transformator und die Steuerung einer zweiten der Berichterstatterin in Auftrag gegeben.

Was die Beteiligungen betrifft, so hat die Holding Brown, Boveri & Cie. AG., Basel, (früher Elektrizitätsgesellschaft Alioth) im ersten Geschäftsjahr 7 % Dividende auf 12 Mill Fr Aktienkapital gezahlt. Weniger befriedigend war die Geschäftslage für den Tecnomasio Italiano Brown Boveri, Mailand, da infolge eines gewissen Mißverhältnisses zwischen Produktions- und Absatzmöglichkeiten in Italien ein maßloser Wettbewerbskampf herrscht, an dem sich auch die ausländische Konkurrenz kräftig beteiligt. Die Dividende betrug im Vorjahr wieder 7 %. Auch die Aktieselskabet Norsk Elektrisk & Brown Boveri, Oslo, hat ihre Dividende von 4 % aufrecht erhalten. Die Werkstätten sind z. Z. wegen der auch in Norwegen herrschenden Depression etwas weniger gut beschäftigt. Die Dividende der „Micafil" AG., Altstetten, konnte auf 9 % erhöht werden. Bei den Österreichischen Brown Boveri-Werken AG., Wien, ließen sich wieder 14 % Dividende verteilen. Dieses Unternehmen hat u. a. von der Vorarlberger Elektrizitäts-Leitungsgesellschaft einen Auftrag auf Verlegung eines Hohlseils für die erste in Österreich errichtete 220 kV-Leitung erhalten, die inzwischen in Betrieb genommen worden ist. Während die Beschäftigung der Ungarischen Brown Boveri-Werke Elektrizitäts-AG. sich etwas verringert hat, brachten die Czechoslovakischen Brown Boveri-Werke AG. und die Rumänische Elektrizitäts-AG. Brown Boveri günstigere Resultate; die Jugoslavische Elektrizitäts-AG. Brown Boveri konnte ihr vorjähriges Ergebnis nicht verbessern. Für die Polnische Elektrizitätswerke Brown Boveri AG., Warschau, erwies es sich als notwendig, die Annahme von Aufträgen von schärferen Zahlungsbedingungen abhängig zu machen, deren Umfang also zunächst erheblich einzuschränken. Nachdem 1928 ein Verlust zu buchen war, dürfte der Abschluß für 1929 noch keine gebesserte Situation zeigen. Der Jahresgewinn der American Brown Boveri Electric Corporation, Camden, N. J., betrug im Vorjahr 402 436 $ (612 216 i. V.). Die elektrische Abteilung in Camden entwickelt sich seit der Reorganisation langsam und dürfte bald Erträgnisse abwerfen. Der Umsatz und das Resultat der Condit Electrical Manufacturing Corporation war ebenso günstig wie im Vorjahr.

Fabrikationsgewinn der Berichterstatterin: 11 323 706 Fr (11 178 008 i. V.), Einnahmen aus Miete, Zinsen, Beteiligungen usw.: 2 959 100 Fr (2 974 672 i. V.), Reingewinn: 5 316 479 Fr (5 308 606 i. V.), Dividende: wieder 9 % auf 39.2 Mill Fr Aktienkapital, das nunmehr 47,040 Mill Fr beträgt.

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1252.

Abschluß des Heftes: 23. August 1930.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

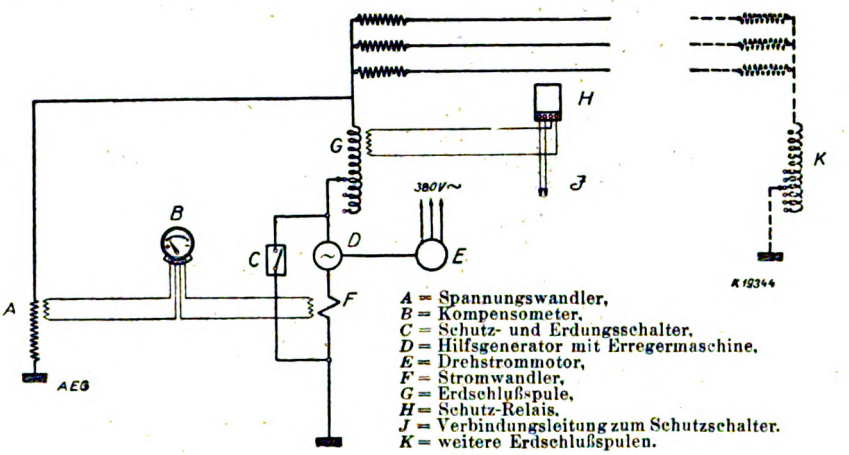
Das Kompensometer der AEG.

Mitteilung der AEG.

Zur Kompensierung des Erdschlußstromes und Unterdrückung der durch ihn verursachten Folgeerscheinungen sind fast alle deutschen und viele ausländische Hochspannungsnetze mit Erdschlußspulen (Petersenspulen) versehen. Diese werden an den Nullpunkt des betreffenden Netzes angeschlossen und ihre Induktivität wird so bemessen, daß der sie bei Erdschluß durchfließende Strom gerade den Erdschlußstrom des Netzes kompensiert. Anzapfungen an den Spulen ermöglichen die Einstellung auf die erforderliche Stromstärke.

Wenn auch die Abstimmung der Spulen auf die jeweiligen Netzverhältnisse nicht exakt zu sein braucht — Verstimmungen bis zu 10 bis 15 vH sind ohne Einfluß auf die Löschwirkung der Spulen — so muß doch eine Regelung der Spulen gemäß den in Betrieb befindlichen Netzteilen erfolgen. Diese Regelung ist nun in ausgedehnten Netzen, deren Konfiguration häufig wechselt, nicht einfach, setzt sie doch voraus, daß man über die Erdschlußströme der gerade unter Spannung stehenden Leitungen und über die Einstellung der meist im ganzen Netz verteilten Erdschlußspulen genau unterrichtet ist.

Um hier der Kommandostelle die Arbeit zu erleichtern, ist von der AEG eine Apparatur entwickelt worden, die durch eine einfache Messung ermöglicht, sich über den Kompensationsgrad eines Netzes Aufschluß zu verschaffen. Diese Apparatur, kurz Kompensometer genannt, wird sich rasch in die Praxis einführen, da sie die Übersicht über das Netz erleichtert und die Gewißheit verschafft, daß das Netz sich stets in bestem Kompensationszustand befindet, so daß etwa auftretende Erdschlüsse ohne Rückwirkung auf den Betrieb sind.



A = Spannungswandler,
B = Kompensometer,
C = Schutz- und Erdungsschalter,
D = Hilfsgenerator mit Erregermaschine,
E = Drehstrommotor,
F = Stromwandler,
G = Erdschlußspule,
H = Schutz-Relais,
J = Verbindungsleitung zum Schutzschalter,
K = weitere Erdschlußspulen.

Prinzipschaltung des Kompensometers.

Das Prinzip, nach dem das Kompensometer arbeitet, ist kurz folgendes:

Der Erdschlußstrom eines Netzes wird dann kompensiert, wenn die Reaktanz der Erdschlußspulen gleich der Reaktanz der Erdkapazität des Netzes ist, die man sich im Netznullpunkt konzentriert denken kann, wenn also der Netznullpunkt gegen Erde den Blindleitwert Null hat. Bei Verstimmung ist der Blindleitwert kapazitiv oder induktiv, je nachdem das Netz unter- oder überkompensiert ist. Jedenfalls gibt die Größe und der Charakter des Nullpunktleitwertes kapazitiv oder induktiv ein Maß für die Kompensationsverhältnisse des Netzes.

Die vorwiegend durch Isolationsverluste und Spulenverluste bedingte Ohm'sche Komponente der Nullpunktimpedanz interessiert deshalb nicht, weil die Erdschlußspulen den sogenannten Wattreststrom, der eben durch diese Ohm'schen Widerstände erzeugt wird, nicht kompensieren und ein Bedürfnis zu der in anderer Weise möglichen Reststrom-Kompensation nur in allergrößten Hochspannungs-Kabelnetzen allenfalls besteht.

Das Kompensometer mißt den Blindleitwert des Netznullpunktes gegen Erde.

Zum Zwecke der Messung wird dem Netznullpunkt eine künstliche Spannung zugeführt. Diese kann entweder über eine am Ort der Messung schon vorhandene Erdschlußspule oder über eine andere passend bemessene Schutzinduktivität erfolgen, wobei die Schutzinduktivität nur den Zweck hat, die Apparatur vor Schäden zu bewahren, wenn zufällig gerade während der Messung ein Erdschluß auftreten sollte. Außerdem ist ein einphasiger Kurzschluß auf diese Weise vermieden, der sonst bei Erdschluß während der Messung mit Sicherheit auftreten würde, und die Schutzinduktivität kann sich sogar an der Kompensation des Erdschlußstromes beteiligen, wenn sie bei Erdschluß durch einen Schalter direkt an Erde gelegt wird.

Der Strom, der aus der Hilfsspannungsquelle ins Netz fließt und die Spannung, die der Netznullpunkt dabei annimmt, werden, wie aus dem Bild hervorgeht, einem Meßinstrument zugeführt, das so ausgebildet ist, daß es den Blindleitwert eines Stromkreises aus dessen Strom und Spannung bildet; es ist ein Gerät des Kreuzspultyps in Verbindung mit einer besonders gearteten Verschiebungsschaltung.

Da man durch Multiplikation des gemessenen Blindleitwertes des Netznullpunktes gegen Erde mit der Phasenspannung des Netzes den bei Erdschluß auftretenden Blindreststrom an der Erdschlußstelle berechnen kann, läßt sich die Skala des oben erwähnten Anzeigegerätes statt in Blindleitwert-Einheiten in A „über-" bzw. „unterkompensiert" eichen, so daß also aus der Ablesung sofort zu ersehen ist, wie die Erdschlußspulen umgezapft werden müssen, um beste Kompensation zu erreichen.

In Kabelnetzen kann unter Umständen die Hilfsspannung dem Nullpunkt mit Netzfrequenz, also transformatorisch zugeführt werden, während man in Freileitungsnetzen eine von der Netzfrequenz um wenige vH abweichende Frequenz wählen wird, um die z. B. durch unsymmetrische Kapazitäten hervorgerufene natürliche Nullpunktspannung, welche die Messung fälschen kann, zu eliminieren. Hier dient als Hilfsspannungsquelle ein kleiner Generator.

Die dem Netznullpunkt künstlich aufgedrückte Spannung wird in den meisten Fällen rd. 10 vH der Phasenspannung des Netzes betragen, so daß die Isolation durch die Messung weit weniger beansprucht wird als bei Erdschluß. Auch ein Ansprechen der Erdschluß-Meldeeinrichtungen dürfte bei dieser Spannung ausgeschlossen sein.

Die Apparatur ist so entwickelt, daß sie durch Betätigung eines Druckknopfes in Betrieb gesetzt werden kann und nach der Ablesung auch wieder durch einen Druckknopf stillgesetzt wird.

Ein von der Sekundärwicklung einer Erdschlußspule gesteuertes Hilfsrelais sorgt dafür, daß die Apparatur außer Betrieb gesetzt wird, wenn während der Messung ein Erdschluß auftritt, und daß die Schutzinduktivität direkt geerdet wird.

Da die erforderlichen Maschinen, Schütze und Relais nicht viel Platz beanspruchen, läßt sich die Kompensometerapparatur leicht nachträglich in der Zelle der Erdschlußspule aufstellen. Die Instrumente und Steuerschalter können auf einer Tafel angeordnet und in der Schaltwarte aufgestellt werden.

Digitized by Google

3-mantel-eck-Kabel

für Hoch- und Niederspannung

(Unser DRGM Nr. 1031567/68
DRP angemeldet Nr. S 84766)

Günstigste Abkühlungsverhältnisse
daher:

Höhere Belastbarkeit!

Erhöhte Biegsamkeit
daher:

Leichtere Verlegung!

Kein brennbares Material in den Zwickeln
daher:

Geringe Brandgefahr!

Süddeutsche Kabelwerke Mannheim

Elektrizitätswerke
Bergwerke
Großbetriebe

Kennen Sie das

Asymmeter?

D. R. P.

Verhüten Sie **Schäden** an Transformatoren, Ölschaltern, Generatoren, Kabeln usw.

Schützen Sie sich vor **Betriebsstörungen,** sie kosten Geld!

Verlangen Sie unsere **Liste As,** die **alles Wissenswerte für Sie** enthält!

Zur Berliner Funkausstellung
Halle IV, Stand Nr. 35

P. Gossen & Co.
Fabrik Elektr. Meßgeräte, Erlangen

Digitized by Google

Engineering Lit

SEP 17 1930

E T Z

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

INHALT

Anforderungen und Fortschritte beim Bau elektrischer Fördermaschinen. Von W. Philippi. 1253

Batterie-Ladung und -Pflege durch neuzeitliche Oxyd-Glühkathoden-Gleichrichter. Von W. Germershausen. 1257

Die 55/110 kV-Übertragungsleitung über den Paß Lueg. Von K. Riedlinger. 1262

Was ist Streuung und wie berechnet man sie? (Schluß.) Von E. Weber. 1267

Rundschau:

Hochbeanspruchte Schmiedestücke im Elektromaschinenbau. 1275

Französ. Kurzschlußversuche an Ölschaltern. 1276

Aufzeichn. der Hysteresisschleife mit der Braunschen Röhre. 1276

Lichtpauslampe. 1277

Ausbau des Stuttgarter Nahverkehrs. 1277

Untersuch. üb. die Ausbreitungsvorgänge ultrakurzer Wellen. 1278

Korrosion. 1278

Fortbildungskursus betr. Elektrowärmetechnik f. Ing. v. El.-Werken an der T. H. Hannov. 1279

Energiewirtschaft. 1279

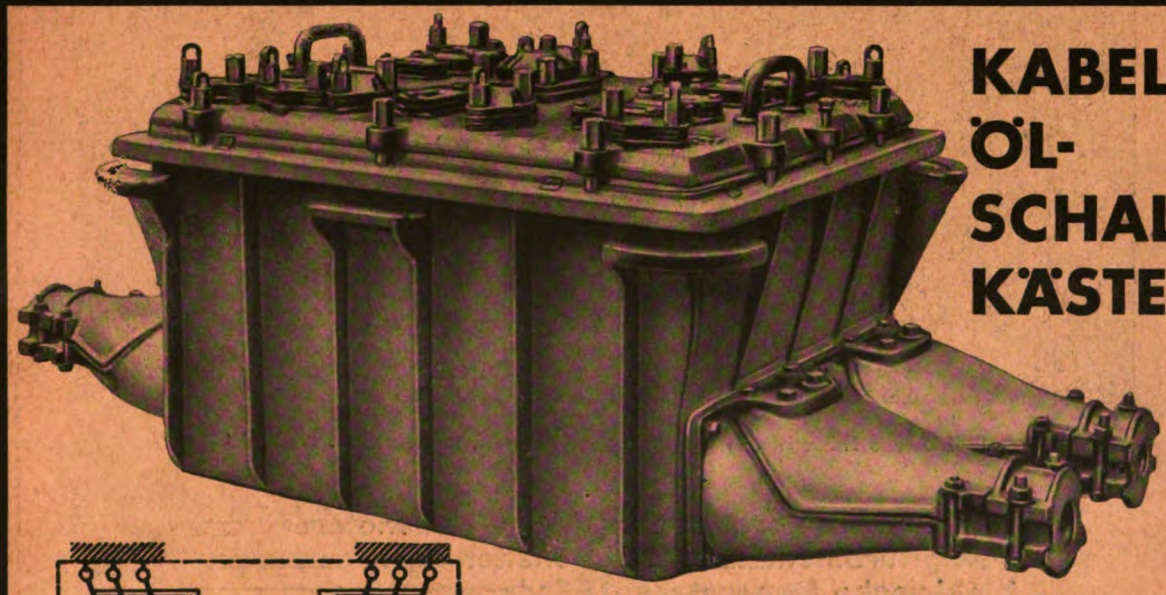
Vereinsnachrichten. 1280

Sitzungskalender. 1282

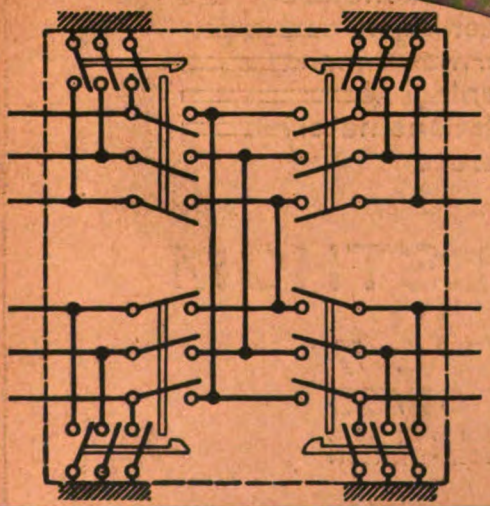
Briefe a. d. Schriftl.: Heyland. Schraeder. 1282

Literatur: F. Bergtold, R. Herrmann, Verein dt. Eisenhüttenleute, A. Eucken. 1283

Geschäftliche Mitteilungen. 1284



KABEL-
ÖL-
SCHALT-
KÄSTEN



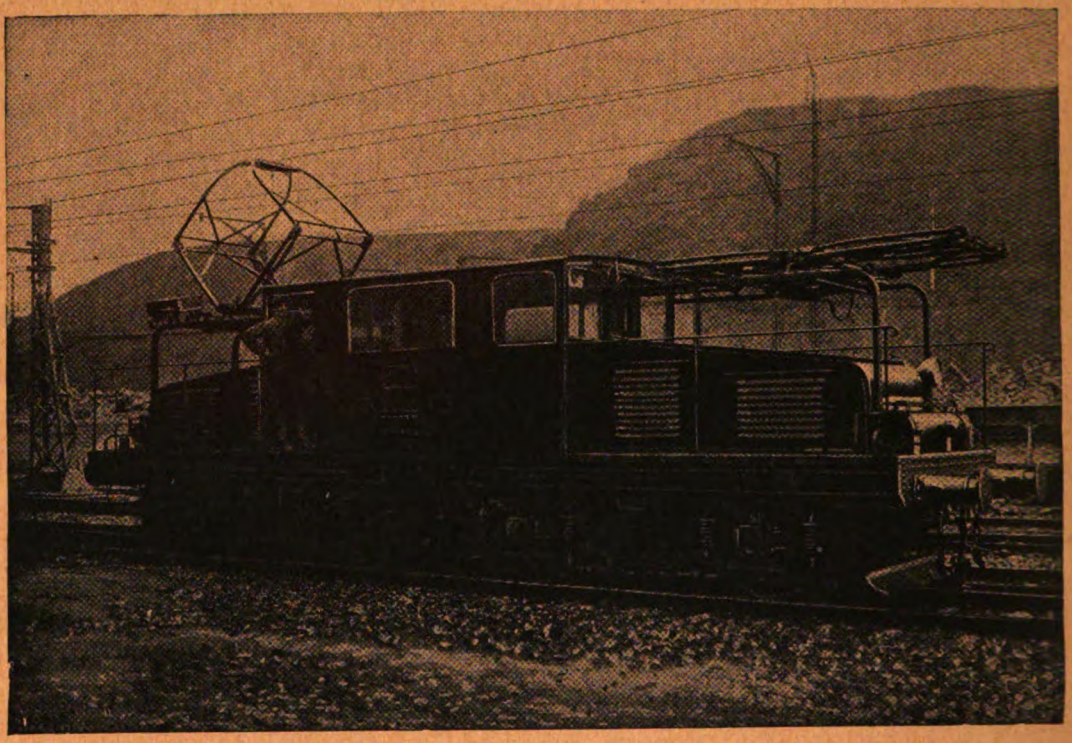
zur Montage unter dem Gehweg
oder dem Fahrdamm
entspr. den VDE-Reihen 10 und 20
enthalten: 4 dreipol. Ölschalter und
4 dreipol. Erdungsschalter

E. NEUMANN
Hochspannungs-Apparate
G. m. b. H.
BERLIN-CHARLOTTENBURG 5
Spandauer Straße 10a-11

36. HEFT · 51. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9
(1253-1284) 4. SEPTEMBER 1930

Digitized by Google

ALSTHOM



Elektrische Hüttenwerkslokomotive 65 t, 835 PS, Gleichstrom, 1500 Volt

Dampfgeneratoren
Dampfturbinen
Elektrische Generatoren
Transformatoren
Umformer
Walzwerksmotoren
Schaltanlagen
Fördermaschinen
Bahnanlagen
Installationsmaterial
Heiz- und Kochapparate

DEUTSCHE ALSTHOM
G. M. B. H.

BERLIN N. W. 7
Unter den Linden 57/58
TELEFON : A 4 ZENTRUM 1911-1912
TELEGR. : DEUTSCHALSTHOM-BERLIN

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

51. Jahrgang **Berlin, 4. September 1930** **Heft 36**

Anforderungen und Fortschritte beim Bau elektrischer Fördermaschinen*.

Von Prof. Dr.-Ing. E. h. **W. Philippi**, Berlin.

Übersicht. Von dem Stand des Baues elektrischer Fördermaschinen und ihrer Bedeutung für den Bergbau erhält man das beste Bild, wenn man von den beiden wichtigsten dabei zu lösenden Aufgaben ausgeht, Maschinen von hoher Betriebsicherheit zu schaffen und die Anlagen so zu bauen, daß sie große Leistungsfähigkeit mit hoher Wirtschaftlichkeit verbinden. Nach diesen Gesichtspunkten ist nachstehende Darstellung gegliedert. Ein Eingehen auf ausgeführte Anlagen gibt erwünschte Gelegenheit, einen Vergleich zwischen den im Ausland und den in Deutschland üblichen Maschinenformen zu geben und schließlich auch noch einen Vergleich zwischen Drehstrom- und Gleichstrom-Fördermaschinen zu ziehen.

Elektrische Fördermaschinen haben in den Jahren nach dem Kriege in wichtigen Einzelheiten Vervollkommnungen erfahren, wenn diese zum Teil auch erst bei näherem Eingehen auf ihre Konstruktion in ihrer Bedeutung zu erkennen sind. Sie haben sich aus der Steigerung der Anforderungen hinsichtlich der Ausbildung der Sicherheitseinrichtungen einerseits und der Leistungsfähigkeit der Maschinen anderseits ergeben.

I. Sicherheitseinrichtungen.

Die Richtlinien für die Ausbildung der Sicherheitseinrichtungen sind durch die von den preußischen Oberbergämtern herausgegebene „Bergpolizeiverordnung für die Seilfahrt" gegeben, in der die wichtigsten Einzelheiten für die Ausbildung und Anbringung der Bremsen und Fahrtregler enthalten sind.

Die Fahrtregler sollen hauptsächlich verhüten, daß bei Unachtsamkeit des Maschinisten die Schlußstellungen der Förderkörbe mit größerer Geschwindigkeit als 4 m/s durchfahren werden, bei welcher Geschwindigkeit, richtige Ausführung der Bremsen vorausgesetzt, noch ausreichende Sicherheit dafür gegeben ist, daß die Förderkörbe nicht gegen die Seilscheiben getrieben werden. Für die Berechnung der Bremsen, der am Schlusse eines jeden Hubes zu betätigenden Fahrbremse und der in Störungsfällen auszulösenden Sicherheitsbremse, sind in der erwähnten Polizeiverordnung nähere Vorschriften enthalten.

An den Fahrtreglern von Leonard-Fördermaschinen hat sich grundsätzlich nichts mehr geändert. Die Hauptaufgabe der von der Teufenzeigerspindel angetriebenen Kurvenscheiben besteht in dem Zurückschieben des Steuerhebels in dem Verzögerungsabschnitt derart, daß die Geschwindigkeit im ungünstigsten Falle, d. i. beim einseitigen Einhängen von Lasten, an der Schlußstellung der Förderkörbe unabhängig vom Maschinisten so weit herabgesetzt ist, daß, wenn beim Übertreiben von dem im Schachtgerüst angebrachten Endausschalter die Sicherheitsbremse zum Auslösen gebracht wird, die Maschine genügend schnell stillgesetzt wird. Es ist klar, daß hierfür nur bei richtig gebauten Bremsen volle Gewähr gegeben ist. Durchaus denkbar ist es, daß auch dann, wenn ein bei der Prüfung grundsätzlich als brauchbar befundener Fahrtregler verwandt wird, doch noch ein gefährliches Übertreiben vorkommen kann, sobald die Bremsen, insbesondere die Sicherheitsbremse, nicht sachgemäß gebaut sind.

Die Betätigung der Bremsen erfolgt bei großen Fördermaschinen fast durchweg mit Hilfe von Druckluft, weil sich dabei die an die Bremsen zu stellenden Aufgaben am besten erfüllen lassen. Es ist in Deutschland allgemein üblich, die Fahrbremse unmittelbar durch Druckluft zu betätigen und die Sicherheitsbremse so auszubilden, daß sie durch ein Bremsgewicht zur Wirkung gebracht wird, das an der Kolbenstange eines Druckluftzylinders hängt, in dem es für gewöhnlich durch die Druckluft hochgehalten wird.

Die Sicherheitsbremse muß beim Übertreiben über die Schlußstellung hinaus die Maschine so schnell stillsetzen, daß ein gefährliches Zuweitfahren der Förderkörbe verhindert wird. Von der Betätigung des im Fördergerüst etwa ½ m über der gewöhnlichen Schlußstellung der Förderkörbe angebrachten Endausschalters ab gerechnet bis zum allein durch Abbremsen herbeigeführten Stillstand der Maschine darf kein größerer Weg als für gewöhnlich 5 ... 6 m, der bei den meisten älteren Anlagen vorhandene freie Überfahrweg, zurückgelegt werden.

Die Vorgänge von der Betätigung des Gerüstschalters bis zum Stillstand der Maschine lassen sich wie folgt gliedern:

a) Ingangsetzen der Bremse (Öffnen des Gerüstschalters, Auslösen des Sperrmagneten am Fallgewicht),
b) Weg des Bremsgewichtes bis zum Anliegen der Bremsbacken,
c) Ansteigen des Bremsdruckes von Null bis zum Höchstwert,
d) eigentlicher Bremsvorgang bis zum Stillstand der Maschine.

Der für den Abschnitt a) wichtige Auslösemagnet darf nicht zu träge wirken und muß geringe Massen haben, was in gleicher Weise für das bewegte Gestänge gilt. Der Abschnitt b) wird hauptsächlich durch den Fallweg des Bremsgewichtes bestimmt. Große Fallhöhen sind unbedingt zu vermeiden. Abb. 1 zeigt, welchen Weg der Korb bei verschiedenen Fallhöhen des Bremsgewichtes und verschiedenen Geschwindigkeiten zurückgelegt hat, bevor der eigentliche Bremsvorgang überhaupt erst anfängt. Abb. 2 zeigt für eine bestimmte Fördermaschine den bei Wirkung der Sicherheitsbremse sich ergebenden Bremsweg, gerechnet von Erreichung des vollen Bremsdruckes bis zum Stillstand der Maschine, für verschiedene Fördergeschwindigkeiten. Es geht daraus hervor, wie gefährlich das Durchfahren der Schlußstellung mit zu hoher Geschwindigkeit werden kann.

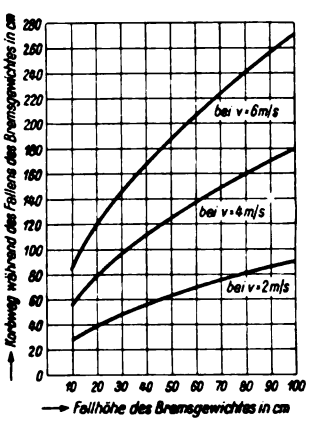


Abb. 1. Korbweg während des Fallens des Bremsgewichtes bei verschiedenen Fallhöhen des Gewichtes.

Als Beispiel einer neuzeitlichen Bremse sei die von den Siemens-Schuckertwerken gebaute schnellschließende Druckluft-Fahr- und Sicherheitsbremse kurz beschrieben und gezeigt, wie bei ihr die im vorstehenden skizzierten

* Vortrag, gehalten im Elektrotechnischen Verein am 29. IV. 1930. Die Besprechung wird in einem späteren Heft veröffentlicht.

Digitized by Google

Forderungen erfüllt sind. Wie Abb. 3 erkennen läßt, greifen der Druckluftkolben der Fahrbremse und das Gewicht der Sicherheitsbremse an einem gemeinsamen Hebel an. An dem in der Abbildung links liegenden Endpunkt des Haupthebels greift das Bremsgestänge, an dem rechts liegenden die Kolbenstange der Sicherheitsbremse an. Soll die Bremseinrichtung als Fahrbremse benutzt werden, so wird über den Bremsdruckregler *b* Druckluft in den Zylinder *a* gelassen. Da der Angriffspunkt der Sicherheits-

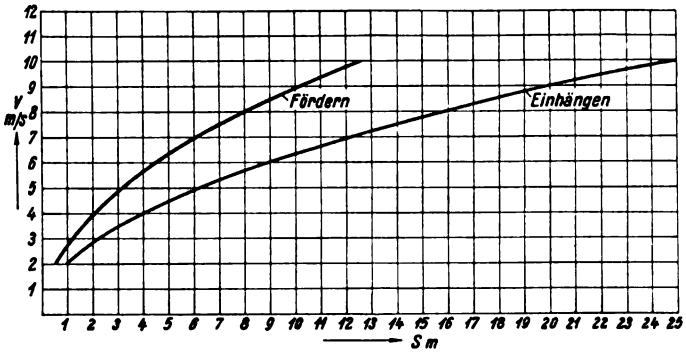
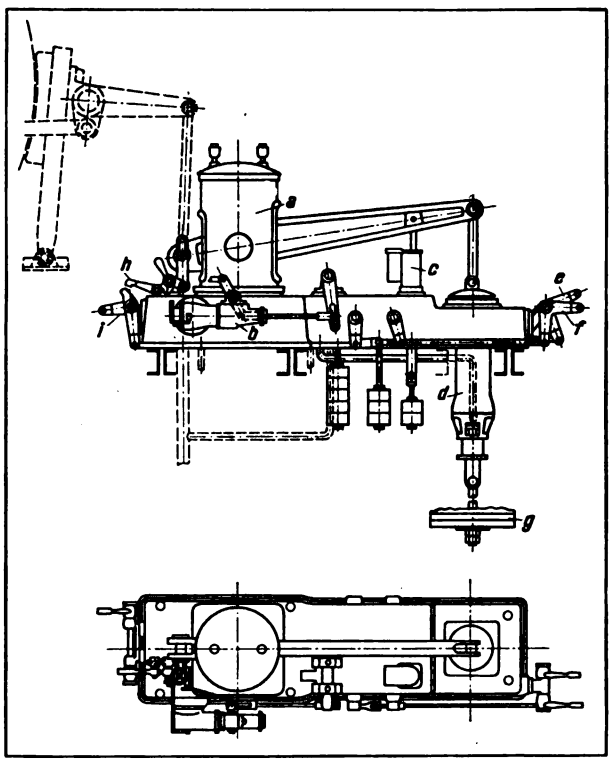


Abb. 2. Bremsweg des Förderkorbes in Abhängigkeit von der Korbgeschwindigkeit.



a Fahrbremszylinder
b Bremsdruckregler
c Auslösemagnet
d Haltezylinder der Sicherheitsbremse
e Angriff des Fahrbremshebels
f Angriff des Hebels der Sicherheitsbremse
g Bremsgewicht
h Verriegelung bei abgenutzten Bremsbacken

Abb. 3. Schnellschließende Druckluft-Fahr- und -Sicherheitsbremse der Siemens-Schuckertwerke AG.

bremse dabei im Raume festliegt, werden die Bremsbacken bei der aus der Abbildung ersichtlichen Einteilung des Haupthebels schnell zum Anliegen gebracht. Soll die Sicherheitsbremse betätigt werden, so wird, etwa durch den Endausschalter im Schachtgerüst, der Sperrmagnet *c* stromlos gemacht, und ein kleines von diesem für gewöhnlich in der Schwebe gehaltenes Gewicht verstellt einen Steuerschieber derart, daß die Luft aus dem Zylinder der Sicherheitsbremse ins Freie tritt und gleichzeitig über den Bremsdruckregler Druckluft unter den Kolben des Zylinders *a* gedrückt wird. Die Folge ist, daß die Bremsbacken so schnell zum Anliegen gebracht werden, daß das Gewicht der Sicherheitsbremse fast gar nicht sinkt

Massenkräfte daher nur in ganz geringem Maße in das Bremsgestänge kommen und schädliche Stöße unbedingt vermieden werden.

Zur Feststellung der genauen Schließzeit und des Druckverlaufes sind mit einer derartigen Bremse Versuche angestellt worden, deren Ergebnis aus Abb. 4 zu entnehmen ist. Die Schließzeit, also die Zeit vom Auslösen der Bremse bis zum Anlegen der Bremsbacken beträgt nur 0,08 s. Die Anstieglinie des Druckes der Fahrbremse fällt mit derjenigen der Sicherheitsbremse zusammen. Die Fahrbremse erreicht ihren vollen Druck, der bestimmungsgemäß für eine dreifache statische Sicherheit berechnet wird, nach 0,3 s, die Sicherheitsbremse ihren Druck, der mit Rücksicht auf Seilrutschgefahr in der Regel nur etwa 60 % des Höchstdruckes der Fahrbremse beträgt, nach 0,2 s. Der Bremsdruck der Sicherheitsbremse kann von 60 % bis zu 100 % des Druckes der Fahrbremse leicht eingestellt werden.

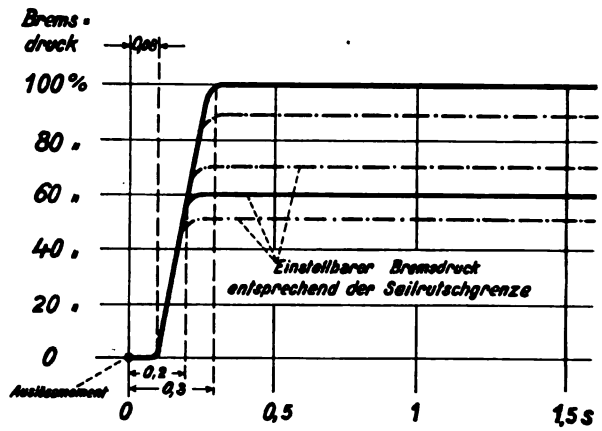


Abb. 4. Zeitschaulinien beim Arbeiten der Bremse Abb. 3.

Schwieriger liegen die Verhältnisse bezüglich der Sicherheitseinrichtungen bei Drehstrom-Fördermaschinen. Da bei den Drehstrommotoren die eindeutige Abhängigkeit der Drehzahl von der Stellung des Hebels, der den Regelwiderstand oder Steuerapparat betätigt, nicht vorhanden ist, müssen zur Ausbildung eines Fahrtreglers andere Wege wie beim Gleichstromantrieb mit Leonard-Schaltung eingeschlagen werden.

Der einfache Ausweg, beim Überschreiten der jeweilig zugelassenen Geschwindigkeit und beim Überfahren der Schlußstellung die Sicherheitsbremse in Tätigkeit zu setzen, ein Hilfsmittel, mit dem man sich im Auslande vielfach auch bei großen Fördermaschinen begnügt, kann höchstens für kleine Haspel als ausreichend angesehen werden. Die Geschwindigkeit muß sowohl während der vollen Fahrt als auch vor allen Dingen während des ganzen Verzögerungsabschnittes überwacht werden, eine gewisse Grenzgeschwindigkeitslinie darf daher nicht überschritten werden. Während der vollen Fahrt läßt sich eine unzulässige Überschreitung der Geschwindigkeit auf einfache Weise verhüten. Die Gefahr einer solchen besteht nur beim Einhängen von Lasten, also wenn der Motor durch die niedergehende Last angetrieben wird. Um eine Steigerung der Drehzahl des Fördermotors über den Synchronismus hinaus zu verhindern, bringt man einfach einen Fliehkraftregler an, der bei Erreichung der synchronen Drehzahl die Schleifringe des Läufers kurzschließt, so daß der Motor einen der Energie der eingehängten Last entsprechenden Energiebetrag als asynchroner Generator ins Netz zurückgibt.

Die Lösung des zweiten Teiles der Aufgabe, die Verhinderung der Überschreitung einer als zulässig erachteten Geschwindigkeitslinie während der Verzögerung, macht eine Einrichtung nötig, bei der jene zulässige Geschwindigkeit mit der tatsächlichen Geschwindigkeit, also eine Sollgeschwindigkeit mit der Istgeschwindigkeit, verglichen und letztere auf die Sollgeschwindigkeit herabgedrückt wird, sobald diese mehr als zulässig überschritten wird. Um beide Geschwindigkeiten zum Ausdruck zu bringen und miteinander zu vergleichen, kann man verschiedene Wege einschlagen.

Bei der in Abb. 5 schematisch dargestellten Einrichtung ist die Sollgeschwindigkeit durch einen von der Wandermutter des Teufenzeigers stufenweise ein- und ausgeschalteten Widerstand *I* dargestellt, während ein zweiter Widerstand von einem mit der Muffe des Fliehkraftreglers *II* verbundenen Kontaktarm der Muffenstellung

Digitized by Google

entsprechend ein- und ausgeschaltet wird. Beide Widerstände sind in Reihe an eine gemeinsame Stromquelle angeschlossen. In dem gleichen Stromkreis liegt auch das Relais *III*. Der Fliehkraftregler *II* wird von der Fördermaschinenwelle angetrieben, entspricht also der Istgeschwindigkeit. In der Auslaufzeit wird der mit dem Teufenzeiger verbundene Widerstand *I* allmählich immer mehr eingeschaltet. Wird dann nicht in dem gleichen Maße der Widerstand am Fliehkraftregler *II* ausgeschaltet, so wird das Relais *III* betätigt und dadurch die mechanische Bremse angezogen oder der Fördermotor auf Gegenstrom geschaltet.

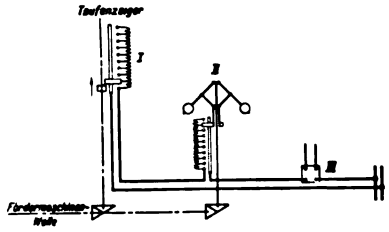


Abb. 5. Schematische Darstellung eines Fahrtreglers mit Widerstand am Teufenzeiger (*I*) und Fliehkraftregler (*II*).

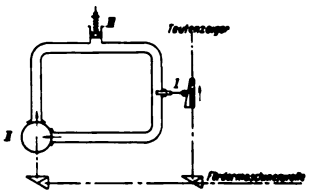


Abb. 6. Schematische Darstellung eines Fahrtreglers mit Umlaufpumpe (*II*) und vom Teufenzeiger verstelltem Sperrschieber (*I*) (nach Patent Iversen).

Von dieser Anordnung unterscheidet sich die in Abb. 6 dargestellte dadurch, daß die Istgeschwindigkeit durch eine von der Fördermaschine angetriebene Flüssigkeitspumpe *II*, deren Fördermenge ihrer Drehzahl entspricht, ausgedrückt wird. Der Druck in der Rohrleitung bleibt unveränderlich, sobald in dem gleichen Maße wie die in der Zeiteinheit geförderte Flüssigkeitsmenge abnimmt oder anwächst, der Rohrleitungsquerschnitt vermindert oder erhöht wird. Diese Veränderung des Querschnittes kann also dazu benutzt werden, die Sollgeschwindigkeit zum Ausdruck zu bringen, wie dies schematisch in Abb. 6 durch einen bei *I* angedeuteten Schieber geschieht, der in dem gleichen Maße sich in den Umlaufquerschnitt der Flüssigkeit einschiebt, in dem ein mit dem Teufenzeiger verbundener Keil nach oben oder nach unten bewegt wird. Wächst der Flüssigkeitsdruck in der Rohrleitung über einen bestimmten Grenzbetrag hinaus, so wird ein unter einem einstellbaren Federdruck stehender Kolben *III* verschoben und über ein Relais bewirkt, daß die mechanische Bremse angezogen oder der Motor auf Gegenstrom geschaltet wird. Fahrtregler mit einer derartigen hydraulischen Hilfseinrichtung nach Patent Iversen sind für die Förderanlage des Kaliwerkes „Erichssegen" bei Hannover und diejenige der Zeche „Amalia" der Harpener Bergbau AG. bei Dortmund ausgeführt worden und haben die Anforderungen hinsichtlich richtiger Geschwindigkeitsregelung bei jeder Belastung in vollem Maße erfüllt.

Um auch bei negativer Belastung, wie beim Einhängen von Lasten, die Geschwindigkeit im Verzögerungsabschnitt herabzusetzen, wird einerseits der Steuerhebel durch den Fahrtregler zurückgeschoben, anderseits die Bremse angezogen und dadurch der Motor künstlich belastet. Das gleiche ließe sich auch mit Hilfe von Gegenstrom erreichen. Da dabei aber Energie dem Netz entnommen wird, ist die Benutzung der mechanischen Bremse wirtschaftlicher. Natürlich muß diese entsprechend reichlich bemessen werden, Bremskränze und Bremsbacken müssen also bedeutend breiter als bei Leonard-Fördermaschinen ausgeführt werden.

Auf die sonstigen zahlreichen Sicherheitseinrichtungen einer neuzeitlichen elektrischen Fördermaschine näher einzugehen, ist schon im Interesse der Kürzung dieses Aufsatzes nicht möglich; zum großen Teil ergeben sie sich aus der Eigenart des elektrischen Antriebes von selbst.

II. Erhöhung der Schachtleistung.

Die schwere Steigerung der finanziellen Lasten jeder Art in der Nachkriegszeit hat für die deutschen Bergwerke außerordentliche Anstrengungen nötig gemacht, um einen Ausgleich dafür zu schaffen. Das hat zu einer weitgehenden Mechanisierung der Abbauarbeiten geführt zu dem Zwecke, die Leistung des einzelnen Bergmannes möglichst zu steigern und mit weniger Leuten auszukommen, sowie zu einer Zusammenfassung des Abbaues auf möglichst wenig Teile der Gruben unter gleichzeitiger weitgehender Steigerung der auf diesem Teil stündlich abgebauten Menge und in weiterer Folge davon zu einer Zusammenlegung der Förderung auf wenige Schächte, in denen die Tagesförderung alsdann aufs äußerste gesteigert wird. Für die Fördermaschinen ergab sich dadurch die Aufgabe, die stündliche Fördermenge möglichst in die Höhe zu setzen und neue Anlagen für möglichst große Schachtleistung zu bauen. Es sei im nachstehenden kurz angegeben, welche Wege dabei eingeschlagen werden können und welche Mittel bereits angewandt worden sind.

Von den beiden am nächsten liegenden Mitteln, Wahl einer möglichst hohen Geschwindigkeit bei kleiner Nutzlast einerseits und Wahl einer großen Nutzlast anderseits, hat das erstere zwar den Vorteil der geringeren Anlagekosten, ist aber auch zur Erzielung großer Fördermengen wenig brauchbar, u. zw. um so weniger, je geringer die Schachtteufe ist. Es ist verhältnismäßig billig, weil für die Berechnung des Schachtgerüstes und der Seilscheiben, für den Durchmesser der Köpescheibe und bei unmittelbarem Antrieb durch den Fördermotor auch für das größte von letzterem zu entwickelnde Drehmoment der größte Seilzug maßgebend, eine Steigerung der Geschwindigkeit auf diese Teile der Anlage also ohne Einfluß ist. Aber nur bei großen Teufen läßt sich durch hohe Geschwindigkeiten eine in gewissen Fällen noch ausreichende Fördermenge erzielen. Nachteilig ist eine hohe Geschwindigkeit insofern, als die Energieverluste durch die Luftreibung im Schacht, welche Verluste den größten Teil der mechanischen Verluste der Anlage ausmachen, unter sonst gleichen Umständen mit dem Quadrat der Geschwindigkeit wachsen. Dazu kommt, daß die bei jedem Förderzuge zu erzeugende Bewegungsenergie dem Quadrat der Geschwindigkeit entspricht. Wenn diese Energie auch zum größten Teil während des Zeitraumes der Verzögerung wiedergewonnen wird, so geht doch ein Teil davon verloren, woraus sich gleichfalls eine Verschlechterung des Wirkungsgrades durch zu hohe Geschwindigkeiten ergibt.

Günstiger liegen hinsichtlich Steigerung der stündlichen Fördermenge die Verhältnisse bei einer Steigerung der Nutzlast. Es sei diese daher, u. zw. zunächst unter Beibehaltung der gewöhnlichen Gestellförderung untersucht. Die Grenzen für die überhaupt möglichen Nutzlasten sind bei ganz neuen Anlagen — nur solche sollen hier vorausgesetzt werden — dadurch gegeben, bis zu welcher Tragfähigkeit man die Förderseile heute mit der erforderlichen Sicherheit herzustellen vermag. Die Erfahrung hat dazu geführt, daß man die Förderseile zweckmäßig nicht mit einer höheren Bruchfestigkeit ausführt als 180 kg/mm². Seile mit höherer Bruchfestigkeit lassen sich zwar herstellen, doch neigen die Drähte dann leicht zu Brüchen, so daß die Seile nicht lange genug halten. Während in Westfalen, wo die größten Fördermaschinen Deutschlands arbeiten, bis jetzt Seile mit einer größeren Gesamtbruchfestigkeit als etwa 300 t noch nicht im Betrieb sind, werden doch schon Dreikantlitzenseile, welche Form für große Lasten vielfach genommen wird, mit etwa 450 t Gesamtbruchfestigkeit hergestellt. Da nach den behördlichen Bestimmungen in Preußen die Seile für Köpemaschinen eine 7fache Anfangsicherheit bei Produktenförderung und eine 9fache bei Seilfahrt haben müssen, so bedeuten diese Zahlen, daß die größte Gesamtbelastung eines Seiles gegenwärtig nicht mehr als etwa 42 t beträgt, daß man es aber in der Hand hat, bis zu etwa 64 t zu gehen.

Um einen ungefähren Anhalt dafür zu geben, welche stündlichen Fördermengen bei Gestellfördermaschinen mit den gegenwärtig herstellbaren Förderseilen erreicht werden können, sind diese Fördermengen in den Zahlentafeln 1 und 2 für die Teufen 600, 800 und 1000 m zusammengestellt, u. zw. für je 8, 12, 16 und 20 Wagen auf 1 Förderzug. Es sind also nur sehr große Anlagen der Betrachtung zugrunde gelegt, u. zw. ist angenommen worden, daß je 4 Wagen auf einem Stockwerk der Förderkörbe stehen, je 2 nebeneinander und hintereinander, was allerdings nur bei genügend großem Schachtquerschnitt möglich ist. Als System der Maschinen ist das gewöhnliche Köpesystem, wie es in Deutschland bei neuen Hauptschachtfördermaschinen für große Teufen üblich ist, angenommen worden. Bei den Gewichten der Förderschalen und der Wagen sind Mittelwerte, entsprechend den bei großen Neuanlagen üblichen Werten, zugrunde gelegt und für die Förderpausen Zahlen vorausgesetzt, die noch über den bei Maschinen mit starker Förderung erreichten Werten liegen. In der letzten Kolonne der Zahlentafel 2 ist die effektive stündliche Schachtarbeit der Anlage angegeben, u. zw. ausgedrückt in Schacht-tkm. Dieser Begriff ist neu. Er gibt für die tatsächliche Leistungsfähigkeit einer Anlage ein besseres Bild als etwa die Motorleistung in kW oder allein die stündliche Fördermenge

Digitized by Google

Zahlentafel 1. Einzelheiten der als Beispiele durchgerechneten Gestellförderanlagen.

Wagenzahl	Nutzlast t	Gewicht der Förderschale einschl. Gehänge t	Gesamtgewicht der Wagen t	Gewicht der beladenen Förderschale t		Seilgewicht je m kg	Gesamtseilgewicht für h + 30 m t	gesamte Seilbelastung t
8	6,8	7,7	4,8	19,3	bei h = 600 m:	9,71	6,12	25,42
					„ h = 800 m:	10,39	8,63	27,93
					„ h = 1000 m:	11,23	11,5	30,8
12	10,2	11,2	7,2	28,6	bei h = 600 m:	14,01	8,83	37,43
					„ h = 800 m:	15,4	12,77	41,37
					„ h = 1000 m:	16,72	17,2	45,8
16	13,6	15,0	9,6	38,2	bei h = 600 m:	18,6	11,7	49,9
					„ h = 800 m:	20,6	17,1	55,3
					„ h = 1000 m:	23,0	23,7	61,9
20	17,0	18,7	12,0	47,7	bei h = 600 m:	23,0	14,48	62,18
					„ h = 800 m:	nicht ausführbar		
					„ h = 1000 m:			

Zahlentafel 2. Leistungszahlen der Förderanlagen der Zahlentafel 1.

Teufe m	größte Fördergeschwindigkeit m/s	reine Fahrzeit eines Zuges s		Fahrzeit eines Zuges einschl. Pause s	stündliche Fördermenge t	effektive stündliche Schachtarbeit Schacht-tkm
600	16	51	bei 8 Wagen je Zug:	76	322	193
			„ 12 „ „ „	86	427	256
			„ 16 „ „ „	96	510	306
			„ 20 „ „ „	106	577	347
800	18	57,7	bei 8 Wagen je Zug:	82,7	296	237
			„ 12 „ „ „	92,7	396	317
			„ 16 „ „ „	102,7	477	382
			„ 20 „ „ „	112,7	—	—
1000	20	63,12	bei 8 Wagen je Zug:	88,12	278	278
			„ 12 „ „ „	98,12	374	374
			„ 16 „ „ „	108,12	452	452
			„ 20 „ „ „	118,12	—	—

in t, denn für die Leistungsfähigkeit einer Anlage ist das Produkt aus der Teufe und der stündlichen Fördermenge maßgebend. Zum Vergleich sind in Zahlentafel 3 die entsprechenden Werte bei einigen ausgeführten oder in Ausführung begriffenen Anlagen gegeben. Die große stündliche Fördermenge von 410 t der Anlage Zeche Zollverein und die daraus bei der Teufe von 750 m sich ergebende große stündliche Schachtarbeit von 307,5 Schacht-tkm wird dadurch erreicht, daß die Wagen an zwei Abzugbühnen abgezogen werden, so daß mit einer Pause zwischen zwei Zügen von 30 s gerechnet werden konnte.

teile. Die Zahl der über und unter Tage im Schacht erforderlichen Bedienungsleute ist bedeutend geringer als bei einer Gestellförderanlage. Man kommt mit einer wesentlich kleineren Anzahl von Förderwagen aus, und diese werden weniger abgenutzt als bei einer Gestellförderanlage. Gefäßförderanlagen sind also den Gestellförderanlagen wirtschaftlich meistens wesentlich überlegen.

Die Möglichkeit, größere stündliche Fördermengen zu erreichen, beruht auf zwei Umständen. Einmal sind dadurch, daß die Wagen nicht mit durch den Schacht befördert zu werden brauchen, die toten Gewichte bedeutend

Zahlentafel 3. Leistungszahlen ausgeführter Anlagen.

Name der Anlage	Nutzlast je Zug bei Kohlenförderung t	Teufe m	größte Geschwindigkeit m/s	stündliche Fördermenge t	effektive stündliche Schachtarbeit Schacht-tkm
Zeche Zollern II (früher Gelsenkirchener Bergwerks AG., jetzt Vereinigte Stahlwerke)	4,2	280	10	170	47,8
Zeche Minister Stein, Schacht Emil Kirdorf der Vereinigten Stahlwerke	4	400	16	450	180
Schacht Thyssen II/V der Vereinigten Stahlwerke, Hamborn	10,2	552	20	342	189
		810		306	248
Zeche Hannibal I der Fried. Krupp AG.	5,6	750	18	250	187
		1000		213	213
Zeche Zollverein, Schacht 12 der Vereinigten Stahlwerke	10,2	750	17	410	307,5

Ein besonders wirksames Mittel zur Erreichung sehr großer stündlicher Fördermengen ist die Wahl einer Gefäßförderung an Stelle einer Gestellförderung. Während bei der letzteren die vollen Wagen nach über Tage gefördert werden, bleiben diese bei der ersteren unter Tage, wo sie in einen am Schacht befindlichen Bunker ausgekippt werden, aus dem die Fördergefäße, englisch Skip genannt, das Fördergut abziehen, durch den Schacht nach oben befördern und dort wieder in einen Bunker oder auf ein Förderband o. dgl. entleeren. In Südafrika sind derartige Anlagen bei allen Goldminen in Anwendung und in den V. S. Amerika auch bei zahlreichen Kohlengruben. Sie haben gegenüber den Gestellförderanlagen, von der Möglichkeit der Erreichung einer größeren stündlichen Fördermenge abgesehen, noch andere wichtige Vor-

kleiner als bei einer Gestellförderung, so daß bei gleichem Seildurchmesser größere Nutzlasten möglich sind, und weiter sind zum Einfüllen der Gefäße unter Tage und zum Entleeren über Tage bedeutend kürzere Zeiten nötig als zum Aufschieben und Abziehen der Wagen bei den Förderkörben einschließlich der Zeiten zum Umsetzen bei Körben mit mehreren Stockwerken.

In den Zahlentafeln 4 und 5 sind, um einen Vergleich mit den in den Tafeln 1 und 2 für Gestellförderanlagen zusammengestellten Zahlen zu geben, wieder für die drei Teufen 600, 800 und 1000 m die hauptsächlichsten Einzelheiten von Gefäßförderanlagen mit Nutzlasten von 10, 15 und 20 t zusammengestellt. Daraus geht hervor, wieviel mehr mit einer Gefäßförderung als mit einer Gestellförderung geleistet werden kann. Dabei ist noch zu be-

Digitized by Google

Zahlentafel 4. Einzelheiten der als Beispiele durchgerechneten Gefäßförderanlagen.

Nutzlast t	Gewicht des Fördergefäßes t		Seilgewicht je m kg	Gesamtseilgewicht für $h + 30$ m t	Gesamtseilbelastung t
10	13	bei $h = 600$ m:	11,23	7,08	30,08
		„ $h = 800$ m:	12,20	10,11	33,11
		„ $h = 1000$ m:	13,50	13,94	36,94
15	19	bei $h = 600$ m:	16,72	10,52	44,52
		„ $h = 800$ m:	18,60	15,42	49,42
		„ $h = 1000$ m:	20,6	21,22	55,22
20	25	bei $h = 600$ m:	23,0	14,48	59,48
		„ $h = 800$ m:	23,0	19,08	64,08
		„ $h = 1000$ m:	—	—	—

Zahlentafel 5. Leistungszahlen der Förderanlagen der Zahlentafel 4.

Teufe m	größte Fördergeschwindigkeit m/s	reine Fahrzeit eines Zuges s		Fahrzeit eines Zuges einschl. Pause s	stündliche Fördermenge t	effektive stündliche Schachtarbeit Schacht-tkm
600	14	66,4	bei $N = 10$ t:	81,4	442	264
			„ $N = 15$ t:	84,4	640	384
			„ $N = 20$ t:	86,4	834	500
800	15	67,5	bei $N = 10$ t:	82,5	437	350
			„ $N = 15$ t:	85,5	632	505
			„ $N = 20$ t:	87,5	824	660
1000	16	81,4	bei $N = 10$ t:	96,4	373	373
			„ $N = 15$ t:	99,4	543	543
			„ $N = 20$ t:	nicht ausführbar		—

achten, daß einmal etwas geringere Geschwindigkeiten für die Kübelförderung angenommen und weiter wieder Köpemaschinen vorausgesetzt sind, bei denen, um genügende Sicherheit gegen Seilrutsch zu haben, die toten Massen, also hier die Massen der Kübel reichlich genommen werden müssen. Bei Trommelmaschinen, die bei derartig großen Leistungen allerdings sehr teuer werden würden, könnte man mit kleineren Kübelgewichten auskommen und daher noch größere Nutzlasten erzielen.

Auf sonstige Hilfsmittel zur Erzielung großer stündlicher Fördermengen, wie die Einführung von Leichtmetall-Förderkörben, die Verwendung besonderer Stoffe als Treibscheibenbelag zur Erhöhung der Reibung zwischen Seil und Scheibe und Steigerung der Beschleunigung und Verzögerung, und die Einführung von Kurzsignalanlagen, um die auf die Schachtsignale entfallenden Zeiten zu kürzen, kann hier nicht näher eingegangen werden. Es muß genügen, nur kurz auf sie hingewiesen zu haben.

(Schluß folgt.)

Batterieladung und -pflege durch neuzeitliche Oxyd-Glühkathoden-Gleichrichter.

Von Dr. **Werner Germershausen**, Berlin.

Übersicht. Die wesentlichen konstruktiven Einzelheiten der Oxyd-Glühkathoden-Gleichrichterröhren werden in ihrer Wirkungsweise erläutert. Auf die Anwendung der Oxydkathoden-Gleichrichter für die Zwecke der Batterieladung und die sich dabei ergebenden praktischen Vorteile wird näher eingegangen. Oxydkathoden-Gleichrichter für die Dauerladung von Telephonbatterien sowie vollselbsttätige Ladeeinrichtungen mit Oxyd-Glühkathoden-Gleichrichtern insbesondere zur Ladung von Elektrofahrzeug-Batterien werden näher beschrieben.

Auf dem Gebiete der elektrischen Gleichrichter wird bereits seit Jahren an der technischen Entwicklung des Oxyd-Glühkathoden-Gleichrichters, insbesondere für Ladezwecke, seitens der Accumulatorenfabrik Aktiengesellschaft gearbeitet. Diese Entwicklungsarbeiten, bei denen man von der Wehneltschen Entdeckung[1] von der Elektronenemission heißer Metallverbindungen ausging, haben zu einem recht beachtlichen Erfolge geführt. Zahlreiche aus mehreren Gleichrichtereinheiten sich zusammensetzende Anlagen für Stromstärken von mehreren hundert Ampere haben sich bereits in der Praxis bewährt[2]. Dabei konnten erhebliche Vereinfachungen besonders für die Zwecke der selbsttätigen Ladung von Akkumulatorenbatterien bestimmter Zellenzahl, z. B. in Fahrzeugen, erzielt und dabei gleichzeitig die Betriebsicherheit auch bei bedienungsloser Ladung wesentlich erhöht werden. Bevor wir auf die technischen Einzelheiten errichteter Ladeanlagen eingehen, wollen wir einen kurzen Überblick über die technischen Merkmale der Oxydkathoden-Gleichrichterröhren selbst geben.

I. Die Oxydkathoden-Gleichrichterröhre.

Der wesentlichste Teil der Oxydkathoden-Gleichrichterröhre ist die Glühkathode, insbesondere wenn man bedenkt, daß von ihrer Haltbarkeit ja die Lebensdauer der Röhre bestimmt wird. Nach vielfachen, anfangs wechselnden Konstruktionen[3] ist man in den letzten Jahren auf Grund eines vom Verfasser[4] angegebenen neuen Konstruktionsprinzips zu einer außerordentlich einfachen, dabei aber praktisch unbegrenzt haltbaren Kathodenkonstruktion gelangt. Wie aus der Abb. 1 ersichtlich, wird bei der neuen Oxydkathode der Heizstrom über einen besonders angeordneten Träger T aus einem an sich inaktiven Metall hohen Schmelzpunktes geführt, während das eigentlich aktivierte Metall M auf den Träger aufgewickelt ist. Da die Arbeitstemperatur der Oxydkathoden sehr niedrig, etwa bei 1000° liegt, ist es möglich, als Träger Metalle zu verwenden, die bei der Arbeitstemperatur des mit Erdalkalioxyd aktivierten herumgewickelten Metalldrahtes niemals zum Schmelzen kommen, anderseits aber in Gegenwart der zum Teil dissoziierten Erdalkaliverbindungen chemisch nicht angegriffen werden können. Wie auch die Praxis nach jahrelangem Betrieb gezeigt hat, ist tatsächlich die Lebensdauer der nach diesem Konstruktionsprinzip hergestellten Oxydkathoden praktisch unbegrenzt und das bei anderen Glühkathoden immer wieder beobachtete Durchbrennen ausgeschlossen. Da, wie oben erwähnt, die Arbeitstemperatur der Oxydkathoden sehr niedrig liegt, ist auch die zur Beheizung der Kathode erforderliche Energie gering. Man kommt daher für Stromstärken bis etwa 30 A bei derartig konstruierten Kathoden mit rein maschinell hergestellten Einschmelzun-

[1] W. Germershausen, Ann. Phys. Bd. 51, S. 705 (1916).
[2] W. Germershausen, Helios Bd. 26, Nr. 26 u. 27 (1920).
[3] A. Güntherschulze u. W. Germershausen, Helios Bd. 31, S. 1, 13, 25, 37, 49 u. 61 (1925).
[4] W. Germershausen, Helios Bd. 36, S. 1 u. 9 (1930).

Digitized by Google

gen aus, wodurch eine wesentliche Verbilligung gegenüber den von Glasbläserhand hergestellten Stromdurchführungen erzielt wird. Das oben beschriebene Konstruktionsprinzip erscheint aber auch für erheblich höhere Stromstärken bis etwa 200 A aussichtsvoll, wofür jedoch z. Z. die Entwicklungsarbeiten noch nicht abgeschlossen sind.

Ein weiterer grundlegender Fortschritt auf dem Gebiete des Glühkathoden-Gleichrichters mit Edelgasfüllung (Argon) wurde ferner durch die Anwendung eines neuartigen Konstruktionsprinzips für die Anodenanordnung in derartigen Röhren erzielt. Bekanntlich besteht die Schwierigkeit, in Ventilröhren mit Edelgasfüllung einen Stromdurchgang in der undurchlässigen Richtung mit Sicherheit zu verhindern, da gerade die Edelgase infolge ihrer leichten Ionisierbarkeit und ihres geringen Spannungsabfalles leicht zur Ausbildung von Lichtbogenentladungen neigen. Aus diesem Grunde war es früher auch bei den Oxydkathoden-Gleichrichtern erforderlich, an das Hauptgefäß einzelne röhrenförmige Ansätze für die Anoden von Glasbläserhand anzuschmelzen. Diese Schwierigkeiten sind durch eine neue vom Verfasser[5] vorgeschlagene Röhrenkonstruktion, bei welcher der Durchschlag zwischen den Anoden elektrisch gedrosselt wird, völlig beseitigt, und man kann daher heute praktisch für jede in Frage kommende Ladespannung die Anoden in einem gemeinsamen Glaskolben mit der Kathode zusammen anordnen. Dabei werden nicht nur die Anodenansätze überflüssig, sondern man führt überhaupt sämtliche Elektroden durch eine gemeinsame, maschinell angefertigte Einschmelzung hindurch. In Abb. 2 ist das Prinzip der neuen Anodenanordnung schematisch dargestellt. Der Grundgedanke besteht dabei darin, daß man zwischen den Anoden a_1 und a_2 mittels metallischer Abdeckungen einen lückenlosen, feldlosen Raum schafft, dessen Begrenzungsflächen also das gleiche Potential besitzen. An die metallischen Abdeckungen wird unter Vorschaltung eines hohen Widerstandes w ein elektrisches Potential, beispielsweise das der Kathode k angelegt. Die in der Abbildung eingezeichneten gestrichelten Linien zeigen schematisch den Verlauf des Äquipotentialfeldes, während die von den Anoden ausgehenden ausgezogenen Linien den Verlauf des elektrischen Kraftfeldes zwischen den Anoden andeuten sollen. Wie man erkennt, ist ein Stromübergang zwischen den Anoden an der Begrenzungsfläche des Äquipotentialfeldes entlang nicht möglich, da die Kraftlinien den feldlosen Raum nicht überbrücken können, sondern umgebogen werden. Ein Stromübergang von der einen Anode zur anderen über die metallischen Abdeckungen hinweg kann ebenfalls nicht eintreten, da hierzu ein Doppellichtbogen erforderlich wäre[6]. Außerdem spricht hiergegen die Tatsache, daß zwischen der jeweils positiv geladenen Anode und der Kathode, also auch der mit der Kathode über dem Widerstand w verbundenen Abdeckung nur eine geringe Spannung besteht, welche niemals zur Ausbildung eines Lichtbogens ausreichen kann. Die Wirkung des neuen Konstruktionsprinzips kann wesentlich gesteigert werden, wenn man, wie aus Abb. 3 ersichtlich, den durch die Brücke b miteinander verbundenen Abdeckungen s_1 und s_2 die Form von Hohlkörpern gibt, in deren Innern die Anoden a_1 und a_2 angeordnet werden. Für höhere Gleichspannungen von etwa 200 ... 1000 V wird auf Grund des neuen Konstruktionsprinzips durch Anbringung von Sieben oder Gittern g_1 und g_2 mit Sicherheit die gewünschte Durchschlagfestigkeit erzielt. Wie aus Abb. 3 ersichtlich, sind die Anodenzuführungen durch Abdeckungen r_1 und r_2 elektrisch isoliert. Über die Zuführung z wird das elektrische Potential beispielsweise der Kathode k, den Anodenabdeckungen zugeführt. Sämtliche Zuführungsdrähte sind durch eine gemeinsame Einschmelzung q vakuumdicht eingeführt. Außer der hohen Durchschlagfestigkeit bietet die neue Konstruktion den großen Vorteil, daß der geringe Spannungsabfall von etwa 15 V in der durchlässigen Richtung in keiner Weise erhöht wird und ebenso auch die Zündspannung unverändert niedrig bleibt. Man kann daher derartig konstruierte Gleichrichterröhren, welche z. B. für eine Gleichspannung von 250 V durchschlagfest sind, ohne weiteres auch für viel niedrigere Spannungen, z. B. für eine Gleichspannung von 20 V verwenden. Die Abmessungen der praktisch angewendeten Konstruktionen sind sehr gering, und die Breite der glastechnisch leicht herstellbaren Einschmelzungen beträgt nur etwa 2 ... 3 cm für Stromstärken bis etwa 30 A und Spannungen bis etwa 300 V gleichstromseitig.

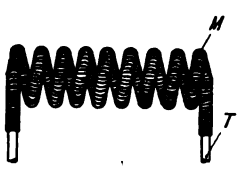


Abb. 1. Glühkathode mit aktiver Bewicklung nach Germershausen.

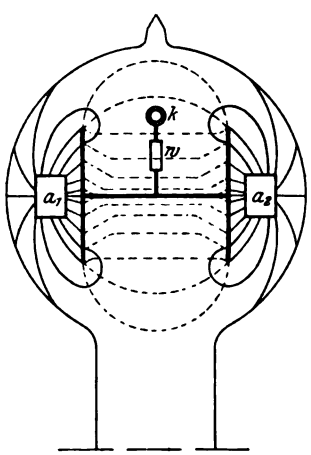


Abb. 2. Feldverlauf zwischen den Anoden bei dem Äquipotentialschutz nach Germershausen.

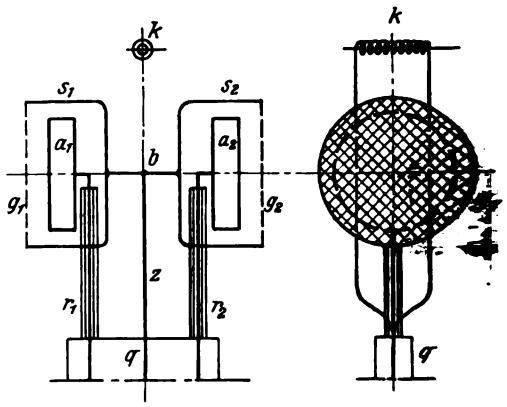


Abb. 3. Anordnung des Äquipotentialschutzes zwischen den Anoden mit Gitterabdeckungen.

Auf Grund der oben beschriebenen konstruktiven Grundlagen werden von der Accumulatorenfabrik-Aktiengesellschaft (AFA) Oxydkathoden-Gleichrichterröhren für die verschiedensten Gleichstromleistungen maschinell hergestellt. Abb. 4 zeigt beispielsweise den konstruktiven Aufbau einer AFA-Gleichrichterröhre für 20 A, 110 V Gleichstromleistung. In der Mitte des Gleichrichterkolbens befindet sich die spiralenförmige Oxydkathode. Innerhalb der metallischen Schutzkörper sind die aus Graphit bestehenden Anoden angeordnet. Die Zuführungen zu der Kathode, zu den Anoden sowie zu den beiden miteinander verbundenen Schutzkörpern sind durch eine gemeinsame Einschmelzung hindurchgeführt. Mittels eines mit Steckerstiften versehenen, aus Isolierstoff bestehenden Sockels werden die Gleichrichterröhren auf Buchsen eines Anschlußbrettes aufgesteckt. In Abb. 5 sind AFA-Oxydkathoden-Gleichrichterröhren für 3, 6, 10, 20 und 30 A für Gleichspannungen von 20 ... 250 V abgebildet. Die äußeren Abmessungen der Gleichrichterröhre ändern sich bei höheren Gleichspannungen nicht, da man, wie oben näher ausgeführt, durch Wahl geeigneter Gitter jede beliebige Gleichspannung erzielen kann, ohne daß man an sich den Entladungsweg zwischen den Elektroden zu verlängern braucht. Sämtliche AFA-Oxydkathoden-Gleichrichterröhren besitzen eine Edelgasfüllung und sind mit der bekannten Magnesium-Verspiegelung versehen.

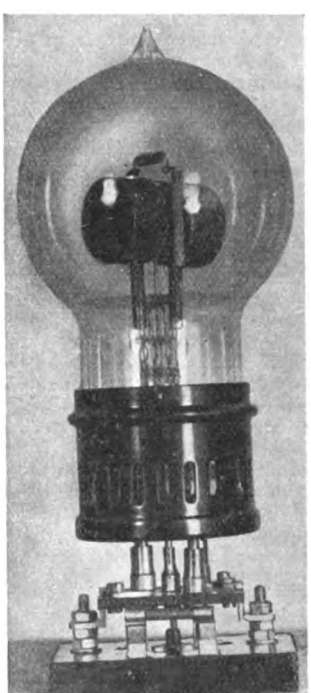


Abb. 4. Oxydkathoden-Gleichrichterröhre maschineller Fertigung für 20 A, 110 V Gleichstromleistung.

[5] W. Germershausen, El. Anz. Bd. 47, S. 691 u. 722.
[6] A. Günthersschulze, Elektrische Gleichrichter und Ventile; Verlag Julius Springer, Berlin 1929.

Digitized by Google

Die Oxydkathoden-Gleichrichter mit Edelgasfüllung besitzen günstige Betriebseigenschaften besonders für die Ladung von kleineren und mittleren Akkumulatorenbatterien ohne jede Überwachung oder Bedienung. Bereits auf zwei Anwendungsgebieten haben sich die Oxydkathoden-Gleichrichter für Ladezwecke besonders bewährt, und zwar für die Dauerladung insbesondere von Batterien in Telephon-, Sicherungs- und Notbeleuchtungsanlagen sowie für die vollselbsttätige Ladung von Akkumulatorenbatterien in Autos, Elektrokarren usw. Gerade bei der Anwendung in selbsttätigen Ladeeinrichtungen zeigen sich die Vorteile der Oxyd-Glühkathodenröhre mit Edelgasfüllung. Unabhängig von äußeren Zufälligkeiten, wie z. B. primärseitigen Stromunterbrechungen, Spannungsschwankungen, Raumtemperatur, führt der Oxydkathoden-Gleichrichter in Verbindung mit dem bekannten Ladeschalter System Pöhler[7] unter Einhaltung einer vorher festgelegten Ladestromkurve ohne jede Bedienung die Ladung der Akkumulatorenbatterie durch und schaltet sich erst dann selbsttätig ab, wenn die Batterie den vorgeschriebenen Ladezustand erreicht hat.

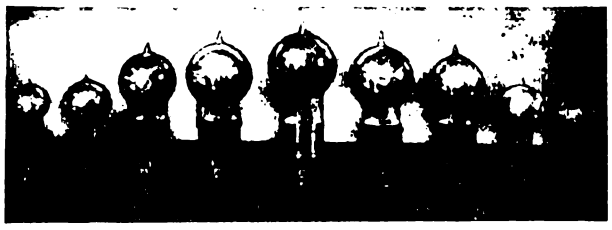


Abb. 5. Oxydkathoden-Gleichrichterröhren maschineller Fertigung für 3 ... 30 A, 20 ... 30 V Gleichstromleistung.

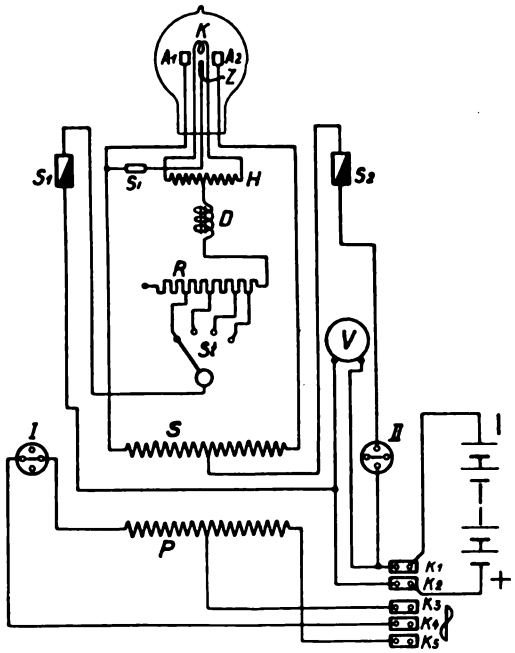


Abb. 6. Stromlauf eines Oxydkathoden-Gleichrichters für Dauerladung mit Stromregler.

II. Der Oxydkathoden-Gleichrichter für Dauerladung.

In neuerer Zeit ist man dazu übergegangen, die Akkumulatorenbatterien von Telephon-, Sicherungs- und Notbeleuchtungsanlagen unter Dauerladung zu halten, um auf diese Weise eine ununterbrochene Betriebsbereitschaft zu gewährleisten. Mittels der Ladeeinrichtung ersetzt man dauernd den der Batterie entnommenen Strom. Für derartige Dauerladeeinrichtungen bevorzugt man im Anschluß an Wechselstromnetze besonders den Oxydkathoden-Gleichrichter mit Edelgasfüllung. Der Oxydkathoden-Gleichrichter arbeitet mit der niedrigsten Kathodentemperatur am wirtschaftlichsten und unabhängig von der Höhe des Ladestromes auch bei beliebig kleinen Stromstärken mit konstanter Betriebspannung. Nach vorübergehenden Unterbrechungen des Wechselstromes erfolgt die Zündung des Oxydkathoden-Gleichrichters selbsttätig. Die Welligkeit des gleichgerichteten Wechselstromes kann bei den Oxydkathoden-Gleichrichtern in einfachster Weise mittels einer einzigen Drosselspule ausgeglättet und auf diese Weise jegliches Störungsgeräusch vermieden werden, was besonders bei der Dauerladung von Telephonbatterien von Wichtigkeit ist. Das Schaltbild einer derartigen Dauerladeeinrichtung mit Oxydkathoden-Gleichrichtern zusammen mit einer Regeleinrichtung des Ladestromes ist in Abb. 6 dargestellt. Der Primärwicklung eines Transformators P wird über den Schalter I über die Anschlußklemmen K_3, K_4 bzw. K_5 der Wechselstrom zugeführt. An den Außenpunkten der Sekundärwicklung S liegen die Anoden A_1, A_2 der Oxydkathoden-Gleichrichterröhre, deren Kathode K mittels der Heizwicklung H beheizt wird. Der gleichgerichtete Wechselstrom wird durch die Drosselspule D geglättet und über einen Stufenwiderstand R, einen Stufenschalter St sowie die Sicherungen S_1 und S_2 und über den Ausschalter II der an die Klemmen K_1 und K_2 angeschlossenen Batterie zugeführt. Das Voltmeter V, welches direkt an den Klemmen der Batterie liegt, ist mit unterdrücktem Nullpunkt ausgeführt und besitzt eine auf Zellenspannung geeichte Skala mit besonderer Markierung der für die Ladungserhaltung wichtigen Spannungsgrenze von 2,1 ... 2,3 V. Der Ladestrom, der nur in längeren Abständen geregelt zu werden braucht, wird so eingestellt, daß der Zeiger des Voltmeters diesen Spannungsbereich nicht verläßt. Die äußere Ansicht einer derartigen Ladestation für Dauerladung, insbesondere für Telephonbatterien, zeigt Abb. 7. Nach etwa zweijährigem

Abb. 7. Oxydkathoden-Gleichrichter für Dauerladung mit Stromregler.

Betrieb mit mehreren hundert derartiger Anlagen ist mit der Oxydkathoden-Gleichrichterröhre eine mittlere Brenndauer von etwa 10 000 h erreicht worden. Gleichzeitig hat sich ergeben, daß die mit derartigen Dauerladeeinrichtungen versehenen Akkumulatorenbatterien in völlig einwandfreiem Zustande geblieben sind. Jegliche Schädigungen durch Unter- oder Überladungen blieben vermieden. Die Mehrzahl dieser Dauerladeeinrichtungen arbeitet mit einer Stromstärke von etwa 1 A. Es sind jedoch bereits auch derartige Ladeeinrichtungen bis zu 6 A und für 30zellige Batterien praktisch erprobt. Für die Anzeige von Stromunterbrechungen kann eine Alarmvorrichtung bekannter Konstruktion, z. B. mit einem Wecker, leicht angebracht werden.

III. Vollselbsttätige Ladeeinrichtungen mit Oxydkathoden-Gleichrichtern.

Bei den selbsttätigen Ladegleichrichtern mit Oxydkathoden für hohe Gleichstromleistungen bevorzugt man besonders die verlustlose Regelung mittels Drosselspulen, wobei man gleichzeitig durch entsprechende Bemessung dieser Drosselspulen und entsprechende Wahl der Transformatorspannung jede beliebige für die verschiedenen Batterietypen vorgeschriebene Ladestromkurve genau einhalten kann[8]. Derartige Gleichrichter übernehmen also nicht nur die Ladung, sondern auch die Pflege der ihnen anvertrauten Batterien. Dabei erfolgt die Ladung einer

[7] Vgl. ETZ 1926, S. 929.

[8] W. Germershausen, Elektrizitätswirtsch. Bd. 25, S. 399 (1926).

Digitized by Google

oder mehrerer Batterien nach vorgeschriebener Stromkurve ohne jede Bedienung oder Überwachung. Die Oxydkathoden-Gleichrichter mit selbsttätiger Regelung werden sowohl in einphasigem als auch dreiphasigem Anschluß an

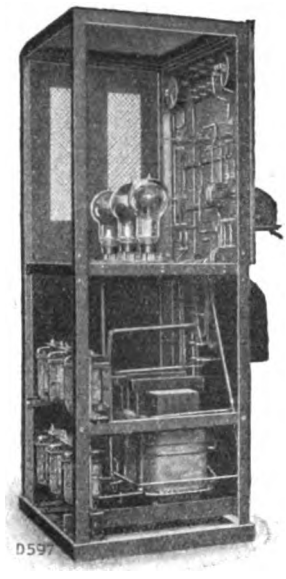


Abb. 8. Seitenansicht, geöffnet.

Abb. 9. Vorderansicht.

Vollselbsttätige Ladeeinrichtung mit Oxydkathoden-Gleichrichter für 60 A, 110 V Gleichstromleistung.

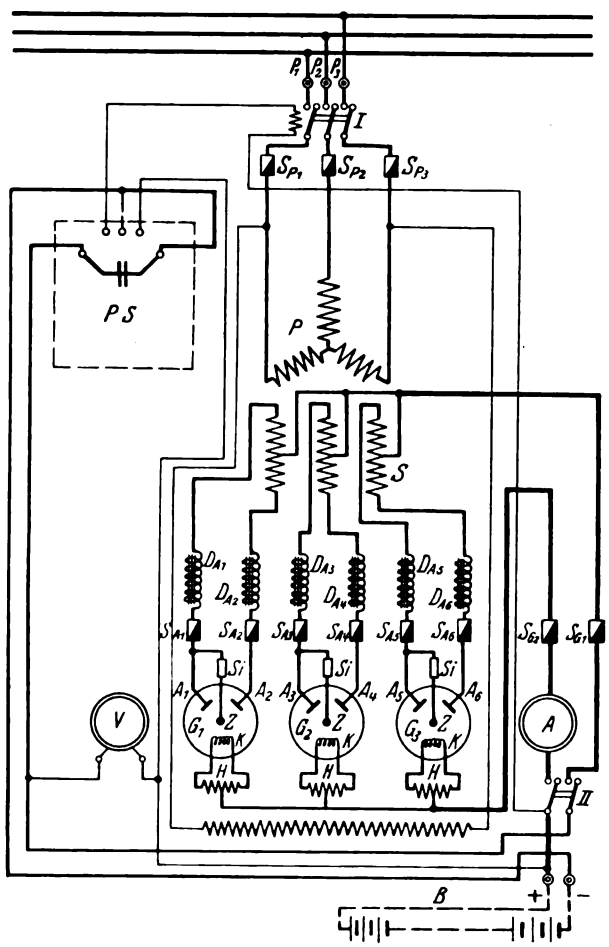


Abb. 10. Stromlauf einer vollselbsttätigen Ladeeinrichtung mit Oxydkathoden-Gleichrichtern.

Wechselstrom bzw. Drehstrom angewendet. Bei Einphasenanschluß ist die Schaltung recht einfach. Die Regelung erfolgt ausschließlich mittels einer im Drehstromkreis vorgesehenen Drosselspule. Für eine selbsttätige Abschaltung nach Beendigung der Ladung kann durch Verwendung des Ladeschalters System Pöhler Sorge getragen werden.

Einen sehr erheblichen Fortschritt in bezug auf Wirtschaftlichkeit und Betriebsicherheit hat man bei Oxydkathoden-Gleichrichtern durch die sog. Dreiröhrenschaltung[9] in drei- oder sechsphasigem Stern unter Beibehaltung der oben beschriebenen maschinell hergestellten Oxydkathodenröhren erzielt. Auf diese Weise ist man ohne jegliche Glasbläserarbeit zu Gleichstromleistungen je Gleichrichter von z. Z. etwa 100 A, 250 V gelangt. Die Vorder- und Seitenansicht eines Oxydkathoden-Gleichrichters für die selbsttätige Ladung von 40zelligen Batterien mit einem Ladestrom von 60 A ist aus den Abb. 8 und 9 zu ersehen. Auf der Schalttafel befinden sich der Pöhlerschalter, Meßinstrumente, Sicherungen, Drehstrom- und Gleichstrom-

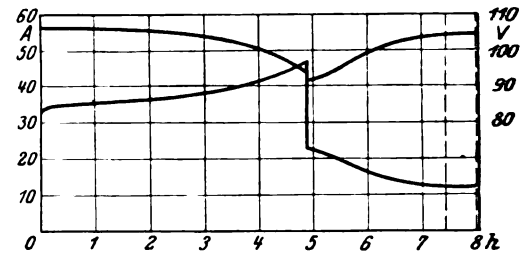


Abb. 11. Ladestrom- und Batteriespannungskurve bei verkürzter Ladezeit.

schalter sowie im vorliegenden Falle ein Nullspannungs-Umschalter, um nach Erreichen der Gasspannung von 2,4 V je Zelle den vorher annähernd konstant gehaltenen Ladestrom auf den vorgeschriebenen niedrigeren Wert durch Zuschaltung von Drosselspulen oder durch Abschaltung einer Gleichrichterröhre herabregeln zu können. Wie die Seitenansicht zeigt, befinden sich im Innern des Gleichrichtergestelles außer dem Transformator und den Drosselspulen drei Oxydkathoden-Gleichrichterröhren, welche, wie oben bereits beschrieben, in einfachster Weise mit Steckersockeln auf die Anschlußbretter aufgesteckt sind.

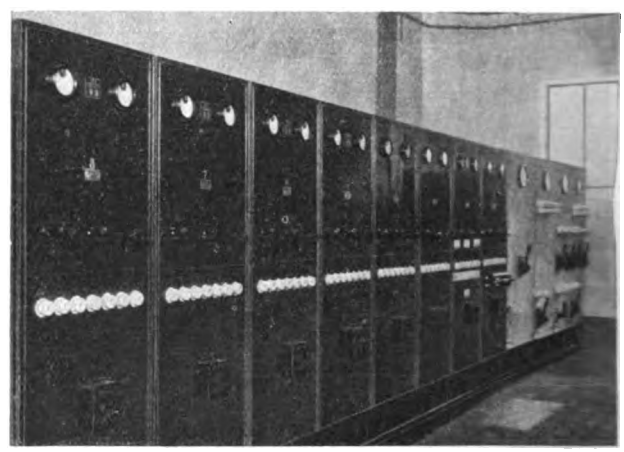


Abb. 12. Vollselbsttätige Ladestation mit 8 Oxydkathoden-Gleichrichtern für insgesamt 480 A, 110 V Gleichstromleistung für Postwagenbatterien.

Durch die Dreiröhrenschaltung gewinnt man in bezug auf die Betriebsicherheit den großen Vorteil, daß bei Ausfall einer Röhre die anderen beiden weiterarbeiten. Demgegenüber sind größere Gleichrichterkolben mit mehreren Einschmelzungen eher gefährdet als die hier beschriebenen Oxydkathoden-Gleichrichterröhren mit je nur einer einzigen Glasdurchführung. Durch die Energieverteilung auf drei Röhren entfällt auf die einzelne Röhre eine verhältnismäßig kleine Leistung, die eine einfache Konstruktion ermöglicht, was wiederum ausschlaggebend für Transportsicherheit, Lagerfähigkeit und geringen Anschaffungswert ist.

Der für die Dreiröhrenschaltung grundsätzliche Stromlauf ist aus Abb. 10 zu ersehen. Über drei Anschlußklemmen P_1, P_2, P_3, den Nullspannungschalter I und drei Primärsicherungen S_{P_1}, S_{P_2}, S_{P_3} wird der Drehstrom der Primärwicklung P des Drehstromtransformators zugeführt. Die Sekundärwicklung S ist in Sternschaltung ausgeführt.

[9] W. Germershausen, Helios Bd. 33, S. 316 (1927).

Digitized by Google

deren Außenpunkte über die Anodendrosselspulen $D_{A_1} \dots D_{A_6}$ und die Anodensicherungen $S_{A_1} \dots S_{A_6}$ mit den Anoden A_1 bis A_6 der drei Gleichrichterröhren $G_1 \dots G_3$ verbunden sind. Die Zündanoden Z der Gleichrichterröhren liegen unter Vorschaltung der hochohmigen Silitwiderstände Si ebenfalls an je einer dieser Zuführungen. Die Beheizung der Glühkathoden K erfolgt durch die Heizwicklungen H. Die negative Polarität des gleichgerichteten Drehstromes wird von dem Sternpunkt

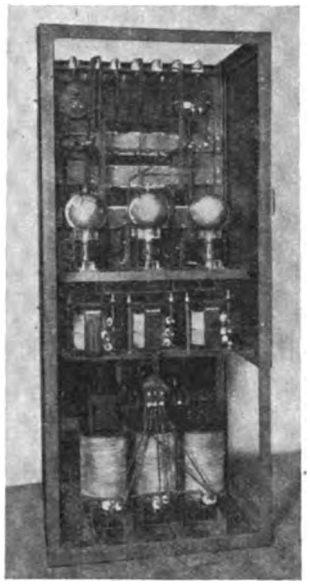


Abb. 13. Rückansicht, geöffnet.

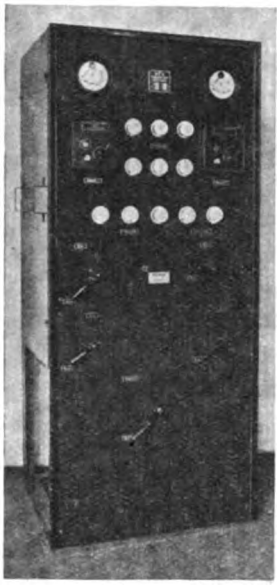


Abb. 14. Vorderansicht.

Vollselbsttätige Ladeeinrichtung mit Oxydkathoden-Gleichrichter für 60 A, 110 V Gleichstromleistung zur Ladung von 2 Batterien nacheinander mit verkürzter Ladezeit.

der Sekundärwicklung S abgenommen und über die Gleichstromsicherung S_{G_1}, den Gleichstromschalter II und den Pöhlerschalter PS dem negativen Pol der Batterie B zugeführt. Die positive Polarität des gleichgerichteten Drehstromes fließt von den Heizwicklungen H über die Gleichstromsicherung S_{G_2}, das Amperemeter A und den Gleichstromschalter II dem positiven Pol der Batterie B direkt zu. An Nebenkontakten des Pöhlerschalters liegt die Spannungspule des primären Nullspannungschalters I, so daß nach Unterbrechung des Ladestromes durch den Pöhlerschalter auch der Gleichrichter drehstromseitig vom Netz abgeschaltet wird. Die Spannung der unter Ladung befindlichen Batterie wird mittels des Voltmeters V kontrolliert. Ein besonderer Vorteil dieser selbsttätigen Ladeeinrichtungen mit Gleichrichterkolben nach dem AFA-System besteht darin, daß auch nach zeitweisem Aussetzen des Drehstromes der Gleichrichter selbsttätig wieder zündet und die Ladung ordnungsgemäß fortgesetzt wird, ohne daß man hierbei irgendwelche Zusatzapparate für die Zündung benötigt.

Zur Pflege und Schonung der zur Ladung kommenden Batterien rüstet man die oben beschriebenen vollselbsttätigen Ladeeinrichtungen mit einem zusätzlichen Nullspannungs-Umschalter aus, mittels dessen durch Zuschaltung von Drosselspulen oder durch Abschaltung einzelner Gleichrichterröhren in dem Augenblick, in welchem die Batterie die Gasspannung erreicht hat, der Ladestrom selbsttätig auf kleinere Werte umgeschaltet wird. Auf diese Weise besteht die Möglichkeit, bis zur Gasentwicklung mit annähernd konstantem höchstem Ladestrom zu arbeiten und so die Ladezeit erheblich abzukürzen. Es ergibt sich dann der in der Abb. 11 dargestellte Verlauf der Ladestromkurve. Die Betätigung des Nullspannungs-Umschalters erfolgt mittels des Pöhlerschalters. Der Pöhlerschalter arbeitet bekanntlich mit einem Uhrwerk, welches durch ein Relais bei 2,4 V je Zelle ausgelöst wird. Wie auch die Abb. 10 zeigt, werden nach Ablauf des Uhrwerks die Haupt- und Nebenkontakte mechanisch ausgeschaltet. In dem Augenblick, in welchem das Uhrwerk ausgelöst wird, erfolgt die Betätigung des Nullspannungs-Umschalters. Auf Grund der günstigen Betriebseigenschaften der Oxydkathoden-Gleichrichterröhre wird die in der Abb. 11 gezeigte zusammengesetzte Ladestromkurve auch dann eingehalten, wenn mit Drehstromunterbrechungen gerechnet werden muß. Während der Unterbrechung des Drehstromes werden die Nullspannungschalter durch die Batteriespannung selbst festgehalten. Sobald der Drehstrom wiederkehrt, erfolgt die Zündung der Gleichrichterröhren selbsttätig, und sofern die Uhr des Pöhlerschalters nicht schon ausgelöst war, setzt die Ladung an demselben Punkt der Stromkurve wieder ein, an welchem sie unterbrochen wurde.

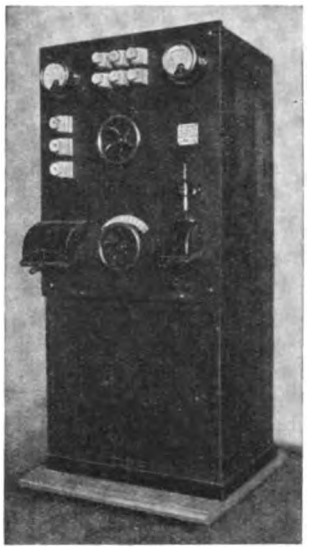


Abb. 16. Oxydkathoden-Gleichrichter für 60 A, 20 ... 250 V Gleichstromleistung mit 30 Spannungsstufen.

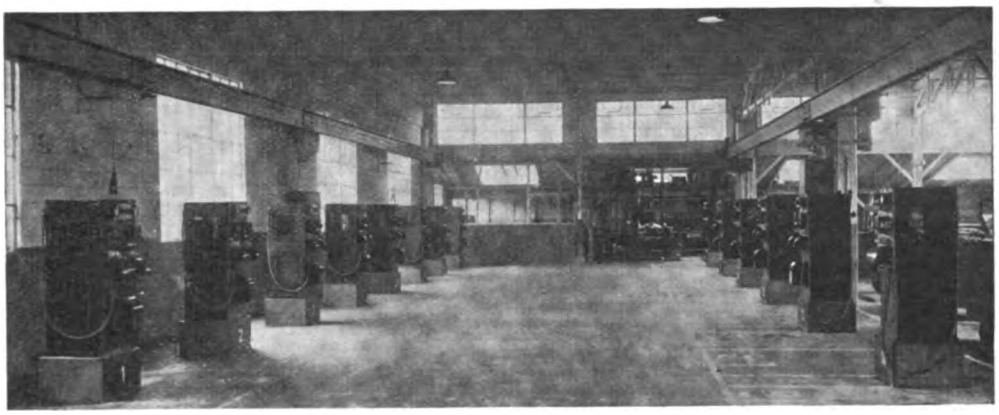


Abb. 15. Vollselbsttätige Ladestation mit Oxydkathoden-Gleichrichtern zur Ladung von 28 Elektrokarrenbatterien mit verkürzter Ladezeit.

Abb. 12 zeigt eine größere bei der Reichspostbehörde aufgestellte Ladestation für insgesamt 480 A mit Oxydkathoden-Gleichrichterröhren. In dieser Ladestation werden Postwagenbatterien in verkürzter Ladezeit mit der in Abb. 11 gezeigten Ladestromkurve über Nacht aufgeladen.

Die Ladeeinrichtungen mit Oxydkathoden-Gleichrichtern bieten ferner den Vorteil, daß man in einfachster Weise die wirtschaftliche Ausnutzung einer solchen Anlage durch Verwendung von 2 Pöhlerschaltern in Verbindung mit einem Nullspannungs-Umschalter ganz erheblich steigern kann, indem man auf diese Weise mit je einem Gleichrichter vollselbsttätig nacheinander zwei Batterien zur Ladung bringt. Mittels des Pöhlerschalters der ersten Batterie wird nach Beendigung der Ladung der Nullspannungs-Umschalter selbsttätig auf die zweite Batterie umgelegt. Ist auch die zweite Batterie voll aufgeladen, so wird mittels des zweiten Pöhlerschalters der Gleichrichter selbsttätig vom Drehstromnetz abgeschaltet. Auch für den Fall, daß mit Wechselstrom- oder Drehstromunterbrechung gerechnet werden muß, erfolgt die selbsttätige Aufladung von zwei Batterien mit dem Oxydkathoden-Gleichrichter ohne jede Störung, da wiederum bei Ausbleiben des Dreh-

Digitized by Google

stromes die Nullspannungschalter durch die Batteriespannung selbst festgehalten werden.

Die Automatik der Ladeeinrichtungen mit Oxydkathoden-Gleichrichtern ist noch weiterhin durchgebildet worden, und zwar derartig, daß mittels je eines Gleichrichtersatzes selbsttätig zwei Batterien mit verkürzter Ladezeit, d. h. mit einer Ladestromkurve gemäß Abb. 11, nacheinander aufgeladen werden können. Abb. 13 und 14 zeigen einen derartigen Oxydkathoden-Gleichrichter. Mit diesem Gleichrichter werden zwei Batterien nacheinander selbsttätig mit einer während der Ladung auf kleinere Werte umgeschalteten Ladestromstärke geladen. Man erkennt auf der Schalttafel die beiden Pöhlerschalter, den Drehstrom-Nullspannungschalter und den Gleichstromschalter. Außerdem sind links und rechts Nullspannungs-Ausschalter sowie unten ein Nullspannungs-Umschalter angeordnet. Mittels der Nullspannungs-Ausschalter wird bei der Gasspannung der Batterien jeweils eine Gleichrichterröhre außer Betrieb gesetzt. Nach Beendigung der Ladung der ersten Batterie wird mittels des Nullspannungs-Umschalters die Ladung auf die zweite Batterie gelegt und gleichzeitig die abgeschalteten Gleichrichterröhren wieder zugeschaltet. Bei Gasentwicklung der zweiten Batterie wird die eine Röhre mittels des zweiten Nullspannungs-Ausschalters wieder ausgeschaltet und nach Beendigung der Ladung der zweiten Batterie der Gleichrichtersatz mittels des primären Nullspannungs-Ausschalters vom Drehstromnetz abgetrennt. In der in Abb. 15 gezeigten Anlage werden mit 14 derartigen Gleichrichtern 28 Elektrokarrenbatterien über Nacht aufgeladen. Auch in dieser Anlage wird bei zeitweiligen Unterbrechungen des Drehstromes der Ablauf der Ladung in keiner Weise gestört.

Die günstigen Betriebseigenschaften der Oxydkathoden-Gleichrichter gestatten fernerhin eine Spannungsregelung auf der Gleichstromseite in weitesten Grenzen. Abb. 16 zeigt beispielsweise einen Oxydkathoden-Gleichrichter für 60 A für die Ladung von D-Zug-Wagenbatterien. In einer derartigen Anlage, welche mit zwei Gleichrichtern ausgerüstet ist, können 12 ... 80zellige Batterien zur Ladung gebracht werden, und zwar bei einer Spannungsregelung in 30 Stufen von 35 ... 250 V. Die Stufenregelung erfolgt mittels zweier Handräder in drei Haupt- und 10 Unterstufen. Es ist besonders darauf hinzuweisen, daß in dieser Anlage bei dem großen Regelbereich Gleichrichterröhren derselben Type verwendet werden, ohne daß bei der niedrigen Spannung Zündschwierigkeiten oder bei den hohen Spannungstufen Rückzündungen jemals aufgetreten sind.

Für die zentrale Stromversorgung größerer Ladestationen können Oxydkathoden-Gleichrichter mit Stufenregelung ohne weiteres parallel oder in Serie geschaltet werden. In der in Abb. 17 gezeigten Anlage sind beispielsweise zwei Oxydkathoden-Gleichrichter von je 100 A in Serie geschaltet und arbeiten auf ein Dreileiter-Gleichstromnetz von 220 V.

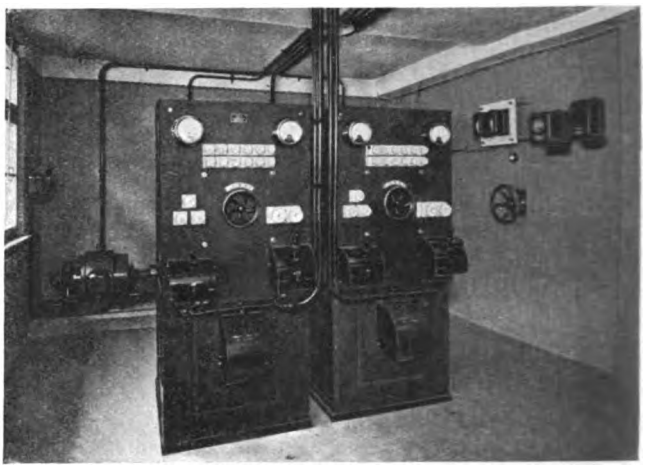


Abb. 17. Ladestation mit 2 Oxydkathoden-Gleichrichtern für 100 A, 220 V Gleichstromleistung mit Stufenregelung.

Bei allen Anwendungsarten des AFA-Oxydkathoden-Gleichrichters wirken sich die günstigen Betriebseigenschaften dieses Gleichrichtersystems aus. Unabhängig von der äußeren Raumtemperatur zeigen die Oxydkathoden-Gleichrichterröhren selbst in völlig ungeheizten Räumen keinerlei Zündschwierigkeit. Die Zündung erfolgt durch einfache Schalterbetätigung mit der normalen Betriebsspannung ohne jegliche Relais oder mechanisch wirkende Hilfsmittel. Bei den höchsten Stromstärken erübrigt sich jegliche Ventilation, ohne daß sich der Spannungsabfall der Oxydkathoden-Gleichrichterröhren ändert. Der Wirkungsgrad ist der höchste, der überhaupt mit Gleichrichtern erzielt werden kann. Auch bei beliebig kleinen Stromstärken sind Hilfsvorrichtungen für die Aufrechterhaltung des Lichtbogens nicht erforderlich. Es ist daher wohl zu erwarten, daß der Oxyd-Glühkathoden-Gleichrichter insbesondere auf dem Gebiete der Ladetechnik noch eine erhebliche Bedeutung erlangen wird.

Die 55/110 kV-Übertragungsleitung über den Paß Lueg.

Von Dr.-Ing. **Karl Riedlinger**, Wien.

Übersicht. **Es werden die Ausbildung und Herstellung des letzten, schwierigen Leitungstückes der Übertragungsleitung der Österreichischen Bundesbahnen, welche der Stromversorgung der elektrisch betriebenen Strecke von der Schweizer Grenze bis Salzburg dient, geschildert. Die beschriebene Teilstrecke führt über den letzten Gebirgsriegel im Paß Lueg und konnte nur durch Einschaltung einiger Weitspannfelder bei Überwindung größerer Höhenunterschiede ausgeführt werden.**

Die Versorgung der von Bregenz bis Salzburg nunmehr elektrisch betriebenen Bahnlinie mit der nötigen Energie erfordert die Führung der die einzelnen Unterwerke verbindenden Speiseleitungen durch die vorwiegend gebirgigen Bundesländer Vorarlberg, Tirol und Salzburg. Obwohl für die Trassenführung der Übertragungsleitungen hauptsächlich die Gebirgstäler, wie das des Inn oder das der Salzach, auf lange Strecken benutzt wurden, war es bei der Terrainbeschaffenheit der durchfahrenen Länder keineswegs zu vermeiden, daß auch Gebirgszüge überkreuzt werden mußten, wofür man selbstverständlich deren niedrigste Punkte, die Pässe, benutzte. So überquert, wie aus einer bereits früher veröffentlichten Übersichtskarte[1] entnommen werden kann, die Bahnübertragungsleitung den Gebirgstock, der die Grenze zwischen Tirol und Vorarlberg bildet, im Arlbergpaß in einer Höhe von über 2000 m. Der Übertritt der Leitung von Tirol in das Land Salzburg vollzieht sich über den Paß Thurn in einer Höhe von rd. 1300 m. Den letzten Gebirgstock überwindet die Leitung im Paß Lueg durch die Führung über den rd. 900 m hohen Offenauer Berg. Wie bei den vorerwähnten Paßüberquerungen wurde auch bei der letzten die Leitungsausbildung sehr sorgfältig vorgenommen und soll im nachstehenden näher beschrieben werden.

Die Einphasen-Übertragungsleitung führt vom vorletzten Unterwerk Schwarzach-St. Veit über St. Johann im Pongau und Bischofshofen immer im Tal der Salzach entlang, übersetzt wegen der Talenge bei der Burg Hohenwerfen den Setzenberg, geht dann wieder im Salzachtal weiter, bis das Tal oberhalb der Station Sulzau so eng wird, daß nur mehr der Fluß, die Bahn und die Straße darin Platz haben, während zu beiden Seiten die Felswände ziemlich steil emporsteigen.

Wie der Lageplan Abb. 1 zeigt, mußte nun die Leitung aus der Enge heraus über den Offenauer Berg zum letzten Unterwerk Golling geführt werden, da ein völliges Ausfahren des Salzachtals durch die Leitung bis dorthin unmöglich war. Die Salzach durchbricht dort das Gebirge in vielfach gewundenen teils unterirdischen Schluchten, welche in ihrer Gesamtheit „Salzachöfen" genannt werden. Die Bahn selbst untertunnelt den Offenauer-Berg und die Straße führt hoch über das Salzachtal hinauf über die Höhe des Passes Lueg.

Als erste Lösung der Weiterführung der Trasse vom Taleingang bis zum Unterwerk Golling drängt sich unwillkürlich die Kabelführung auf, d. h. die Freileitung so weit im Tal entlang der Bahn zu führen, als dies die Talbreite zuläßt, sodann ein Kabelstück durch den Bahntunnel unter dem Offenauer Berg zu verlegen und vom Tunnelausgang die Leitung wieder als Freileitung bis zum Unterwerk Golling auszuführen. Diese Lösung wurde

[1] H. Luithlen, ETZ 1927, S. 1213.

Digitized by Google

jedoch, wie später genau ausgeführt werden wird, für den weiteren Ausbau der Übertragungsleitungen bei Elektrisierung über Salzburg hinaus gegen Wien offen gelassen. Eine andere Lösung war die Führung der Leitung das Tal entlang, soweit dies die Talbreite gestattete, und dann der in einem Weitspannfeld zu bewältigende Übergang auf die Südhöhe des Offenauer Berges und von dort über den Nordhang dieses Berges weiter zum Unterwerk Golling. Diese Trassenführung wurde denn auch der Ausführung zugrunde gelegt, da die dritte, vom Verfasser vorgeschlagene Lösung wegen zu großer Erschwernisse einer geregelten Betriebsführung fallen gelassen werden mußte. Beim letzteren Vorschlag wäre die Leitung von einem der letzten Stützpunkte beim Taleingang in einem Weitspannfeld auf einen mäßig geneigten Vorsprung des dem Offenauer Berg gegenüberliegenden Berges, des Kastenberges, und von dort abermals in einer größeren Spannweite zur Südhöhe des Offenauer Berges geführt worden. Um die praktische Durchführbarkeit dieser Trassenführung überhaupt genau studieren zu können, wurden, da Geländeaufnahmen mittels Nivellierinstruments wegen der Steilheit und Gefährlichkeit des Terrains nicht gemacht werden konnten, photogrammetrische Aufnahmen durch die Stereographik G. m. b. H., Wien, gemacht. Es wurde dadurch ein genauer Lageplan mit Schichtenlinien

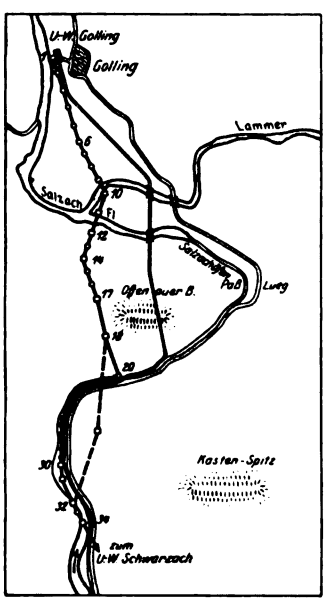


Abb. 1. Lageplan.

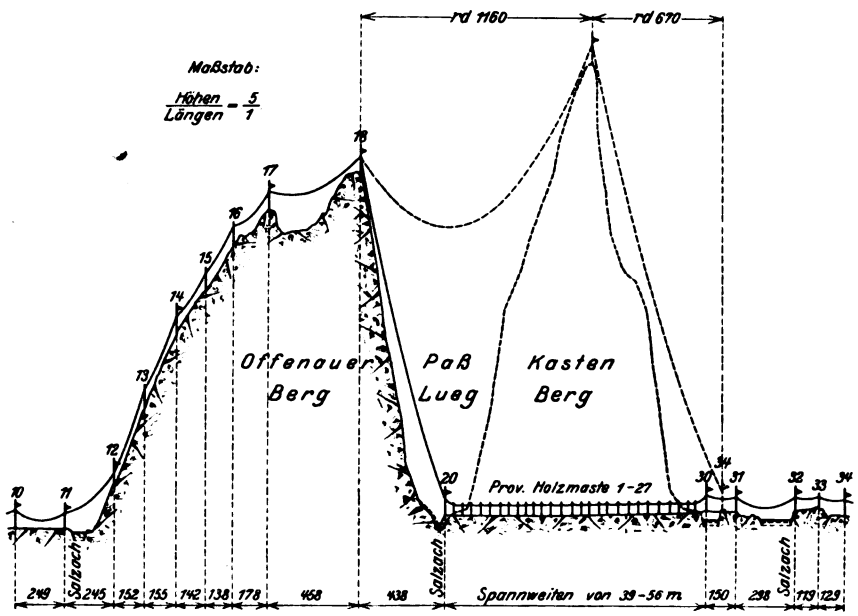


Abb. 2. Längenprofil.

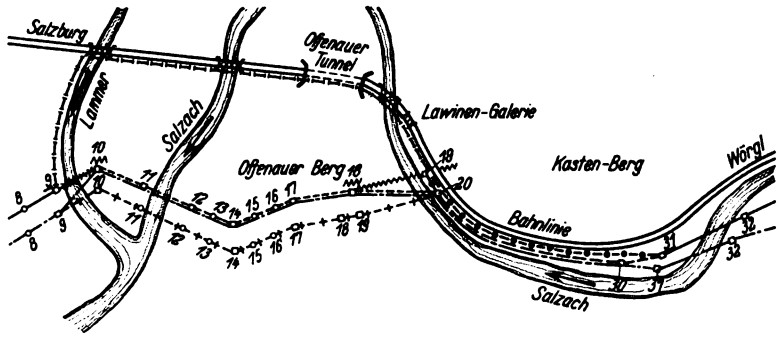
von 2 zu 2 m erhalten, woraus die Profile der in Betracht kommenden Trassen gewonnen wurden. Es hätten sich bei dieser Ausführungsvariante horizontal gemessene Mastentfernungen von rd. 670 m für das Feld vom Taleingang auf den Kastenberg und von rd. 1160 m für das Feld vom Kastenberg auf den Offenauer Berg ergeben, welche mit Bronzeseilen von 120 mm² Querschnitt bei Einhaltung der diesbezüglichen Bestimmungen der Freileitungsvorschriften EVW 18 (d. h. fünffache Eisüberlast bei Bruchfestigkeit gegenüber der für die Weitspannfelder später angegebenen erhöhten Eislast im Normalfall) ohne weiteres hätten ausgeführt werden können. In dem Lageplan Abb. 1 ist diese Trassenführung strichliert eingetragen. Das Längenprofil des hier bezeichneten Leitungsstückes zeigt Abb. 2; darin ist die Variante über den Kastenberg ebenfalls strichliert eingezeichnet. Diese Trassenführung hätte sicherlich viele Vorteile gegenüber der zweiten Lösung gehabt, bei welcher der letzte Teil des Tales wegen des engen Querschnittes und der Krümmung des Tales mit vielen Stützpunkten ausgefahren werden mußte. Leider war der Stützpunkt auf dem Kastenberg sehr exponiert und selbst im Sommer nur über einige zwischen den steil abfallenden Felswänden führende Jägersteige ziemlich mühsam zu erreichen. Eine Zugänglichkeit auf diesen Pfaden im Winter muß fast als ausgeschlossen bezeichnet werden, so daß hierfür andere ziemlich kostspielige Hilfsmittel hätten geschaffen werden müssen, wie etwa ein eigener stark versicherter Weg, oder ein jederzeit benutzbarer möglichst einfacher Aufzug, welch beide aber immerhin wegen der starken, fast jährlich abgehenden Lawinen noch immer keine volle Sicherheit für die Erreichbarkeit dieses Stützpunktes unter allen Umständen geboten hätten.

Die Elektrisierungsdirektion der Österreichischen Bundesbahnen prüfte alle vorgeschlagenen Trassenführungen äußerst sorgfältig und entschloß sich erst auf Grund einer an Ort und Stelle durchgeführten Trassenbesichtigung, die zweite Lösung zur Ausführung zu bringen und von der dritten, welche natürlich die technisch idealere gewesen wäre, abzusehen. Dieser Trassenbesichtigung wohnten auch alle übrigen an dieser Frage interessierten Stellen bei, in erster Linie die Vertreter der K.E.L. (Kraft- und Elektrostreckenleitung), welche den elektrischen Betrieb auf den elektrisierten Linien führt. Ausschlaggebend für die Ablehnung der dritten Lösung war bei Anerkennung aller ihrer Vorzüge die in erster Linie bei der elektrischen Zugförderung maßgebende größtmögliche Sicherheit der Betriebsführung, nachdem bei der Lawinengefährlichkeit der Hänge des Kastenberges trotz aller Vorkehrungen der Fall hätte eintreten können, daß die Zugänglichkeit des Maststandpunktes auf diesem Berge bei Leitungsbruch nicht gewährleistet worden wäre, was längere Betriebsunterbrechungen zur Folge hätte haben können.

Nachdem nun die prinzipielle Lösung der Trassenführung festgelegt worden war, konnte die Leitungsausführung selbst bestimmt werden, wobei ein weiterer Umstand von maßgebendem Einfluß zu berücksichtigen war. Für die später vorgesehene weitere Elektrisierung über Salzburg hinaus ist an die Verwendung einer Übertragungspannung von 110 kV gedacht und die mit dieser Spannung betriebene Übertragungsleitung soll im Unterwerk Schwarzach-St. Veit ihren Anfang nehmen, um die dort zusammenkommenden Energien des Stubach- und des Mallnitzwerkes mit jener der Kraftwerke, welche die Energie für die über Salzburg hinaus zu elektrisierende Strecke liefern werden, vereinigen zu können. Es wurde daher bereits bei der politischen Begehung der 55 kV-Übertragungsleitung zwischen den Unterwerken Golling und Schwarzach-St. Veit eine parallel zu dieser laufende 110 kV-Übertragungsleitung mitkommissioniert. Da nun, wie bereits oben erwähnt, die Geländeverhältnisse im Paß Lueg zur Durchführung von Leitungen im allgemeinen äußerst ungünstig sind, mußte bereits bei Auslegung der 55 kV-Trasse auf den Umstand, später dort auch noch die erwähnte 110 kV-Leitung durchzubringen, besondere Rücksicht genommen werden. Auf der ganzen Leitungstrecke zwischen Schwarzach-St. Veit und Golling konnten zwei parallel laufende Trassen gefunden werden, mit Ausnahme des Stückes zwischen den Masten Nr. 20 und 30 (Baunumerierung) am Paß Lueg. Würde man dennoch auch dort später beide Leitungen als Freileitungen ausführen, so müßten die 4 Leiter übereinander gegen die Salzach zu aufgehängt werden, was sehr hohe Maste mit schwierigen Fundierungen zwischen Salzach und Bahn zur Folge haben würde. Diese Masten hätten bereits jetzt in dieser kostspieligen Form für 4 Leiter ausgeführt werden müssen. Da aber bezüglich der weiteren Elektri-

Digitized by Google

sierung über Salzburg hinaus beim Bau der 55 kV-Übertragungsleitung noch keine Entscheidung vorlag, wurde an dieser Stelle einstweilen ein Provisorium geschaffen, um dadurch den späteren Entscheidungen nicht vorgreifen zu müssen. Die Skizze nach Abb. 3 zeigt die nach diesen



endgültige 55 kV-Freileitung
vorläufige provisorische 55 kV-Freileitung
„ Verbindung der 55 kV-Freileitung
„ 55 kV-Freileitung, geeignet für Umbau auf 110 kV
künftige 110 kV-Freileitung, wenn 55 kV gekabelt von 31 bis 9
55 kV-Kabel von 31 bis 19
55 kV-Kabel von 19 bis 9
künftige 55 kV-Freileitung, wenn Kabel nur bis 19
künftige 110 kV-Freileitung, wenn 55 kV-Freileitung von 19 (18)—10—9 bleibt

Abb. 3. Vorläufige und künftige Leitungsführung.

Grundsätzen gebildete Leitungsführung, bei welcher auf künftige Entschließungen weitestgehend Rücksicht genommen wurde. Es können demnach beim Fortschreiten der Elektrisierung sowohl beide Leitungen als Freileitungen ausgeführt werden, als auch, was wahrscheinlicher ist, die eine davon, u. zw. die 55 kV-Leitung zwischen den Masten Nr. 31 und 9 ganz oder nur teilweise als Kabel verlegt werden. Um aber für den Fall, daß bei der seinerzeitigen Elektrisierung die 55 kV-Übertragungsleitung auf ihrer ganzen Länge von Mast Nr. 31 bis Mast Nr. 9 gekabelt werden sollte, für die schwierige 110 kV-Strecke über den Offenauer Berg von Mast Nr. 20 bis Mast Nr. 10 überhaupt keine Aufwendungen mehr zu haben, wurde diese Strecke, welche derzeit als 55 kV-Leitung benutzt wird, schon jetzt sowohl in den Masten als auch in den Isolatoren bereits für eine Betriebspannung von 110 kV ausgeführt.

Die ganze Strecke von Golling bis Schwarzach-St. Veit wurde mit Betonmasten[2] ausgerüstet, welche sich im Zeitpunkte der Bestellung preislich günstiger stellten als die Eisenmaste. Weiter war für die Wahl dieser Gestängeart die Überlegung maßgebend, daß die Leitung als Endleitung zum Unterwerk Golling möglichst wenigen Abschaltungen ausgesetzt werden darf, was bei Eisenmasten wegen der Anstricherneuerung immerhin in gewissen Zeiträumen der Fall ist. Aus diesem Grunde wurden auch alle für die Befestigung der Leitungen an den Betonmasten verwendeten Armaturen stark verzinkt, so daß Erhaltungsarbeiten an der Leitung nicht erforderlich sind. Nur die Maste in der Strecke zwischen Mast 20 und 30 im Paß Lueg wurden, wie bereits oben des näheren ausgeführt, derzeit nur als Provisorium durchgebildet und sind keine Betonmaste. Auf die Ausbildung dieser Maste wird später noch näher eingegangen werden.

Der letzte Betonmast, welcher in der von Schwarzach-St. Veit kommenden Betonmastreihe am Paßeingang aufgestellt wurde, ist der Mast Nr. 30, welcher zugleich der erste Mast ist, der für 110 kV-Betriebspannung vorgesehen wurde. Allerdings wurde z. Z. dieser eine Mast nur für 55 kV isoliert. Abb. 4 zeigt diesen Mast mit der auf ihn folgenden Reihe der Provisoriumsmaste im Paß. Die auf die provisorischen Maste folgenden Betonmaste von Nr. 20 bis zum Unterwerk Golling sind über den Offenauer Berg bis einschließlich Mast Nr. 10 ebenfalls für 110 kV Betriebsspannung erbaut und schon jetzt auch für diese Betriebsspannung isoliert, während die Maste 9 bis Unterwerk Golling, wie auch die Maste vor Mast Nr. 20 (mit Ausnahme von Mast 30) nur für 55 kV Betriebspannung durchgebildet und isoliert sind. In der gewöhnlichen Leitungstrecke betragen die Spannweiten, für welche die Betonmaste normal konstruiert sind, maximal 210 m, während für große Felder bis 350 m Spannweite speziell durchgebildete Weitspannmaste verwendet wurden. Im Paß und auf dem Offenauer Berg mußten wegen der Geländeschwierigkeiten die Spannweiten natürlich vergrößert bzw. verkleinert werden und betragen beim Provisorium im Paß Lueg maximal rd. 60 m, während sie in den Weitspannfeldern am Offenauer Berg auf rd. 560 m Fußpunktsentfernung ansteigen.

Die Ausführung der Übertragungsleitung zwischen den Masten 20 und 30 wurde entsprechend ihrem provisorischen Charakter mit Holzmasten vorgesehen, welche in der Böschung zwischen Bahndamm und Salzach zur Aufstellung kamen. Da die Bahn in dieser Teilstrecke im Bogen verläuft, mußten auch mit Rücksicht darauf, wie schon vorerwähnt, kleine Spannweiten zur Ausführung kommen. Der provisorischen Ausführung entsprechend wurden auch für diesen Leitungsteil die Berechnungsgrundlagen entsprechend denjenigen der übrigen normalen Leitungstrecke nach den einschlägigen Vorschriften des EVW belassen. Dagegen wurde gemäß den herrschenden ungünstigen klimatischen Verhältnissen im Paß Lueg die spezifische Beanspruchung im Kupferseil auf 8 kg/mm² und im Stahlseil auf 10 kg/mm², also auf die Hälfte der Beanspruchungen in der normalen Strecke herabgesetzt. Verlegt wurden auf dieser Strecke zwei Hartkupferseile von 95 mm² Querschnitt mit normaler 19drähtiger Konstruktion und als Schutzseil auf den an den Mastspitzen montierten eisernen Blitzseilträgern ein verzinktes Stahlseil von 50 mm² Querschnitt, 7drähtige Konstruktion und rd. 70 kg/mm² Festigkeit.

Als Isolatoren wurden in dieser Strecke durchweg Vollkernisolatoren in der bekannten, schon früher beschriebenen Ausführung[3] der Österreichischen Bundesbahnen verwendet und die Maste durchweg mit 3gliedrigen Doppelabspannketten ausgerüstet, da es sich fast nur um Winkelmaste handelt, mit welchen der Bogen ausgefahren

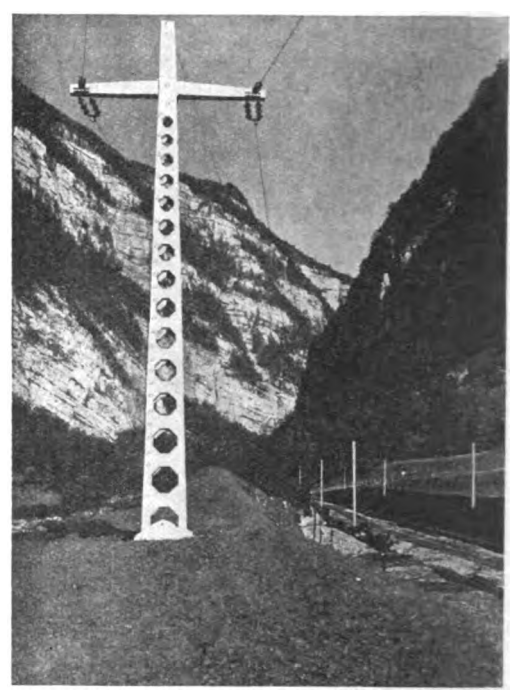


Abb. 4. Eisenbeton-Abspannmast, 100 kV, z. Z. für 55 kV isoliert.

werden mußte. Doppelketten mußten wegen der Näherung an die Bahn verwendet werden, wobei als Grundsatz galt, daß die spannungführenden Teile der Fahrleitung und der Übertragungsleitung mindestens 3 m voneinander entfernt sein mußten. Die bei den Ketten verwendeten Armaturen sind durchweg normale Erzeugnisse der Firma J. W. Hofmann, Kötzschenbroda, u. zw. sind als Hängeklemmen Auslöseklemmen mit Hörnern und als Abspannklemmen Keilabspannklemmen verwendet worden. Die An-

[2] Vgl. ETZ 1927, S. 1079; 1928, S. 998; 1929, S. 120. El. u. Maschinenb. Bd. 47, S. 860 (1929).

[3] ETZ 1927, S. 1213.

Digitized by Google

ordnung der beiden Leiter am Mast konnte wegen der Nähe der Fahrleitung nur einseitig geschehen, u. zw. auf der der Bahn abgewendeten Seite über der Salzach. Da nur Abspannketten auf dem Provisorium zur Verwendung kamen und kleine Spannweiten ausgeführt werden mußten, konnten die gegenseitigen Abstände der eisernen Ausleger ziemlich gering gehalten werden und man kam mit 13 m hohen Masten aus. Ein Stützpunkt mußte 14 m hohe Maste erhalten, da die Sicht auf das vor ihm stehende Bahnsignal nicht verdeckt werden durfte. Da für A-Maste kein Platz war und wegen der ständigen Winkelzüge mußten die Maste als verdübelte und verschraubte Holzmaste ausgeführt werden. Die Holzmaste selbst sind teerölimprägnierte Kiefernmaste heimischer Herkunft mit 18 ... 20 cm Zopfstärke. Damit die Holzmaste in bezug auf ihre Beschaffenheit in dieser gefährlichen Strecke jederzeit untersucht werden können, wurden sie mittels besonderer eiserner Mastfüße auf Betonfundamenten[4] gegründet. Die Berechnung der Fundierung mußte für jeden einzelnen Stützpunkt der provisorischen Strecke durchgeführt werden, da das Querprofil der Böschung, in welcher diese Maste zur Aufstellung gelangten, für jeden Standpunkt verschieden war. Manche Fundamente liegen, wie Abb. 5 zeigt, fast ganz in der Böschung, während andere wieder fast frei stehen.

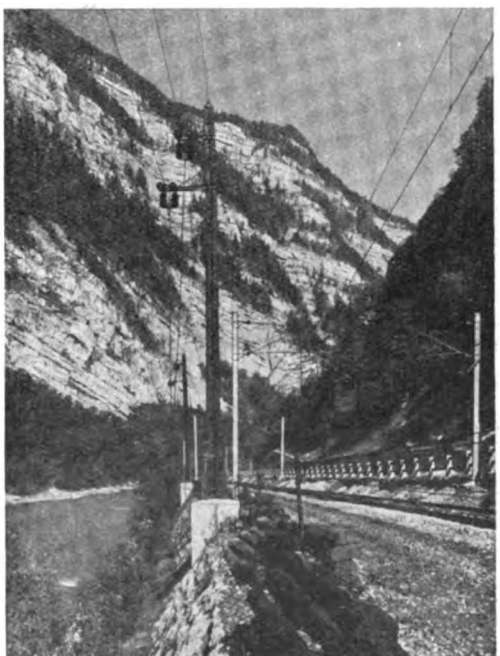


Abb. 5. Provisorischer Holzmast für 55 kV mit Böschungsfundament.

Alle Fundamente wurden durch Einlegen entsprechender Bewehrungseisen als Eisenbetonbalken ausgebildet, jedoch tief gegründet und in die Stützmauer der Böschung eingebunden, da einerseits die Salzach an dieser engen Stelle ziemlich stark erodiert und anderseits bei größerem Hochwasser dieses bis zur Schwellenhöhe der Schienen ansteigt. Diese Fundamente wurden daher auch bei Salzach-Niederwasser im Winter hergestellt. Die Holzmaste wurden mittels eines Zugkranes der Österr. Bundesbahnen aufgestellt. Dies mußte mit der gebührenden Vorsicht vorgenommen werden, da die Fahrleitung zu diesem Zeitpunkt bereits verlegt war. Es sind 27 Holzmaste in dieser Strecke aufgestellt worden, deren eiserne Ausleger und Blitzseilträger an das Spitzenseil und deren eiserne Fußkonstruktion zwecks Erdung an die Schiene angeschlossen sind. Im Anfang, in der Mitte und am Ende des Holzmastprovisoriums ist das Spitzenseil ebenfalls an die Schiene angeschlossen.

Der letzte Stützpunkt in der Paßenge (Nr. 20) steht an der letzten etwas breiteren Stelle des Tales, knapp bevor der Fluß in den „Salzachöfen" und die Bahn im Tunnel verschwindet. Von diesem Punkt geht die Leitung im rechten Winkel hinauf zur Höhe des Südsteilhanges des Offenauer Berges, da sie im Tal nicht mehr weitergeführt werden konnte. Das Spannfeld weist eine horizontale Projektion von 437,9 m und einen vertikalen Stützpunktsunterschied von 339,5 m, also eine in der Luftlinie gemessene Fußpunktentfernung von 555 m auf. An dieses Weitspannfeld über den Südsteilhang des Offenauer Berges schließt sich, wie aus dem Längenprofil Abb. 2 zu ersehen ist, ein weiteres größeres Weitspannfeld von 458,2 m Horizontalprojektion und 39,8 m Stützpunktsunterschied an, da auf dem Felsriegel am Südsteilhang eine tiefe Mulde auf dem Berg selbst folgt, welche durch die Leitung in dem eben erwähnten Spannfeld überquert wird. Die Leitung geht dann weiter den Nordhang des Offenauer Berges hinunter und erreicht auf der zwischen den Flüssen Salzach und Lammer liegenden Halbinsel, auf welcher die Maste 11 und 10 stehen, wieder ebenes Gelände.

Die Berechnungsgrundlagen für die Leitungsführung am Offenauer Berg vom Mast 20 bis Mast 10 wurden im Hinblick auf die dort herrschenden eigenartigen Witterungsverhältnisse auf Grund sehr sorgfältig geführter Untersuchungen und unter Anwendung langjährig gesammelter Beobachtungswerte festgelegt. Der Offenauer Berg ist im Vergleich zu den ihn flankierenden Ausläufern des Hagen- und Tennengebirges ein ziemlich niedriger, aber jedenfalls der letzte Gebirgsriegel, der das von den beiden genannten Gebirgszügen eingerahmte Salzachtal gegen das ebene Gelände zwischen Golling und Salzburg absperrt. Es vollzieht sich daher über ihm der Ausgleich der verschieden erwärmten Luftmassen aus der vorgelagerten Ebene und dem engen Gebirgstal der Salzach. Dies führt dazu, daß in diesem Gebiete meistens Stürme herrschen, welche Stärken annehmen können, wie sie normalerweise in der übrigen Leitungstrecke nicht beobachtet werden. Besondere Beachtung mußte diesem Moment in dem Weitspannfeld über dem Steilhang geschenkt werden, da die Stürme dort die Leitungen frontal treffen. Aus den Windbrüchen an vereinzelt stehenden Bäumen am Bergeshang konnte eine zeitweise auftretende Windstärke von 150 bis 200 kg/m² errechnet werden, je nachdem ob es sich um einen kalten Nordweststurm oder einen warmen Südwind (Föhn) im Frühjahr handelt. Für die Berechnung der Leitung wurde daher eine mittlere Windstärke von 175 kg/m² zugrunde gelegt.

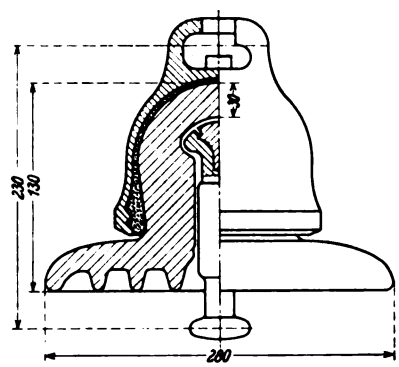


Abb. 6. Hochvoltisolator.

Über die Aneisungsverhältnisse lagen Angaben der Telephon-Inspektoren der Postleitungen im Paß Lueg über Aneisungen an den im Paß früher als Freileitungen geführten Fernmeldeleitungen vor. Die Aneisungen an diesen Leitungen führten viermal katastrophale Zusammenbrüche herbei, am ärgsten im Jahre 1912, bei welchen sämtliche Maste umgelegt wurden, so daß der Verkehr durch längere Zeit durch die auf der Paßstraße liegenden Fernmeldemasten gestört war. Die wichtigsten Fernmeldeleitungen wurden daraufhin verkabelt. Die Eiswalzen erreichten bei den dünnen Telegraphendrähten die Dicke eines Armes (10 ... 12 cm Dmr.) und erstreckten sich geschlossen über die ganzen Spannfelder. Da jedoch erfahrungsgemäß dünne Drähte in kurzen Spannfeldern, welche fast keine Schwingungen ausführen können, sehr stark aneisen, wurde für die gegenüber den Fernmeldedrähten vergleichsweise dicken Seile der Übertragungsleitung und in Betracht der großen Spannfeldlängen bei den beiden Weitspannfeldern und den übrigen Feldern am Offenauer Berg die maximale Eislast derart festgelegt, daß um die Seile ein Eismantel (spezifisches Gewicht 0,8) von 13 mm Dmr. ohne gleichzeitige Windbelastung der Berechnung zugrundegelegt wurde.

Diese Festlegung deckt sich beispielsweise auch mit den einschlägigen Vorschriften der „Technischen Bestimmungen über die Ausführung und den Betrieb fremder elektrischer Starkstromleitungen bei Kreuzungen mit Eisenbahnen und Fernmeldeleitungen", welche eben dieselbe Eislast für Gebiete, in denen erfahrungsgemäß außergewöhnlich starke Aneisungen auftreten, vorschreiben.

Bei Betrachtung der Leitungslinie über den Offenauer Berg fallen zuerst die beiden Weitspannfelder über den Südsteilhang und über die Mulde auf. Für beide mußten als Leiter Bronzeseile gewählt werden, da mit Kupfer-

[4] Vgl. ETZ 1928, S. 578; 1929, S. 1613.

Digitized by Google

seilen die auftretenden Beanspruchungen nicht zu bewältigen waren. Um nicht zu viel an Leitfähigkeit einzubüßen, wurde die Festigkeit der Bronzeseile verhältnismäßig niedrig mit 60 kg/mm² festgelegt. Es wurden normale 19adrige Bronzeseile von 120 mm² Querschnitt verwendet. Entsprechend den z. Z. in Geltung stehenden Freileitungsvor-

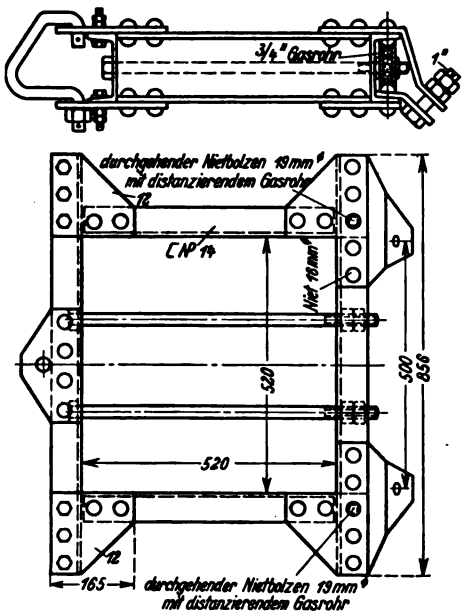


Abb. 7. Abspannrahmen der Eisenbeton-Einzelmaste.

schriften EVW 18 wurde die höchstzulässige Beanspruchung dieser Seile mit 0,45 der Bruchfestigkeit, also mit 27 kg/mm² bei der früher angegebenen maximalen Zusatzlast gewählt. Wird dieser Wert an den höhergelegenen Aufhängepunkten zugelassen, so ergeben sich die größten Durchhänge bei — 5 ° plus Zusatzlast im Steilfeld zu 27,20 m und in der

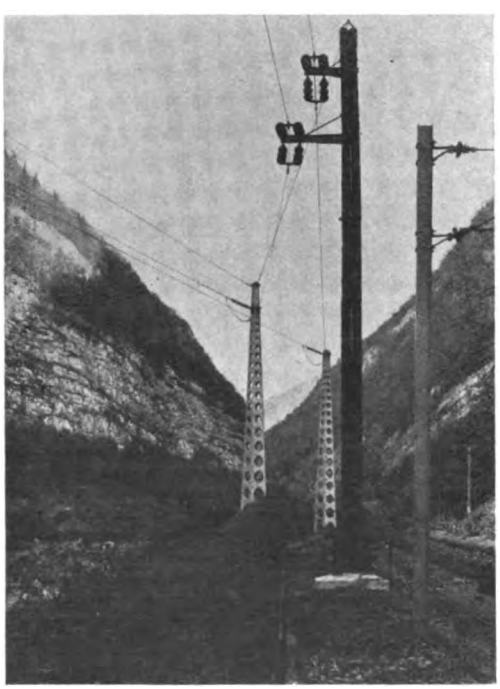


Abb. 8. Eisenbeton-Einzelmaste für 110 kV im Paß (mit letztem provisorischen Mast).

Mulde zu 16,54 m. Durch die vorhin angegebene Festlegung der höchstzulässigen Beanspruchung wurde auch eine weitere Forderung der Vorschriften, daß die Leiter erst beim Fünffachen der in der Vorschrift angegebenen Zusatzlast bis zur Bruchfestigkeit beansprucht werden dürfen, erfüllt, da die Seile mehr als das Fünffache der in der Vorschrift angegebenen Zusatzlast bei Bruchlast aufzunehmen vermögen. Infolge der angeführten großen Durchhänge und unter Berücksichtigung der durch die geschilderten starken Stürme hervorgerufenen Schwingungen war es nicht mehr möglich, in beiden Weitspannfeldern mit eintürmigen Masten zur Aufnahme beider Leiterseile auszukommen, weshalb in diesen beiden Spannfeldern die Leitungsführung derart aufgelöst wurde, daß jedes einzelne Leiterseil an einem Mast zentral abgespannt wurde. Der mit Rücksicht auf ein unbedingt zu vermeidendes Zusammenschlagen der Leiter sich ergebende Abstand der beiden Maströhren ergab sich zu 15 m. Als Spitzenseil wurde bei diesen beiden Weitspannfeldern ein normales, verzinktes 19drahtiges Stahlseil von 70 mm² Querschnitt mit 100 kg/mm² Bruchfestigkeit verwendet, um mit dem Durchhang der verlegten Leiterseile in Einklang zu bleiben und eine gefährliche Annäherung zwischen den beiden verschiedenen Seilen zu vermeiden. Dies wurde dadurch erleichtert, daß, um zwei Spitzenseile in den beiden Weitspannfeldern zu vermeiden, und keine eigenen Stützpunkte für das Spitzenseil schaf-

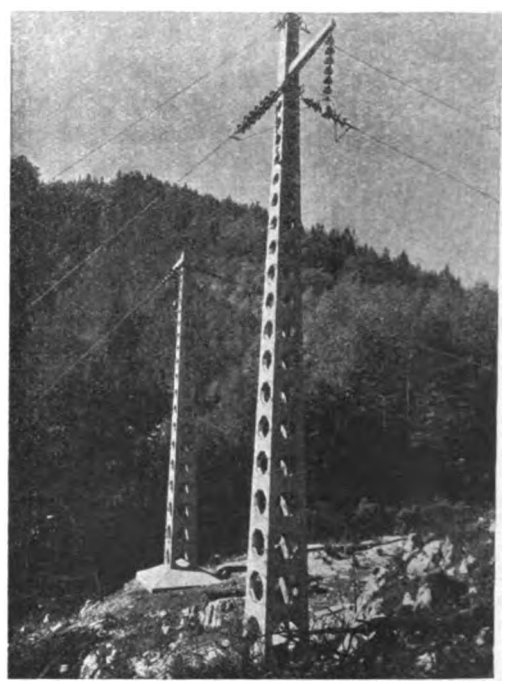


Abb. 9. Eisenbeton-Einzelmaste für 110 kV am Offenauer Berg.

fen zu müssen, dieses im Zickzack zwischen den sechs Masten der beiden Weitspannfelder verlegt wurde, so daß von diesen nur drei Maste für die Aufnahme des Blitzseiles ausgebildet zu werden brauchten. Als höchstzulässig auftretende Beanspruchung bei den angegebenen großen Zusatzlasten wurde im Sinne der oben angeführten Vorschriften für das Erdseil 45 kg/mm² festgesetzt. Mit diesen im oberen Aufhängepunkt gerechnet, ergeben sich die größten Durchhänge bei — 5 ° plus Zusatzlast im Steilfeld zu 20,10 m und in der Mulde zu 12,60 m.

Besondere Beachtung wurde auch der Ausbildung der Isolatoren und Armaturen für die Isolatorenketten in diesen beiden Weitspannfeldern geschenkt. Wegen der schweren Witterungsunbilden, denen die Isolatoren sicher standhalten mußten, und weiter in der Erwägung, daß deren Auswechslung insbesondere im Winter sehr große Schwierigkeiten bereiten würde, wurden nach reiflicher Erwägung und im Einvernehmen mit der Elektrisierungsdirektion der Österr. Bundesbahnen Hochvoltisolatoren der Kegelkopfbauart für 18 t garantierte Bruchlast gewählt. Da, wie bereits angeführt, die Leitungstrecke über den Offenauer Berg schon jetzt für eine Betriebspannung von 110 kV ausgebildet und isoliert wurde, kamen sechsgliedrige Isolatorenketten zur Anwendung. Elektrisch reichte dafür der erwähnte Hochvoltisolator von 280 mm Tellerdurchmesser nach Abb. 6 vollkommen aus. Der Wichtigkeit halber wurde das Weitspannfeld über den Südsteilhang, in welchem auch die Salzach überspannt wird, mit Doppelabspannketten ausgerüstet, während das Weitspannfeld über die Mulde am Offenauer Berg nur einfache Abspannketten erhielt. Die Armaturen zu diesen Ketten sind die von J. W. Hofmann, Kötzschenbroda, für Hochvoltisolatoren durchgebildeten Goliatharmaturen. Eingehängt wurden diese Isolatorketten bei den beiden im Tal stehenden Masten des Steilfeldes 0 20 und

Digitized by Google

W 20 sowie bei den beiden Masten des Muldenfeldes O 17 und W 17 in normale einzöllige Nasenabspannbügel bekannter Konstruktion, während sie bei den beiden oben am Steilhang stehenden Masten O 18 und W 18 auf der Seite gegen das Steilfeld zu, entsprechend dem steilen Abgangswinkel der Ketten und Seile, in einer eigenen Laschenkonstruktion nach Abb. 7 befestigt wurden; auf der anderen Seite dieser Masten (gegen das Muldenfeld) fanden ebenfalls normale einzöllige Abspannbügel Verwendung. Die Abspannbügel bzw. Laschen wurden in U-Eisenrahmen eingehängt bzw. befestigt, welche durch zwei Stück einzöllige, durch den Betonmast gehende Bolzenschrauben in ihrer Höhenlage am Mast festgehalten wurden. Die Fugen zwischen den Eisenrahmen und den Betonmasten wurden nach Aufbringen der Rahmen mit Zementmörtel vergossen, so daß die Rahmen tatsächlich an den Betonmasten satt aufliegen und eine einwandfreie Kraftübertragung gesichert ist. Sämtliche Eisenkonstruktionen auf den Betonmasten sind selbstverständlich besonders gut verzinkt. Ebenso wurde das Spitzenseil an den drei Masten der beiden Weitspannfelder, über welche es geführt war, mittels normaler Hofmannscher Abspannklemmen mit Deckeln, Abspannbügel und U-Eisenrahmen an den Betonmastköpfen befestigt. Da die Leiterseile an den sechs Einzelmasten der beiden Weitspannfelder zentral abgespannt sind, war eine Umführung der Leiterseile um den Mast nötig. Zu diesem Zweck wurde an diesen Masten je ein Umführungsausleger angebracht, der eine sechsgliedrige Isolatorenhängekette, jedoch aus den auf der übrigen Strecke verwendeten Vollkernisolatoren Bauart Österr. Bundesbahnen, trägt. Bei den im Tale stehenden Masten O 20 und W 20 konnte dieser Ausleger wegfallen, da wegen des dort auftretenden Leitungswinkels von rd. 90° die Verbindung der Leiterseile ohne Zuhilfenahme eines Umführungsauslegers durchgeführt werden konnte. Als Verbindungselement in den Stromschlaufen wurden normale Hofmannsche Stromklemmen benutzt. Die Abb. 8, welche die beiden Maste 20 im Tale (mit dem letzten Provisoriumsholzmast) zeigt, sowie die Abb. 9, welche die beiden Maste 18 auf der Höhe des Südsteilhanges wiedergibt, lassen deutlich die eben beschriebene Ausführung der Abspannung sowie die Seilführung erkennen. Die in Abb. 9 auf den Isolatorenketten der Umführungslager ersichtlichen Belastungsgewichte von 60 kg mußten wegen der starken Stürme am Offenauer Berg angebracht werden, um ein allzu starkes Ausschwingen der im übrigen fast unbelasteten Isolatorenkette zu vermeiden.

(Schluß folgt.)

Was ist Streuung und wie berechnet man sie?*

Von Dr. Dr.-Ing. **E. Weber**, Berlin.

(Schluß von S. 1226.)

B. Die Streuung in Wechselstromkreisen mit körperlichen Leitern ohne Eisen.

Solange man sich auf lineare Leiter beschränkt, wie in Teil A., läßt sich der magnetische Fluß durch eine Schleife ziemlich einfach bestimmen. Mit Lösung des Widerspruches zwischen resultierendem Kraftlinienbild und physikalischen Induktivitäten wird die Definition von Wirk- und Streufluß eindeutig und klar. Beim Übergang auf körperliche Leiter (d. s. Leiter mit endlich großer Querschnittsfläche) treten hingegen plötzlich ganz neue Probleme auf. Um auch hier systematisch vorzugehen, seien zunächst Schleifen je einer Windung, „körperliche Schleifen" und dann Spulen (Schleifen mit mehreren Windungen) behandelt.

5. Definition der Streuung von körperlichen Schleifen aus der magnetischen Energie.

Setzen wir etwa an Stelle der Abb. 3 die Abb. 13, die sich nur durch die Querschnittsformen der Leiter von jener unterscheidet, so sind wir bei der Berechnung des magnetischen Flusses einer körperlichen Schleife in arger Verlegenheit. Angenommen, wir wüßten für diesen Moment schon die Feldverteilung, so könnten wir doch keine Grenzen für die Flußintegrationen angeben. Die Feldstärke ist auch hier natürlich an jedem Punkte durch beide Ströme bestimmt, aber es kommt eine zusätzliche Erscheinung hinzu. Da auch in den Leitern selbst ein magnetisches Feld vorhanden ist, tritt dort bekanntlich Stromverdrängung auf, und zwar wechselnd. Wir haben bereits in A 4. nachgewiesen, daß an jeder Stelle des Raumes ein elliptisches Drehfeld besteht, weshalb die Stromverdrängung genau so wie das Kraftlinienbild sich periodisch ändert. Daraus erkennen wir aber anderseits, daß es gar nicht leicht ist, die Feldverteilung zu bestimmen, und tatsächlich ist es eine der schwierigsten Aufgaben der wissenschaftlichen Elektrotechnik, das magnetische Feld und die elektrische Stromdichte in körperlichen Leitern anzugeben.

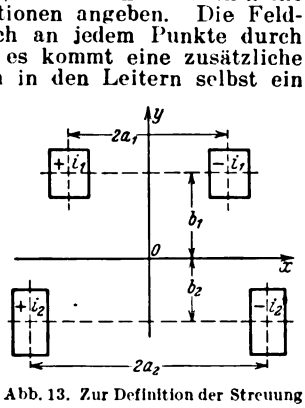


Abb. 13. Zur Definition der Streuung bei körperlichen Leitern.

Um die Streuung in einem solchen hoffnungslos scheinenden Fall doch zu bestimmen, gehen wir zur magnetischen Energie über. Voraussetzen müssen wir die Kenntnis des gesamten magnetischen Feldes. Dann ist die magnetische Energie definiert durch den Ausdruck

$$W_m = \frac{1}{8\pi}\int_V \mathfrak{H}\,\mathfrak{B}\,\mathrm{d}v = \frac{\mu}{8\pi}\int_V \mathfrak{H}^2\,\mathrm{d}v, \quad \ldots \quad (35)$$

u. zw. ganz allgemein. $\mathrm{d}v$ ist das Raumdifferential, und die Integration ist über den gesamten Raum auszuführen, in dem die magnetische Energie angegeben werden soll.

Für lineare Kreise ohne Eisen gilt für die magnetische Energie auch die Darstellung[13]

$$W_m = \frac{1}{2} i_1 \Phi_1 + \frac{1}{2} i_2 \Phi_2, \quad \ldots \quad (36)$$

und setzt man für den primären Fluß Gl. (19) und für den sekundären Fluß die analoge Form ein, so erhält man

$$W_m = \frac{1}{2} L_1 i_1^2 + M i_1 i_2 + \frac{1}{2} L_2 i_2^2 \ldots \quad (37)$$

Wäre nur der primäre Strom vorhanden, so wäre in Gl. (36) der primäre Fluß nach Gl. (2) einzusetzen, es ergäbe sich

$$W_{m_1} = \frac{1}{2} L_1 i_1^2$$

und ganz ähnlich

$$W_{m_2} = \frac{1}{2} L_2 i_2^2,$$

so daß sich die Energie beider Stromkreise, als Einheit betrachtet, nach Gl. (37) von der Summe der Einzelenergien um $M i_1 i_2$ unterscheidet. Man nennt häufig $M i_1 i_2$ die „gemeinsame" Energie oder „verkettete" Energie. Die Berechtigung hierzu kann man aus Gl. (35) ablesen, wenn man $\mathfrak{H} = \mathfrak{H}_1 + \mathfrak{H}_2$ einführt und das Quadrat zerlegt nach

$$W_m = \frac{\mu}{8\pi}\int_V \mathfrak{H}_1^2\,\mathrm{d}v + \frac{\mu}{4\pi}\int_V \mathfrak{H}_1\mathfrak{H}_2\,\mathrm{d}v + \frac{\mu}{8\pi}\int_V \mathfrak{H}_2^2\,\mathrm{d}v. \quad (38)$$

Das Mittelglied würde dann der gemeinsamen Energie entsprechen. Nun wird aber bei ungleichem Vorzeichen der Ströme i_1 und i_2 dieses Glied negativ, und das hat H. Hemmeter als einen weiteren Grund zu seinem Einwand gegen die physikalische Definition der Streuung aus den Induktivitäten genommen[14]. Es ist auch der Begriff einer negativen Energie etwas Widersinniges, aber die Auslegung von Gl. (37) ist eben nur einseitig.

Die magnetische Energie zweier Stromkreise ist auch aus Gl. (8) auf gleiche Weise wie Gl. (37) abzuleiten. Man erhält hier

$$W_m = \frac{1}{2}(L_1 - M) i_1^2 + \frac{1}{2} M (i_1 + i_2)^2 + \frac{1}{2}(L_2 - M) i_2^2, \quad (39)$$

und in dieser Schreibung kann kein Glied negativ werden. Wir dürfen hier den ersten und letzten Ausdruck als die Einzelenergien oder Streuenergien der beiden Strom-

* Teilweise erweiterte Wiedergabe eines Vortrages, gehalten im Elektrotechnischen Verein am 12. XI. 1929. Besprechung auf S. 1280 dieses Heftes.

[13] Die formale Ableitung von Gl. (35) aus (36) mit Hilfe des resultierenden Kraftlinienbildes, wie etwa in R. Richter, Elektrische Maschinen Bd. 1 (1924), S. 30, ist nach den vorgehenden Abschnitten nicht zulässig.

[14] Arch. El. Bd. 15, S. 198 (1925).

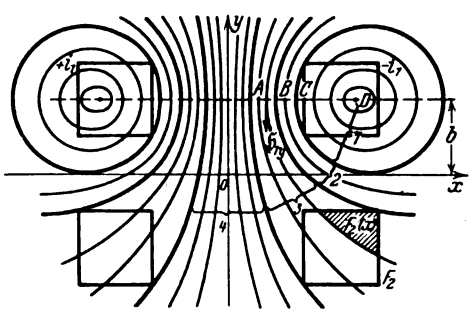
Digitized by Google

kreise deuten und das Mittelglied als Wirkenergie (gemeinsame Energie), welche am Induktionsvorgang beteiligt ist. Allerdings ist es hier nicht möglich, die obige Zerlegung Gl. (38) der Definitionsgleichung vorzunehmen, und das ist auch richtig. Denn die obige Zerlegung ist rein mathematisch ohne physikalischen Grund, während Gl. (39) physikalisch anschaulich wirkt.

Diese eigentlich nur für lineare Stromkreise streng ableitbare Definition der magnetischen Energie läßt sich ganz allgemein auch auf körperliche Leiter anwenden. Natürlich sind aber hier die Flüsse der beiden Schleifen Φ_1 und Φ_2 rein hypothetisch, wir können sie nicht versinnlichen und auch gar nicht durch irgendwelche Integrale darstellen. Aus den durch Vergleich von Gl. (37) mit (35) gewonnenen Induktivitäten lassen sich dann in bekannter Weise nach Gl. (10) die Streukoeffizienten auch in diesem Falle bilden. Allerdings ist die strenge Lösung meist außerordentlich schwer, weshalb man häufig zu Näherungsmethoden greift. Das spricht aber nicht gegen die allgemeine und allein richtige Definition der Streuung aus den Induktivitäten, die selbst hier aufrecht erhalten werden kann, wo das Aufzeichnen von Kraftlinienbildern vollkommen unmöglich ist.

6. Vernachlässigung der Stromverdrängungen bei körperlichen Schleifen.

Sind die Leiter im Vergleich zum Querschnitt ziemlich weit voneinander entfernt oder ist die Periodenzahl des Wechselstromes sehr gering, so kann man bekanntlich von der Stromverdrängung absehen. Die Feldverteilung ist wegen der Gleichförmigkeit der Stromdichte nach dem Biot-Savartschen Gesetz leicht zu ermitteln und auch das Kraftlinienbild etwa der primären Schleife kann gezeichnet werden wie in Abb. 14 beispielsweise gezeigt ist. Na-



1 Eigendurchstreuung 3 Gegendurchstreuung
2 reiner Streufluß 4 reiner Wirkfluß

Abb. 14. Schematisches Feldbild bei körperlichen Leitern.

türlich ist es auch hier möglich, die Definition der Streuung aus der magnetischen Energie zu verwenden, aber da in der Elektrotechnik in diesem Sonderfalle auch ein anderer Weg häufig gewählt wird, wollen wir diesen beschreiten. In Abb. 14 sind mehrere Kraftlinien stärker eingezeichnet, sie grenzen nämlich gewisse Kraftliniengebiete voneinander ab. Gehen wir von der y-Achse aus (der Symmetrie halber wiederholt sich links das gleiche wie rechts), so kommt zunächst ein Gebiet, in dem unzweifelhaft nur Wirkkraftlinien bestehen, also Wirkfluß vorhanden ist. Dessen Größe ist eindeutig aus der Feldverteilung zu rechnen, etwa längs der Symmetralen der primären Schleife:

$$\Phi'_{1w} = 2 \int_{x=0}^{x_A} \mathfrak{H}_{1y} \, \mathrm{d}x = M' i_1 . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (40)$$

Darauf folgt ein sonderbares Gebiet. Die Kraftlinien gehen durch den sekundären Leiter hindurch. Sind sie nun Streulinien oder Wirklinien? Die Elektrotechnik hat für diese Linien eine widerspruchsvolle Bezeichnung gebildet, sie nennt sie doppelt verkettete Streulinien[15]. Um dieses unglückliche Wort zu vermeiden, will ich dafür Durchstreuung setzen. Der sekundäre Leiter wird durchstreut. Dabei fällt natürlich ein geringer Fluß auch als Wirkfluß ab, soweit er noch die sekundäre Schleife induzieren kann. Greifen wir etwa eine Kraftlinie heraus, so umschlingt sie noch den Teil $F_2(x)$ des Leiterquerschnittes F_2, daher ist ihre sekundär induzierende Wirkung nur mit dem Faktor $F_2(x)/F_2$ in Rücksicht zu ziehen. Da sie primär aber den ganzen Leiter umschlingt, so haben wir

$$\begin{aligned}\Phi_1'' &= 2 \int_{x=x_A}^{x_B} \mathfrak{H}_{1y} \, \mathrm{d}x \\ &= 2 \int_{x_A}^{x_B} \frac{F_2(x)}{F_2} \mathfrak{H}_{1y} \, \mathrm{d}x + 2 \int_{x_A}^{x_B} \frac{F_2 - F_2(x)}{F_2} \mathfrak{H}_{1y} \, \mathrm{d}x \\ &= M'' i_1 + L''_{1s} i_1 . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (41)\end{aligned}$$

Der erste Teil ist der gesuchte Anteil am Wirkfluß mit der Wirkinduktivität M'', der zweite Teil ist der Anteil am primären Streufluß mit der Streuinduktivität L''_{1s}. Die Durchstreuung des sekundären Leiters bringt also immer einen gewissen Beitrag zum Wirkfluß.

Das folgende Gebiet, durch die Punkte B und C auf der Mittelpunktsgeraden der primären Schleife gekennzeichnet, ist reines Streugebiet. Der dort vorhandene Streufluß ist wieder sehr leicht zu rechnen:

$$\Phi'_{1s} = 2 \int_{x_B}^{x_C} \mathfrak{H}_{1y} \, \mathrm{d}x = L'_{1s} i_1 . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (42)$$

Das letzte Gebiet endlich ist wieder Durchstreuung, und zwar des eigenen Leiters, daher Eigendurchstreuung. Der Fluß ist auf ähnliche Weise wie bei der Gegendurchstreuung zu bilden, nur kommt der zweite Teil, der dort Streufluß genannt wurde, nicht mehr in Frage, da dieser Restfluß überhaupt nicht induzieren kann. Wir haben also einfach

$$\Phi'''_{1s} = 2 \int_{x_C}^{x_D} \frac{F_1(x)}{F_1} \mathfrak{H}_{1y} \, \mathrm{d}x = L'''_{1s} i_1 \quad . \quad . \quad . \quad (43)$$

als Eigendurchstreufluß.

Die gesamte Wirkinduktivität ist durch die Summe

$$M^* = M' + M'' , \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (44)$$

die gesamte primäre Streuinduktivität durch

$$L^*_{1s} = L'_{1s} + L''_{1s} + L'''_{1s} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (45)$$

gegeben. Es sollten natürlich die Induktivitäten M^* und $L^*_1 = M^* + L^*_{1s}$ sowie in gleicher Weise $L^*_2 = M^* + L^*_{2s}$ nach dieser Rechnungsmethode genau so groß folgen wie nach der Definition aus der magnetischen Energie. Da wir jedoch die Stromverdrängung vollkommen vernachlässigen, können wir hier nur Näherungswerte rechnen, die aber in praktischen Fällen meist ausreichen. Das hier skizzierte Verfahren scheint umständlich, ist aber in vielen Fällen vorteilhafter als die Berechnung der magnetischen Energie, weshalb insbesondere in der praktischen Elektrotechnik häufig davon Gebrauch gemacht wird. — Die gegebene Unterteilung des Kraftlinienbildes in 4 Flußgebiete muß nicht immer zutreffen, jedoch sind die entsprechenden Änderungen nicht prinzipieller Natur und leicht selbständig durchzuführen.

7. Streuung am einphasigen Lufttransformator mit Spulen.

Wir haben bisher nur den Lufttransformator mit je einer Windung primär und sekundär betrachtet. Gehen wir zum allgemeinen Lufttransformator über mit beliebig vielen Windungen primär und sekundär, so kommen wir auf ein Gebiet, das für jede Streuungstheorie ein Stein des Anstoßes, aber auch der Prüfung ist. Denken wir nämlich in Abb. 14 die Leiterquerschnitte als Gesamtquerschnitte von vieldrahtigen Spulen, so können wir, weil alle Drähte gleichen und gleichgerichteten Strom führen, etwa ein primäres Kraftlinienbild entwerfen und dürfen dabei auch die Stromverdrängungen vernachlässigen, weil die Spulendrähte als isolierte Unterteilung des Gesamtquerschnittes eine stärkere Ausbildung dieser Erscheinungen verhindern. Um aber jetzt die für die Induktionswirkung maßgebenden Flüsse zu bestimmen, muß man berücksichtigen, daß sowohl die eigene als auch die fremde Spule mit z_1 bzw. z_2 in Reihe geschalteten Windungen in dem gleichen Felde liegen, daß also jede Flußänderung sich nahezu im Verhältnis der Windungszahlen verstärkt auswirkt. F. Emde hat gezeigt[16], daß sich durch jede

[15] Siehe etwa W. Rogowski u. K. Simons, ETZ 1908, S. 535 u. 564; 1909, S. 219 u. 254.

[16] F. Emde, El. u. Maschinenb. Bd. 26, S. 976 (1908); s. a. L. Fleischmann, ebenda Bd. 47, S. 457 (1929).

Digitized by Google

Spule eine einzige geschlossene Fläche so legen läßt, daß sie von sämtlichen Windungen berandet wird. Über diese Fläche wäre nun die Feldstärke zu integrieren, um den wirklich induzierenden Fluß zu erhalten. Man nennt den so gerechneten Induktionsfluß auch Spulenfluß, womit angedeutet wird, daß die induzierte Windungszahl berücksichtigt ist.

Praktisch kann man natürlich nicht über diese geschlossene Fläche integrieren, sondern wird sich begnügen, jede Windung für sich als geschlossen aufzufassen (also von der geringen Schraubung abzusehen) und einfach die Flußintegrationen über alle Windungsflächen auszuführen. Das ist insbesondere dann erlaubt, wenn die Windungen alle dicht beieinander liegen. Man kann dann ganz analog wie im vorigen Abschnitt vorgehen und die einzelnen Flußgebiete wie in Abb. 14 betrachten, wenn die Spulengesamtquerschnitte im gegebenen Falle etwa durch die Rechtecke angedeutet werden. Den Gesamtquerschnitt denken wir homogen aus Windungsquerschnitten aufgebaut, so daß die gekennzeichnete Fläche $F_2(x)$ etwa

$$z_{1x} = z_2 \frac{F_2(x)}{F_2} \text{ Windungen}$$

enthält. Unter dieser Voraussetzung läßt sich zunächst der Eigendurchstreufluß Ψ'''_{1s} rechnen. Ist wieder das magnetische Feld, das von der primären Spule erzeugt wird, gegeben mit $\mathfrak{H}_{1y}$ in der Ebene $y = b$, so hat, wie in Gl. (43) schon berücksichtigt, jede Kraftlinie nur eine im Verhältnis $\frac{F_1(x)}{F_1}$ verminderte induzierende Wirkung, sie ist aber jetzt auch nur mit z_{1x} Windungen verkettet, d. h. induziert auch nur $z_{1x} = z_1 \frac{F_1(x)}{F_1}$ in Serie geschaltete Windungen, so daß der Spulenfluß für das Gebiet der Eigendurchstreuung ist

$$\Psi'''_{1s} = 2 z_1 \int_{x_C}^{x_D} \left(\frac{F_1(x)}{F_1}\right)^2 \mathfrak{H}_{1y\,[y=b]}\, \mathrm{d}\hat{x} = L'''_{1s}\, i_1. \quad . \quad . \quad (46)$$

Der reine Streufluß Ψ'_{1s} ist mit sämtlichen primären Windungen verkettet, er ergibt sich zu

$$\Psi'_{1s} = 2 z_1 \int_{x_B}^{x_C} \mathfrak{H}_{1y\,[y=b]}\, \mathrm{d}x = L'_{1s}\, i_1. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (47)$$

Der reine Wirkfluß durchsetzt sowohl primär als auch sekundär alle Windungen. Weil aber die Windungszahlen z_1 und z_2 im allgemeinen verschieden sind, wird der primär erregte und primär induzierende Spulenwirkfluß mit der Windungszahl verschieden sein von dem primär erregten und sekundär induzierenden. Man muß also hier unterscheiden

$$\Psi'_{11\,w} = 2 z_1 \int_{x=0}^{x=x_A} \mathfrak{H}_{1y\,[y=b]}\, \mathrm{d}x = L'_1\, i_1 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (48)$$

und

$$\Psi'_{12\,w} = 2 z_2 \int_{x=0}^{x_A} \mathfrak{H}_{1y\,[y=b]}\, \mathrm{d}x = M' i_1, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (49)$$

so daß weiter folgt

$$L'_1 = \frac{z_1}{z_2} M'. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (50)$$

Im Gebiet der Gegendurchstreuung werden primär alle z_1 Windungen von sämtlichen Kraftlinien durchsetzt, daher folgt

$$\Psi''_1 = 2 z_1 \int_{x_B}^{x_C} \mathfrak{H}_{1y\,[y=b]}\, \mathrm{d}x = L''_1\, i_1 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (51)$$

Dagegen durchsetzt der sekundär induzierende Fluß, also der Wirkflußanteil, nur je z_{2x} Windungen, es ist

$$\Psi''_{1\,w} = 2 z_2 \int_{x_B}^{x_C} \frac{F_2(x)}{F_2} \mathfrak{H}_{1y\,[y=b]}\, \mathrm{d}x = M'' i_1 \quad . \quad . \quad . \quad (52)$$

Dieser Fluß kann aus Gl. (51) abgespalten werden, wenn man im Verhältnis der Windungszahlen umrechnet:

$$\Psi''_1 = \frac{z_1}{z_2} \cdot 2 z_2 \int_{x_B}^{x_C} \frac{F_2(x)}{F_2} \mathfrak{H}_{1y\,[y=b]}\, \mathrm{d}x + 2 z_1 \int_{x_B}^{x_C} \frac{F_2 - F_2(x)}{F_2} \mathfrak{H}_{1y\,[y=b]}\, \mathrm{d}x \quad (53)$$

oder abkürzend

$$\Psi''_1 = \frac{z_1}{z_2} M'' i_1 + L''_{1s}\, i_1. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (54)$$

Man erkennt dabei den genau analogen Vorgang wie im vorigen Abschnitt und daher unter L''_{1s} wieder die Induktivität der „doppelt verketteten Streuung".

Der gesamte primär erregte Spulenfluß ist jetzt die Summe

$$\Psi_1 = \Psi'''_{1s} + \Psi'_{1s} + \Psi''_1 + \Psi'_{11w},$$

oder in Induktivitäten mit Gl. (46), (47), (54) und (48) in Verbindung mit Gl. (50) ausgedrückt,

$$\Psi_1 = \Big[\underbrace{(L'''_{1s} + L''_{1s} + L'_{1s})}_{L^*_{1s}} + \frac{z_1}{z_2}\underbrace{(M' + M'')}_{M^*}\Big] i_1 = L^*_1\, i_1. \quad (55)$$

Formal ergeben sich also für die Streuinduktivität L^*_{1s} und die Wirkinduktivität M^* dieselben Ausdrücke wie Gl. (44) und (45), nur ihre Vereinigung zur gesamten Primärinduktivität ist jetzt mit Beachtung der Windungszahlen vorzunehmen:

$$L^*_1 = L^*_{1s} + \frac{z_1}{z_2} M^*.$$

Daraus ergibt sich die Definition der primären und analog der sekundären Streuinduktivität mit

$$\left.\begin{aligned} L^*_{1s} &= L^*_1 - \frac{z_1}{z_2} M^* \\ L^*_{2s} &= L^*_2 - \frac{z_2}{z_1} M^*. \end{aligned}\right\} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (56)$$

Man kann jetzt wieder an Hand der Windungszahlen und der auf irgendeine Weise bestimmten Gesamtinduktivitäten (etwa auch aus der magnetischen Energie) die Streuinduktivitäten berechnen und damit die Einzel-Streukoeffizienten definieren als

$$\sigma_1 = \frac{L^*_1 - \frac{z_1}{z_2} M^*}{\frac{z_1}{z_2} M^*}, \qquad \sigma_2 = \frac{L^*_2 - \frac{z_2}{z_1} M^*}{\frac{z_2}{z_1} M^*}. \quad . \quad . \quad (57)$$

Diese Definitionen konnten nur auf dem hier begangenen Wege der Gebietsunterteilung der Kraftlinienbilder bei einseitiger Erregung gewonnen werden. Aus den Gesamtinduktivitäten ist nicht abzulesen, wie die Streuinduktivitäten zu bilden sind, und auch der Streufaktor $\sigma = 1 - \varkappa^2$ ist nicht ohne diese Überlegungen zerlegbar in die Einzel-Streukoeffizienten σ_1, σ_2.

8. Das Rechnen mit Wicklungsfaktoren.

Da die physikalischen Grundgleichungen nur die Gesamtstreuung σ liefern, aber keinen Anhalt für die Definitionen der Einzelstreuungen bieten, begegnet man in der Literatur verschiedenen Versuchen, auf verschiedenen Wegen diese Einzelstreuungen doch, weil sie praktisch wichtig sind, einzuführen. Als klassisch kann man in dieser Richtung wohl die Theorie von W. Rogowski und K. Simons[17] bezeichnen, wenn auch formal einiges einzuwenden bleibt. Die beiden Verfasser gehen bei der allgemeinen Definition der Streuung vom streuungslosen Lufttransformator mit linearen Leitern aus, für welchen bekanntlich

$$L_1 = L_2 = M, \qquad L_1 L_2 = M^2, \qquad \sigma = 0$$

gilt. Beim Übergang von einer Windung zu z_1 und z_2 Windungen primär und sekundär erhält man dann die Gleichungen

$$L_1 = \frac{z_1}{z_2} M, \qquad L_2 = \frac{z_2}{z_1} M, \qquad L_1 L_2 = M^2, \qquad \sigma = 0.$$

Tritt jetzt Streuung ein, so soll einfach eine Streuinduktivität additiv hinzukommen, in der Art

$$\left.\begin{aligned} L_1 &= \frac{z_1}{z_2} M + S_1 \\ L_2 &= \frac{z_2}{z_1} M + S_2 \end{aligned}\right\} \; L_1 L_2 > M^2, \quad \sigma > 0. \quad . \quad . \quad (58)$$

Dieser Weg führt also, von ganz anderen Überlegungen ausgehend, auf die gleiche Form wie sie im vorigen Abschnitt als richtig erkannt wurde. Rechnet man aus Gl. (58) die Streuinduktivitäten, so ergeben sich

$$\left.\begin{aligned} S_1 &= L_1 - \frac{z_1}{z_2} M \equiv L^*_{1s} \\ S_2 &= L_2 - \frac{z_2}{z_1} M \equiv L^*_{2s} \end{aligned}\right\} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (59)$$

[17] W. Rogowski u. K. Simons, ETZ 1908, S. 534 u. 564.

Digitized by Google

Von den beiden Verfassern wurde auch die Folge der Definitionen Gl. (59), die sog. „negative Streuung" behandelt. Es kann nämlich in Gl. (59) der Subtrahend wegen der Umrechnung mit den Windungszahlen größer werden als der Minuend, und es nimmt S dann einen negativen Wert an. Dieser Fall ist auch praktisch möglich und wird dort an einem Beispiele gerechnet.

Bei der praktischen Streuungsrechnung führen allerdings die beiden Verfasser „Wicklungsfaktoren" ein, indem sie willkürlich den Fluß zwischen den Kraftlinien durch B und D in Abb. 14 als Streufluß und jenen zwischen $x = 0$ und B als Nutzfluß bezeichnen und die induzierenden Wirkungen stets auf diese Flüsse beziehen. Auf diese Weise schlagen sie das Zwittergebiet der Gegendurchstreuung zum Nutzfluß und sind dann gezwungen, einen Teil der Nutzkraftlinien wieder als Streulinien zu erklären, als doppelt verkettete Streulinien (s. a. S. 1268). Eine solche Unterteilung ist aber nicht notwendig und die Einführung der Wickelfaktoren vollkommen überflüssig, wie sich im vorigen Abschnitt zeigte.

Eine wesentlich andere Definition der Streuinduktivitäten wurde von H. S. Hallo vorgeschlagen[18]. Er rechnet die Wirkinduktivität M mit effektiven Windungszahlen um, deren Quadrate proportional den Einzelinduktivitäten L_1 und L_2 werden, so daß sich die Definitionen ergeben

$$\left.\begin{aligned} S_1' &= L_1 - \sqrt{\frac{L_1}{L_2}}\, M \\ S_2' &= L_2 - \sqrt{\frac{L_2}{L_1}}\, M \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (60)$$

Wohl läßt sich hier nachweisen, daß die Streuinduktivitäten S_1' und S_2' nie negativ werden können, aber weil bei linearen Kreisen im allgemeinen $L_1 \neq L_2$ ist, würde Gl. (60) auch für lineare Schleifen eine Änderung der Definition verlangen gegenüber der physikalisch unbezweifelbar richtigen Definition nach Gl. (9). Diese Unstimmigkeit hängt zusammen mit der Ableitung der Induktivitätsbegriffe aus dem resultierenden Kraftlinienbild[19], das wir in den ersten Abschnitten als wesentlich irreführend erkennen mußten. Im Falle der Definition Gl. (56) ist eine solche Unstimmigkeit nicht möglich, weil für lineare Kreise die Windungszahlen $z_1 = z_2 = 1$ werden. Auch Hallo führt Wicklungsfaktoren zur Berechnung der induktiven Wirkungen ein, doch sind diese Wicklungsfaktoren anders definiert als jene bei W. Rogowski und K. Simons, sie sind stets auf den Gesamtfluß der verketteten Spulen bezogen. Sie erscheinen auch in den Definitionsgleichungen für die Streuinduktivitäten, wenn man

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{z_1^2{}_{\text{eff}}}{z_2^2{}_{\text{eff}}} = \left(\frac{z_1}{z_2}\right)^2 \frac{f_{11} f_{21}}{f_{12} f_{22}} \quad \ldots\ldots \quad (61)$$

einführt.

Endlich haben F. Niethammer und E. Siegel[20] mit Hilfe der gleichen Wicklungsfaktoren und der Kurzschlußübersetzung der Ströme Definitionen für die Streuinduktivitäten abgeleitet, welche geschrieben werden können

$$\left.\begin{aligned} S_1'' &= L_1 - \frac{z_1 f_{11}}{z_2 f_{12}}\, M \\ S_2'' &= L_2 - \frac{z_2 f_{12}}{z_1 f_{11}}\, M \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (62)$$

Auch diese Definitionen sind auf lineare Kreise nicht übertragbar, weil $f_{11} \neq f_{12}$ bleibt.

Wir sehen also: Die allgemeinen richtigen Definitionen der Streuinduktivitäten Gl. (56) oder (59) kommen ohne Wicklungsfaktoren aus, sie sind allein mit den Betrachtungen des vorigen Abschnittes erreichbar. Man könnte die Einführung von Wicklungsfaktoren verstehen, wenn man sich dadurch die Rechnung bequemer schaffen könnte, doch ist das bei Spulen ohne Eisen sicher nicht der Fall, im Gegenteil, durch die Einführung der Wickelfaktoren sehen wir die Verwirrung gesteigert, indem die Definitionen (60) und (62) für die Bestimmung der Streuinduktivität aus den Gesamtinduktivitäten bereits die Wickelfaktoren brauchen — und auf physikalisch unmögliche Werte führen. Man kann durch die Wickelfaktoren die „negative Streuung" vermeiden, aber unter Opferung der Richtigkeit.

C. Die Streuung in einphasigen Wechselstromkreisen bei Anwesenheit von Eisen.

Nun kommen wir wohl zum wichtigsten Gebiet der Elektrotechnik und damit zum schwierigsten. Der Boden ist hier schon häufig gepflügt worden, doch, glaube ich, noch nicht so gründlich, wie es notwendig wäre.

Man verwendet in der Elektrotechnik überall dort Eisen, wo es sich darum handelt, starke magnetische Wirkflüsse zu erzeugen und weiterzuleiten. Die auftretenden Einzelprobleme der Streuung sind bei dem großen Gebiet der elektrischen Maschinen und Transformatoren kaum zu übersehen. Wir werden daher im folgenden nur die typischen Aufgaben herausgreifen und an ihnen die wesentliche Fragestellung zu erkennen suchen, um den Weg der Lösung angeben und mit der bisherigen Übung vergleichen zu können. Zu diesem Zwecke ist es ratsam, zunächst stets die Permeabilität unendlich groß vorauszusetzen, da dann die Überlegungen anfänglich etwas leichter werden.

9. Die Streuung des einphasigen Transformators.

Die Wichtigkeit der Klärung des Streubegriffes zeigt sich vor allem beim Streuungsproblem des Transformators. Die grundlegenden Lehrbücher von E. Arnold[21] weisen nämlich physikalisch unmögliche Vorstellungen über die Streuung auf, die sich im großen und ganzen auch in die weitere Literatur übertragen haben und in neuester Zeit wegen ihres inneren Widerspruches von H. Hemmeter und L. Fleischmann[22] zur Diskussion gestellt wurden. Es ergeben sich beispielsweise durch das Ausgehen von dem resultierenden Kraftlinienbild eines einfachen Ringtransformators (Abb. 15) die Sätze[23]:

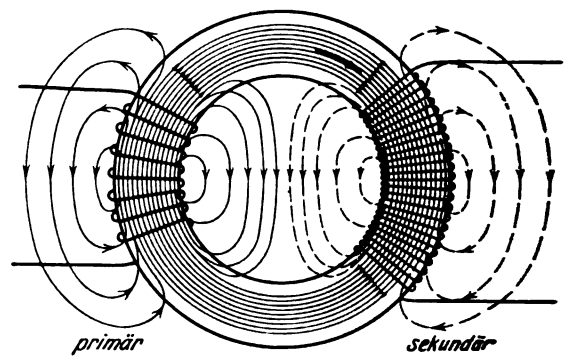


Abb. 15. Schematisches Feldbild eines Ringtransformators.

„ . . . Der sekundäre Strom sucht einen Kraftfluß zu erzeugen, der dem primären Felde entgegengesetzt gerichtet ist. Er ist daher bestrebt, wie in Fig. 17 (Abb. 15) durch punktierte Linien angedeutet ist, einen sekundären Streufluß zu erzeugen, der innerhalb des Eisens dem primären Fluß entgegengerichtet ist. Da nun im gleichen Querschnitt zwei Kraftflüsse von verschiedener Richtung nicht bestehen können, kommt dieser Teil des sekundären Streuflusses so lange nicht zustande, wie die primären AW das Übergewicht haben.

In dem Augenblick, in dem der primäre Strom null ist, gibt es dagegen nur sekundäre Streuung, und zwar hält sie so lange an, wie das Hauptfeld vom sekundären Strom erzeugt wird."

Es soll also der Streufluß eine sprunghaft sich ändernde Größe sein, wie es auch aus den resultierenden Kraftlinienbildern in Abschnitt 3. und aus den Versuchen von H. Hemmeter zu entnehmen ist. In Wahrheit führt aber diese vollkommen unphysikalische Stellungnahme zu einem Naturgeschehen zu unrichtigen Ergebnissen, wie in Abschnitt 4. bewiesen wurde. Die einseitig verketteten Linien im gemeinsamen Kraftlinienbilde sind gar keine Streulinien, sie sind wesentlich ebenso gegenseitig induzierend wie die doppelt verketteten Linien! Nicht das uns gegebene gemeinsame Kraftlinienbild ist maßgebend, sondern die durch unseren Intellekt gefundene widerspruchslose Lesart! Es wird uns von der Natur durch unsere Sinne immer nur ein Endergebnis mitgeteilt, und wir müssen analysierend bemüht sein, Ursache und Wirkung und verschiedene Ursachen und verschiedene Wirkungen zu trennen. Es liegt im Geiste der physikalischen Forschung, die Superposition der verschiedenen Ursachen aufzuzeigen und die Abhängigkeiten so in Formeln zu kleiden, daß die Endergebnisse mit der so gütig vorgezauberten Lösung übereinstimmen.

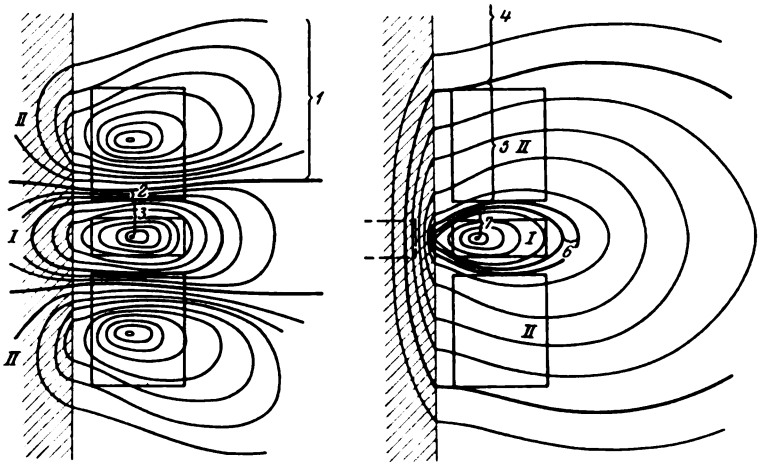
Die Untersuchungen des ersten Kapitels haben ergeben, daß Streuung nur aus einem unveränderlichen Kraftlinienbild richtig definiert werden kann und daher nur für jeden

[18] H. S. Hallo, El. u. Maschinenb. Bd. 32, S. 1 (1914).
[19] Wie Fußnote 18 und auch E. Arnold, Wechselstromtechnik Bd. 5/1, S. 29, Berlin 1909.
[20] F. Niethammer u. E. Siegel, El. u. Maschinenb. Bd. 31, S. 270 (1913) und auch E. Grünwald, Arch. El. Bd. 23, S. 95 (1929).
[21] Vor allem Wechselstromtechnik Bd. 2 (1910), 2. Aufl.
[22] Wie Fußnoten 4 und 5.
[23] Wie Fußnote 22, S. 18, 19.

Digitized by Google

Kreis getrennt, wie auch für jede Phase getrennt. Wir wollen diese Ergebnisse nun auf die wirklichen Ausführungsformen der Transformatoren anwenden.

Es werde zunächst der Einfachheit halber auf die einphasige Scheibenwicklung eingegangen; die prinzipielle Anordnung zeigt etwa Abb. 16. Um einen Eisenkern sind abwechselnd primäre und sekundäre Spulen übereinander gelegt. Der Fluß, der ganz in Eisen verläuft, ist bestimmt stets Wirkfluß, weil er alle Spulen durchsetzt. Nur der



resultierender Kraftlinienverlauf nach W. Rogowski

primärer Kraftlinienverlauf (Spiegelung am Eisen)

$M^* = M' + M''$

$L^*_{1s} = L'_{1s} + L''_{1s} + L'''_{1s}$

1 sekundäre Streuung
2 doppelt verkettete primäre Streuung
3 einfach verkettete „ „
4 reiner Wirkfluß (M')
5 Gegendurchstreuung $\left(M'', L''_{1s}\right)$
6 reiner Streufluß $\left(L'_{1s}\right)$
7 Eigendurchstreuung $\left(L'''_{1s}\right)$

Abb. 16. Zur Definition der Streuung im Transformator.

Fluß, der sich zum größten Teil in Luft schließt und um die Leiter entsteht, ist zum größten Teil als Streufluß aufzufassen. W. Rogowski hat eine grundlegende Theorie über die Streuung des Transformators geschrieben[24]. Um den Streufluß zu bestimmen, geht W. Rogowski von der Gegenschaltung aus, also von der Voraussetzung gleicher, aber entgegengesetzt gerichteter Stromvolumen in den beiden Wicklungen. In Abschnitt 3. sahen wir an Abb. 7, daß bei linearen Stromkreisen dann nur Streufeld besteht und daß die Aussage des Kraftlinienbildes identisch mit der physikalischen Definition der Streuung war. Geht man aber beim Transformator bei Gegenschaltung mit der sekundären Stromdichte auf etwa ein Drittel der primären, verwendet man also dreifache Querschnitte, so erhält man ein Kraftlinienbild, wie es etwa in Abb. 16 links dargestellt wird[25]. Es ist wieder das resultierende Streulinienbild gezeichnet und es zeigt sich, daß ein Teil der Streulinien den sekundären Leiter durchsetzt, also wieder nach Abschnitt 6. als „doppelt verkettete Streuung" zu bezeichnen wäre. Bei verteilten Wicklungen läßt somit die Gegenschaltung nicht mehr das reine Bild der Streuflüsse erkennen. Man kann die Streuflüsse der beiden Ströme nicht gegenseitig abgrenzen, da wieder sämtliche Kraftlinien durch beide Ströme gleichzeitig bestimmt werden und keine einzige Kraftlinie nur von einem Strom herrührt, genau wie die Überlegungen in Abschnitt 4. gezeigt haben.

Nachdem nur aus den Kraftlinienbildern bei einseitigem Leerlauf richtige Definitionen erfließen, wollen wir dies auch hier wenigstens näherungsweise anwenden. Abb. 16 rechts gibt andeutungsweise das Kraftlinienbild wieder, wenn etwa nur die primäre Wicklung erregt wird. Infolge der großen Wicklungsanhäufung tritt hier stark das primäre Durchstreugebiet hervor, in dem also auch Wirkfluß besteht. Daraus wird sofort klar, daß nicht das gesamte Luftfeld Streufeld ist. Es wird zwar dieser Teil des Wirkflusses verschwindend klein neben jenem im Eisen sein, er wird aber im Vergleich zum Gesamtluftfeld prozentual in Betracht kommen und daher die Streuung vermindern.

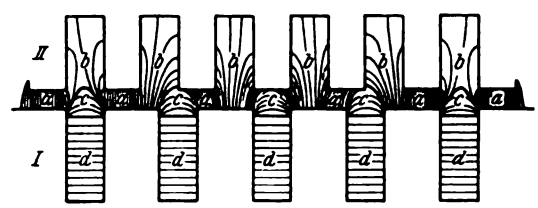
Die Berechnung des Luftfeldes ist nicht schwer. Da die Permeabilität unendlich groß angenommen wurde, kann man die Eisenfläche durch das Spiegelbild der primären Wicklung ersetzen und erhält so zwei Spulen mit gleichgerichteten Strömen, deren Feld und Einzelflüsse nach den Anleitungen von Abschnitt 7. bestimmbar sind.

Beim Transformator ist noch kaum ein Einfluß von Sättigung des Eisens zu befürchten, da die Eisenwege sehr gering gegen die Luftwege sind und die Induktionen im Eisen nicht hoch gewählt werden. Daher gibt auch die Durchführung der angedeuteten Rechnung nahezu richtige Werte. Im Kurzschluß bei sehr hohen Belastungsströmen treten vorübergehend hohe Induktionen auf, welche durch Flußverdrängung den Streufluß größer erscheinen lassen als die normale Rechnung angibt. Diese Einflüsse der Eisencharakteristik sind jedoch analytisch überhaupt nicht zu erfassen, sie würden die Möglichkeit einer genauen rechnerischen Behandlung der Sättigung des Eisens voraussetzen und das ist zumindest in absehbarer Zeit nicht der Fall. In diesem Sonderfall muß man sich auf Erfahrungswerte stützen, wie man es vernünftigerweise bei Rechnungen, die praktische Verwertung finden sollen, stets tut.

Eine Übertragung der gewonnenen Ergebnisse auf Zylinder- oder Röhrenwicklungen ist natürlich leicht und soll hier nicht wiederholt werden. Vollkommen gesondert stehen allerdings die Ofentransformatoren da mit ihren ungeheuer großen Kupferquerschnitten. Hier kann eine Rechnung wegen der komplizierten Stromverdrängungserscheinungen wohl nie Anspruch auf Genauigkeit machen, wenn sie nicht sehr reichlich durch Erfahrungswerte unterstützt wird.

10. Die Streuung einer einphasigen Maschine für $\mu = \infty$.

Noch wesentlich schwieriger ist die Streuung in elektrischen Maschinen zu erfassen. Es ist natürlich vollkommen ausgeschlossen, in diesem kurzen Vortrag wirklich „die Streuung" zu behandeln, ich kann nur ganz kurz eine Gegenüberstellung geben, inwiefern die praktischen Rechnungen mit den grundsätzlichen Feststellungen über die Definitionsmöglichkeiten der Streuung zu vereinbaren sind. Wir wollen, um der Aufgabe näher zu kommen, zunächst eine ruhende einphasige Maschine betrachten, welche im Ständer und Läufer Nuten verschiedener Teilung trägt. Wir denken in die Nuten Spulen gleicher Weite eingelegt, wie etwa in Abb. 17, und alle Nuten in gleicher Weise bewickelt.



Streuung der Stirnverbindungen ähnlich wie beim Transformator $\left[M^{st}, L^{st}_{1s}\right]$

Flußgebiete im Querschnitt der Maschine ($\mu = \infty$) bei primärer Erregung

a reiner Wirkfluß (M')
b Gegendurchstreuung $\left(M''_1, L''_{1s}\right)$ [z. T. „doppelt verkettete Streuung"]
c Luftspaltstreuung $\left(L'_{1s}\right)$ [„Zahnkopf", „Zickzack", „Differential", „doppelt verkettete" Streuung]
d Eigendurchstreuung [„Nutstreuung"]

	Abhängigkeiten der Flußgebiete			
	von Bewegung	mit Periode	von Sättigung	von Phasenzahl
a	abhängig	sekundäre Nutteilung	abhängig	abhängig
b	abhängig	primäre Nutteilung	fast unabhängig, Längsfeld	„
c	fast unabhängig	sekundäre Nutteilung	fast unabhängig	unabhängig
d	unabhängig	—	fast unabhängig, Querfeld	„

$$M^* = M' + M'' + M^{st};\ L^*_{1s} = L'_{1s} + L''_{1s} + L'''_{1s} + L^{st}_{1s}$$

Abb. 17. Zur Definition der Streuung in elektrischen Maschinen.

Die Krümmung der Maschine sei als unwesentlich vernachlässigt und vorläufig überhaupt nur ein Querschnitt senkrecht zur Maschinenachse betrachtet. Nimmt man $\mu = \infty$ für das Eisen an, so treffen die Kraftlinien senkrecht

[24] W. Rogowski, Mitt. über Forschungsarbeiten d. VdI, H. 71 (1909) und ETZ 1910, S. 1033 u. 1069.
[25] ETZ 1910, S. 1035, Abb. 12...15.

Digitized by Google

auf dem Eisen auf. Die Felder überlagern sich linear sowohl im Luftspalt als auch im Eisen (wegen $\mu = \text{konst.}$). Es gibt nun mehrere Mittel, die Feldverteilung aufzusuchen. Genau ist die Methode der konformen Abbildung[26], die aber hohe mathematische Ansprüche stellt und daher in der Praxis meist nicht gewählt wird. Einfacher ist die graphische Methode[27], die entsprechend schneller zum Ziele führt, aber nur für die Teilkraftlinienfelder verwendet werden darf. Schließlich beschränkt man sich häufig auf Näherungen, da doch viele Vernachlässigungen vom Gesichtspunkte der Vereinfachung notwendig sind.

Kennt man die Feldverteilung und damit das Kraftlinienbild bei einseitigem Leerlauf, wie in Abb. 17 für primären Leerlauf angedeutet, so kann man an die Unterscheidung von Wirkfluß und Streufluß gehen. Zu diesem Zwecke unterteilt man vorteilhaft das Kraftlinienbild in einzelne Flußgebiete, die sich durch die Art der Kraftlinien unterscheiden. Wir treffen so:

Gebiet a: reiner Wirkfluß,
Gebiet b: Gegendurchstreuung des sekundären Leiters, also Wirkfluß und Streufluß, im allgemeinen unbeachtet geblieben,
Gebiet c: reiner Streufluß, bekannt als Zahnkopfstreuung,
Gebiet d: Eigendurchstreuung, bekannt als Nutstreuung.

Wir sehen also die gleichen Gebiete, wie wir sie schon in Abschnitt 6. kennenlernten. Für sekundären Leerlauf ergeben sich ganz analoge Abgrenzungen.

Außer diesen im Querschnitt der Maschine vorhandenen magnetischen Flüssen wird noch um die sog. Stirnverbindungen ein Feld ausgebildet, dessen mathematische Behandlung allerdings noch weit schwieriger durchzuführen ist als für die Felder im Luftraum und in den Nuten. Da sowohl primär als auch sekundär Stirnverbindungen bestehen, ist das Problem ähnlich wie beim Transformator zu behandeln, auch hier wird ein ziemlicher Teil des Magnetfeldes als Wirkfluß abzuspalten sein. Es bestehen ziemlich eingehende Arbeiten über die Streuung der Stirnverbindungen, die sich aber zum Teil erheblich widersprechen[28].

So weit liegen die Verhältnisse einfach, wenn die Maschine ruht. Aber neu und erschwerend für die Betrachtungen tritt die Bewegung der Maschine auf. Abb. 17 war für irgendeinen beliebigen Augenblick herausgegriffen. Bewegt sich jetzt der Läufer, so muß sich das Kraftlinienbild notwendig verändern. Hat sich der Läufer um eine sekundäre Nutteilung weiter bewegt, so ist der alte Zustand wieder hergestellt. Wären sekundär keine Nuten vorhanden, so fiele natürlich diese Veränderung weg, sie ist also eine reine Nutungsangelegenheit.

Wollte man streng die wahren induzierenden Flüsse oder Spulenflüsse bestimmen, so müßte man für jede Stellung im Laufe einer Umdrehung die mit der Zahl der durchsetzten Windungen multiplizierten Wirk- und Streuflüsse je primär und sekundär addieren, etwa an Hand der Abb. 17 für das primär erregte Feld und analog für das sekundär erregte. Man bekäme so für primären Leerlauf etwa primär einen Spulenfluß

$$\Psi_1^* = L_1^* i_1 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (63)$$

und als induzierend wirksam davon

$$\Psi_{12w}^* = M^* i_1, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (63a)$$

wobei L_1^* und M^* ganz gleich wie im Abschnitt 7. bestimmt werden können. Dabei sind aber jetzt L_1^* und M^* von der Stellung des Läufers abhängig. Im vorigen Absatz erkannten wir das Kraftlinienbild bei primärer Erregung nur von der sekundären Nutteilung abhängig und das gleiche wird jetzt von L_1^* gelten. Die primäre Induktivität hat also, wenn man die Bewegung des Läufers zeitlich auffaßt, eine geringe, von der Nutform abhängige Schwankung von der Periode der sekundären Nutteilung (s. Abb. 18). Man könnte leicht einen Mittelwert $\overline{L_1^*}$ angeben und damit weiterrechnen. Dagegen besitzt M^* außer dieser geringen Schwankung eine Veränderlichkeit von der Periode der Polteilung, weil die gegenseitige Durchsetzung der Spulen von der räumlichen Lage abhängt. Fassen wir wieder die Bewegung des Läufers als Zeitvorgang auf, so schwankt M^* zeitlich zwischen einem Höchstwert und einem Werte nahe bei Null (Abb. 18). $M \approx 0$ tritt ein, wenn die felderregende primäre Spule räumlich senkrecht steht auf der zu induzierenden sekundären Spule. Wollte man also die Definition des Streukoeffizienten nach Gl. (10) blind übernehmen, so hätte man

$$\sigma_1^* = \frac{L_1^* - M^*}{M^*} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (64)$$

zu setzen und bekäme damit eine zeitabhängige Größe, die in Abb. 18 ungefähr angedeutet ist. Eine solche Definition hat natürlich gar keinen Wert für die praktische Rechnung, obwohl sie physikalisch eigentlich richtig ist. Genau die gleichen Überlegungen gelten für die sekundäre Seite, da man ja den Läufer in Ruhe und den Ständer relativ zum Läufer entgegengesetzt bewegt denken kann.

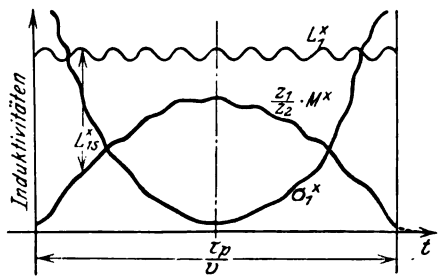


Abb. 18. Der Streukoeffizient in einer Einphasenmaschine.

Es ist also ein Vermittlungsausweg nötig. Man kann prinzipiell auf verschiedene Arten versuchen, die Zeitabhängigkeit der Streukoeffizienten zu beseitigen. Es ist jedoch üblich geworden, die Induktivitäten nur für eine einzige bevorzugte Stellung zu rechnen, und zwar nur für jene, in welcher die beiden Wicklungen die größten Flüsse gegenseitig umfassen (erste Hauptstellung). Man ersetzt also die Maschine durch einen Transformator und denkt die räumliche Flußänderung in eine zeitliche verwandelt. Das hat zwar den Vorzug bequemer Rechnungsweise, aber es ist eine Verschleierung des wirklichen Zusammenhanges. Wir hatten doch festgestellt, daß sich das Kraftlinienbild abhängig von der gegenseitigen Nutenstellung ändert. Es ist daher kein Wunder, daß man neue Streuungen fand, die durch die Bewegung der Maschine hervorgerufen werden sollten, und zwar die „Zickzackstreuung“[29] und die „Differentialstreuung“[30]. Keinesfalls ist aber durch obige Festlegung die Ausnutzung des erregten Magnetfeldes gekennzeichnet, da dieses auch dann besteht, wenn die beiden Spulen räumlich aufeinander senkrecht stehen und fast keine induzierende Wirkung aufeinander ausüben. Der ganze Begriff der Streuung ist bei der einphasigen Maschine in eine Krise getreten, er müßte eigentlich anders als in ruhenden Wechselstromkreisen definiert werden. Hier rettet die Elektrotechnik gewaltsam ihren Streubegriff, weil sie die Verwendung der physikalischen Induktivitäten vermeiden will.

11. Der Einfluß der Magnetisierungskurve auf die Streuung einer Maschine.

Wir hatten bisher Strom und magnetischen Fluß proportional vorausgesetzt und als Proportionalitätskonstante die Induktivität definiert, wie es etwa in Gl. (3) und (9) ausgesprochen ist. Diese Proportionalität konnten wir auch bei Eisen im Falle von $\mu = \infty$ annehmen, und darauf waren die Untersuchungen des vorigen Abschnittes begründet. Diese idealisierende Voraussetzung lassen wir jetzt fallen, um der Wirklichkeit näher zu kommen. Bei Vorhandensein von Eisen hängen nämlich Strom und Fluß über die gekrümmte Magnetisierungskurve oder „Leerlaufcharakteristik“ der Maschine zusammen. Aus diesem Grunde ist die allgemeine Definition der Induktivitäten aus den Teilkraftlinienbildern eigentlich nicht richtig. Man müßte in jedem Falle auf die gesamte magnetische Energie des Kreises übergehen und diese aus den wirklichen Feldverhältnissen berechnen. Und das wäre natürlich für alle Werte beider Ströme notwendig, ja bei Wechselstrom müßten sogar Mittelwerte über die Periodendauer eingeführt werden. Rein theoretisch wäre also die Aufgabe außerordentlich schwierig, meist gar nicht zu lösen.

Nun kommt uns aber ein Umstand sehr zu Hilfe. Schon im vorigen Abschnitt 10. hatten wir festgestellt, daß die Streufelder sich fast nur im Luftraum entwickeln. Für die kurzen Eisenwege, über die sich die Streulinien schließen, kommt die Eisensättigung fast nie in Frage, so daß wir die

[26] R. Gans, Arch. El. Bd. 9, S. 231 (1920); R. Frey, Arb. a. d. El. Inst. Karlsruhe Bd. 4.
[27] R. Richter, Arch. El. Bd. 11, S. 85 (1922) als Beispiel.
[28] R. Richter, Wiss. Veröff. Siem.-Konz. Bd. 2, S. 145; L. Dreyfus, ETZ 1920, S. 106, u. a. m.
[29] R. E. Hellmund, ETZ 1909, S. 25 u. 841; F. Punga, Arch. El. Bd. 7, S. 337 (1919).
[30] R. E. Hellmund, ETZ 1909, S. 841; 1910, S. 356 u. 1111, sowie F. Punga wie Fußnote 29.

Digitized by Google

Streufelder proportional den Strömen annehmen können. Wir dürfen voraussetzen, daß sie ihre Grundform wie im Falle $\mu = \infty$ beibehalten und daß nur zusätzliche Erscheinungen auftreten, die mit der Eisensättigung zusammenhängen, und das ist auch der Grund, warum man in der Elektrotechnik trotz aller Schwierigkeiten und Hindernisse die Streuungsrechnung beibehält und der physikalischen Definition aus den Induktivitäten vorzieht. Es ist nur auf solche Art möglich, die Streurechnung von der Charakteristik loszulösen und für sich zu behandeln.

Was nun die zusätzlichen Erscheinungen anbelangt, so sind sie aus dem Elektromaschinenbau als die allgemeinen Folgen der Eisensättigung bekannt. Je stärker der magnetische Fluß im Eisen wird, desto größer wird gewissermaßen der magnetische Widerstand, es wird magnetischer Fluß in die Luftnebenwege abgedrängt. Diese Erscheinungen sind in der Nut-Zahn-Zone besonders kraß hervortretend und dort auch am meisten bekannt. Wir werden im folgenden, da die Vorgänge für die primäre und sekundäre Seite vollkommen gleichartig sind, zur Vereinfachung primär einen ausgeprägten Pol voraussetzen und nur im Läufer als dem gewählten sekundären Teil eine Nutung.

Als bekannt muß ich annehmen, daß die Zähne der elektrischen Maschinen einen im Vergleich zum Querschnitt sehr großen magnetischen Fluß führen, daß sie also Induktionen von meist über 20 000 Gauß enthalten. Nun bietet sich dem magnetischen Fluß vom Pol her als Parallelweg zum Zahn auch der Luftweg durch die Nut, und dieser Weg wird um so mehr benutzt, je höher die Sättigung der Zähne ist, da mit dieser der magnetische Widerstand der Zähne schließlich so ansteigt, daß er mit jenem der Luft vergleichbar wird. Es bildet sich so ein Hauptlängsfeld durch die Nut aus und überlagert sich jenem, das wir schon in Abb. 17 für $\mu = \infty$ kennengelernt hatten. Die Folge davon ist, daß ein Teil des Wirkflusses zum großen Teile Streufluß wird. Die Sättigung vermehrt also den Streußanteil auf Kosten des Wirkflusses. Man müßte diese Tatsache in Betracht ziehen, wenn man die Streuung einigermaßen genau erfassen will.

Das magnetische Feld weist im Luftspalt gewöhnlich eine ungleichmäßige Verteilung auf, entweder sinusförmig oder trapezähnlich oder irgendeine Zwischenform. Stets besteht gegen die Polspitzen zu ein Abfall der Luftspaltinduktion, wie etwa Abb. 19 durch die Zahl der gezeichneten Kraftlinien verdeutlicht. Der Grund ist im Bilde die Erweiterung des Luftspaltes, in anderen Fällen die Verteilung der erregenden Wicklung in Nuten. Nimmt man beispielsweise Zahn *1* in der Pollücke an, so führt er etwa einen verschwindend kleinen Fluß. Der nächste Zahn *2* weist schon etwas mehr auf, noch mehr Zahn *3* usw. Zahn *4* wird schon nahezu den gleichen Fluß aufnehmen müssen wie der Zahn in Polmitte. Die dadurch bedingte verschieden hohe Induktion in den benachbarten Zähnen wirkt wie ein Potentialgefälle, es werden Kraftlinien aus den stärker belasteten Zähnen in die schwächer belasteten hinübergesogen, und das pflanzt sich bis in die Polmitte fort. Es entsteht so ein Hauptquerfeld (zur Unterscheidung vom Eigenquerfeld des Stromes). Das Hauptquerfeld hat dort sein Maximum, wo die Luftspaltinduktion am stärksten abfällt, und nimmt von dort nach beiden Seiten ab. Die Folge des Querfeldes ist die gleiche wie früher: Es wird ein Teil des reinen Wirkflusses durch die Nuten gedrängt, also Durchstreuung. Es besteht bereits eine ausgearbeitete Theorie über dieses Nutenquerfeld, die allerdings den Nachteil hohen mathematischen Aufwandes besitzt[31], so daß sie nicht Allgemeingut geworden ist. Das ist um so mehr zu bedauern, als gerade dieses Querfeld in manchen Fällen eine starke Beeinflussung des Wirkflusses bzw. dadurch der Streuung hervorrufen kann.

Außer diesen noch anschaulich leicht zu verfolgenden Wirkungen der gekrümmten Charakteristik des Eisens treten an anderen Stellen Sättigungserscheinungen auf, deren Berechnung fast ganz aussichtslos ist. Ich erinnere nur an die Sättigung der Stege bei geschlossenen Nuten, an die Polspitzensättigung bei hohen Belastungen usw. Allen diesen Erscheinungen ist aber gemeinsam, daß sie den Streufluß vergrößern und dementsprechend den Wirkfluß verkleinern.

D. Die Streuung in mehrphasigen Wechselstromkreisen.

Es bietet große Schwierigkeiten, die Streubegriffe auch in mehrphasigen Wechselstromkreisen aufrecht zu erhalten bzw. sie dort eindeutig zu erklären. Die bisherigen Ergebnisse zeigen deutlich, daß man keinesfalls veränderliche Kraftlinienbilder zugrunde legen darf, man kann somit nicht allgemein die Phasenfelder einer Seite (primär oder sekundär) zu einem resultierenden Felde zusammensetzen. Wir wollen die so entstehenden Probleme wieder getrennt an ruhenden Mehrphasensystemen und an den elektrischen Maschinen zu klären versuchen.

[31] L. Dreyfus, Arch. El. Bd. 6, S. 165 (1917); 8. 327 (1918).

12. Die Streuung des mehrphasigen Lufttransformators.

Um die gleiche Systematik beizubehalten, werde zunächst der mehrphasige lineare Lufttransformator behandelt. Es seien etwa das primäre und das sekundäre System in bekannter Verkettung als n-Phasen-Systeme gegeben (Abb. 20), wobei die n Phasen primär mit $a, b, c, \ldots$

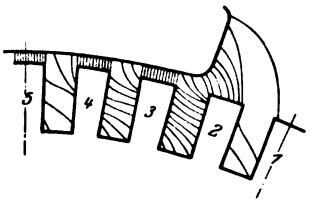


Abb. 19. Das Sättigungsquerfeld in den Nuten.

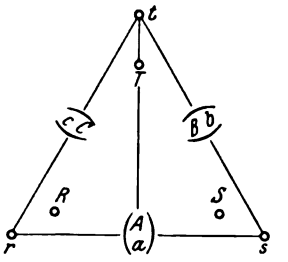


Abb. 21. Allgemeines Schema eines verketteten symmetrischen Dreiphasensystems.

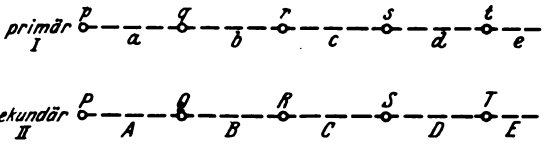


Abb. 20. Allgemeines Schema eines n-Phasen-Systems.

und sekundär mit $A, B, C, \ldots$ bezeichnet und jeweils von den beiden benachbarten linearen Leitern gebildet werden. Die Verkettung der n Phasen zu einem einzigen System bringt in die magnetischen Beziehungen außerordentliche Schwierigkeiten, die einzelnen Phasenspulenflüsse durchsetzen die eigene Phasenspule sowie alle Phasenspulen des eigenen Systems und endlich auch alle Phasenspulen des gegenüberstehenden Systems. In Induktivitäten ausgedrückt erscheinen hier

die Eigeninduktivitäten

$$\left.\begin{array}{l}\text{primär } L_a, L_b, L_c \ldots \\ \text{sekundär } L_A, L_B, L_C \ldots\end{array}\right\}, \quad \ldots\ldots \quad (65a)$$

die Gegeninduktivitäten innerhalb des gleichen Systems

$$\left.\begin{array}{l}\text{primär } M_{ab}, M_{bc}, M_{cd}, \ldots, M_{ac}, M_{ad} \ldots \\ \text{sekundär } M_{AB}, M_{BC}, M_{CD}, \ldots, M_{AC}, M_{AD} \ldots\end{array}\right\}, \quad (65b)$$

und die Gegeninduktivitäten zwischen den beiden Systemen

$$M_{aA}, M_{aB}, M_{aC}, \ldots, \quad M_{aB}, M_{aC}, M_{aD}, \ldots \quad (65c)$$

Bei primärem Leerlauf führt also irgendeine primäre Phase, etwa a, einen Spulenfluß Ψ_a, der sich ausdrücken läßt durch

$$\Psi_a = L_a i_a + \sum_{\varkappa = b, c, \ldots} M_{a\varkappa} i_\varkappa, \quad \ldots\ldots \quad (66$$

und die gegenüberstehende sekundäre Phase A umfaßt einen Spulenfluß

$$\Psi_A = M_{Aa} i_a + \sum_{\varkappa = b, c, \ldots} M_{A\varkappa} i_\varkappa. \quad \ldots\ldots \quad (67)$$

Haben die Ströme der einzelnen Phasen beliebige Kurvenformen, so läßt sich weiter nicht das Geringste aussagen. Während nämlich im Falle des einphasigen linearen Lufttransformators geschrieben werden konnte

$$\Psi_1 = L_1 i_1, \qquad \Psi_2 = M i_1$$

und daraus die Streuinduktivität einfach nach

$$L_{1s} = L_1 - \frac{z_1}{z_2} M = \frac{\Psi_1}{i_1} - \frac{z_1}{z_2} \frac{\Psi_2}{i_1} \quad \ldots\ldots \quad (68)$$

definiert war [s. Gl. (55) und (56)], ist eine Übertragung auf Gl. (66) und (67) auch nicht entfernt möglich.

Man ersieht jedoch, daß formal eine Rettung des Streuungsbegriffes möglich wird, wenn die Amplituden der Ströme alle gleichgroß sind und die Ströme selbst zeitlich symmetrisch verlaufen, d. h. gleiche gegenseitige

Digitized by Google

Phasenlage und Sinusform besitzen[32]. Dann können die Ströme eines n-Phasen-Systems geschrieben werden

$$\left.\begin{aligned} i_a &= I_1 \sin \omega t, i_b = I_1 \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{n}\right), \\ i_\varkappa &= I_1 \sin\left(\omega t - (\varkappa - 1)\frac{2\pi}{n}\right). \end{aligned}\right\} \quad \ldots (69)$$

Führt man diese Ausdrücke in Gl. (66) und (67) ein, so lassen sich bei trigonometrischer Zerlegung und Wiedervereinigung die Formeln gewinnen

$$\left.\begin{aligned} \Psi_a &= L_a I_1 \sin(\omega t - \varphi_a) \\ \Psi_A &= M_A I_1 \sin(\omega t - \varphi_A), \end{aligned}\right\} \quad \ldots (70)$$

wobei die primäre Gesamtinduktivität L_a sowie die sekundäre Wirkinduktivität M_A durch die Induktivitäten nach Gl. (65) definiert sind:

$$L_a = \sqrt{\left[L_a + \sum_{\varkappa = b,c,\ldots} M_{a\varkappa} \cos\frac{2\pi}{n}(\varkappa - a)\right]^2 + \left[\sum_{\varkappa = b,c,\ldots} M_{a\varkappa} \sin\frac{2\pi}{n}(\varkappa - a)\right]^2} \quad \ldots (71)$$

$$M_A = \sqrt{\left[\sum_{\varkappa = a,b,c,\ldots} M_{A\varkappa} \cos\frac{2\pi}{n}(\varkappa - a)\right]^2 + \left[\sum_{\varkappa = a,b,c,\ldots} M_{A\varkappa} \sin\frac{2\pi}{n}(\varkappa - a)\right]^2} \quad \ldots (72)$$

und die Phasenwinkel φ_a, φ_A sich ebenfalls einfach rechnen lassen. Damit sind formal ähnliche Ausdrücke wie im einphasigen Fall gefunden, und man kann eine Streuinduktivität

$$L_{a_s} = L_a - \frac{z_1}{z_2} M_A \quad \ldots (73)$$

definieren wollen. Es liegt allerdings zwischen den beiden Phasenflüssen nach Gl. (70) eine zeitliche Phasendifferenz, aber da es schließlich nur auf die Effektivwerte der Spannungen ankommt, kann man davon absehen und die Amplituden der Flüsse allein vergleichen, wobei dann Gl. (73) für die primäre Seite resultiert und eine vollkommen gleiche Bildung für die sekundäre Seite abgeleitet werden kann. Solche Definitionen müssen aber unbedingt als gekünstelt empfunden werden, und die Praxis hat sie auch nie richtig übernommen.

In besonderen Fällen tritt eine erhebliche Vereinfachung der Beziehungen ein, so vor allem beim räumlich symmetrischen linearen Dreiphasensystem etwa nach Abb. 21. Die Induktivitäten Gl. (65 a bis c) können aus Symmetriegründen folgendermaßen reduziert werden:

$$\left.\begin{aligned} L_a &= L_b = L_c = \ldots = L_I \\ L_A &= L_B = L_C = \ldots = L_{II} \end{aligned}\right\} \quad \ldots (74a)$$

$$\left.\begin{aligned} M_{ab} &= M_{ac} = M_{bc} = M_I \\ M_{AB} &= M_{AC} = M_{BC} = M_{II} \end{aligned}\right\} \quad \ldots (74b)$$

$$\left.\begin{aligned} M_{aA} &= M_{bB} = M_{cC} = M' \\ M_{bA} &= M_{cA} = \ldots = M'' \end{aligned}\right\} \quad \ldots (74c)$$

Damit und mit $n = 3$ werden die Ersatzinduktivitäten Gl. (71) und (72) vereinfacht zu

$$\left.\begin{aligned} L_a &= L_I - M_I \\ M_A &= M' - M''. \end{aligned}\right\} \quad \ldots (75)$$

Somit erhält man eine Streuinduktivität

$$L_{a_s} = (L_I - M_I) - \frac{z_1}{z_2}(M' - M''), \quad \ldots (76)$$

welche sehr leicht aus den Daten den Definitionen (74 a bis c) berechnet werden kann. In diesem Falle hat auch die Vergleichung der Spulenflüsse Ψ_a und Ψ_A einen Sinn, weil die beiden Phasenwinkel

$$\varphi_a = \varphi_A = 0$$

werden und man somit gleichphasige Flüsse vor sich hat. Gl. (76) ist also eine physikalisch eindeutige, einwandfreie Definition der Streuinduktivität eines linearen symmetrischen Dreiphasensystems. Wir wollen noch etwas weitergehen und an Hand eines Kraftlinienbildes die Definition (76) untersuchen. Sei also etwa in Abb. 22 das Kraftlinienbild der mit dem Strome $\pm i_1$ erregten Phase a (von den Leitern r, s gebildet) gezeichnet, dann kann man das Bild in Gebiete entsprechend den Induktivitäten unterteilen. Wegen der Linearität der Leiter ist abzulesen

$$L_I = 2 M_I$$
$$M' = 2 M'',$$

daher wird Gl. (76)

$$L_{a_s} = M_I - \frac{z_1}{z_2} M'', \quad \ldots (77)$$

und aus dem Kraftlinienbild ist zu ersehen, daß dies die Induktivität des tatsächlichen Streuflusses zwischen den Phasenleitern r und R ist! Man kann also, und das ist für die praktische Rechnung ungeheuer wichtig, bei der symmetrischen Anordnung den Streufluß identifizieren mit dem halben nur primär verketteten Fluß bei Erregung einer einzigen Phase. Der symmetrische dreiphasige Fall geht somit vollkommen auf den einphasigen Fall zurück, nur daß nicht Hin- und Rückleitung, sondern nur eine Leitung in Betracht zu ziehen ist.

13. Die Streuung des mehrphasigen Transformators mit Eisen.

Gewöhnlich bringt man auf den Schenkel eines mehrphasigen Transformators die Primär- und Sekundärwicklung je einer Phase auf. Da sich das Feld jeder Phase im ganzen Raum ausbreitet, hatte man zur Streuungsrechnung auch die gegenseitige Induktion der Phasen über die Luftfelder hinweg zu berücksichtigen. Es wäre daher im allgemeinen Fall für die Streuinduktivität einer Phase nur die Definition (73) mit (71) und (72) möglich. Da jedoch durch die Eisenschenkel eine Verlagerung des Luftfeldes derart bewirkt wird, daß nur der Luftraum in Eisennähe wesentliche Beiträge zum Streufluß abgibt, kann man sich bei der Streurechnung auf diese beschränken. Damit wird der mehrphasige Transformator auf eine Reihe unabhängiger einphasig gewickelter Eisenkerne zurückgeführt und die Streuungsrechnung bleibt wesentlich gleich wie im einphasigen Fall.

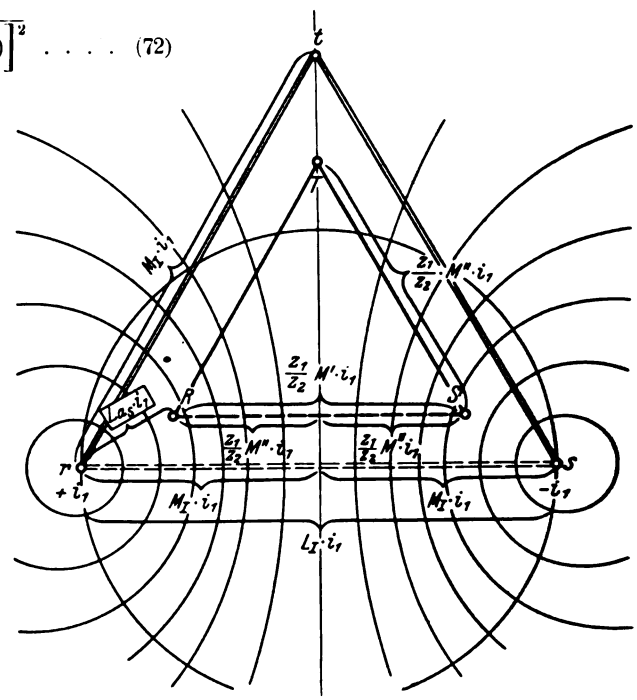


Abb. 22. Feldbild eines verketteten Dreiphasensystems bei Erregung einer Phase.

Man hat somit das Paradoxon: Praktisch sind für die Streuungsrechnung die einzelnen Phasen vollkommen gleichwertig, für den Wirkfluß ist gegebenenfalls die Unsymmetrie infolge ungleicher Eisenwege in Betracht zu ziehen. In der mathematischen Behandlung des Transformators sind die Streuungswege unsymmetrisch infolge der gegenseitigen Beeinflussung, während die Wirkflüsse im Eisen wegen der allgemeinen Voraussetzung $\mu = \infty$ vollkommene Symmetrie aufweisen.

14. Die Streuung der mehrphasigen Maschine.

Die großen Schwierigkeiten, die Streuung einer mehrphasigen Maschine auch nur annähernd zu definieren, verschwinden, wenn man vom resultierenden Feld in einer Maschine auf die Überlegungen des Abschnittes 12. übergeht. Aus Betriebsgründen führt man die Wicklungen im Ständer und Läufer der elektrischen Maschinen gewöhnlich vollkommen symmetrisch aus. Bringt man also Ständer und Läufer in die gegenseitige Stellung von Abb. 22, so kann man trotz des Eisens doch die Streuflüsse

[32] Es ergibt sich hiermit ein sehr charakteristisches Analogon zur allgemeinen Definition von Schein-, Wirk- und Blindleistung; vgl. E. Weber, El. u. Maschinenb. Bd. 47, S. 277 u. 301 (1929).

Digitized by Google

einer Phase aus dem Kraftlinienbild bei einseitiger Erregung genau wie im einphasigen Fall bestimmen. Wegen der verteilten Wicklungen treten jetzt die Durchstreugebiete in Erscheinung, aber prinzipiell ändert sich gegenüber dem einphasigen Falle gar nichts, die Überlegungen der Abschnitte 10. und 11. bleiben somit auch hier geltend. Es ist nur zu beachten, daß die Streufelder aus dem Kraftlinienbild bei Erregung einer einzigen Phase zu entnehmen sind, nicht aber etwa aus dem resultierenden Kraftlinienbild bei Erregung aller primären oder aller sekundären Wicklungen!

Zur leichteren Behandlung der Vorgänge in Mehrphasenmaschinen setzt man gewöhnlich die Phasenwirkfelder im Luftspalt zu einem einzigen „Drehfeld" zusammen. Das kann dort geschehen, wo der Luftspalt klein ist und daher die Wirkinduktion im Luftspalt rein radiale Richtung besitzt, denn dann geht die geometrische Addition der Feldstärke nach Abb. 12 in eine algebraische Addition über. Sind die Luftspalte groß oder ungleichmäßig (etwa wie in Synchronmaschinen mit ausgeprägten Polen), so kann man das Drehfeld nur näherungsweise in die Rechnung einführen, streng richtig ist dann diese Behandlungsweise nicht mehr, weil dann die Feldverteilung im Luftspalt nicht konstant bleibt. Ebenso darf man die Felder um die Stirnverbindungen nicht zu einem resultierenden Drehfeld vereinigen, weil die Luftfelder der einzelnen Phasen sich eben in jedem Punkte geometrisch zusammensetzen. Die Ausdrucksweise eines „Dreh-Strombelages" in den Stirnverbindungen ist nur eine sehr entfernte Näherung an die wirklichen Feldverhältnisse.

War schon im einphasigen Fall die Bewegung des Läufers für die genaue Definition der Streuung verhängnisvoll geworden, so gilt das um so mehr bei der mehrphasigen Maschine. Zu den in Abschnitt 10. behandelten Schwankungen der Induktivitäten tritt jetzt noch eine Unsymmetrie, die eine Definition der Streuung wie im einphasigen Fall überhaupt nicht gestattet. Diese Zurückführung war ja nur für eine symmetrische Stellung im Sinne von Abb. 22 erlaubt. Durch die Bewegung des Läufers wird aber diese Symmetrie gestört, man müßte eigentlich für jede Stellung nach den Formeln (73) mit (71) und (72) rechnen. Die praktische Elektrotechnik nimmt davon aber nicht Kenntnis, sondern legt die Rechnung des symmetrischen Falles der Theorie der Maschinen zugrunde. Es ist daher klar, daß die Prüfergebnisse mit den Rechnungen nicht gut übereinstimmen, und daher zeigt sich gerade in der Streuungsrechnung bei elektrischen Maschinen eine außerordentliche Vielfältigkeit von Näherungsformeln, die jeweils für gewisse Zwecke am geeignetsten erscheinen und für die einzelnen Typen gute Werte liefern. Wir können den Begriff der Streuung bis in dieses schwierigste Gebiet wohl verfolgen, auch formelmäßig festlegen, aber nicht mehr verlangen, daß allgemein danach gerechnet werde.

RUNDSCHAU.

Elektromaschinenbau.

Hochbeanspruchte Schmiedestücke im Elektromaschinenbau. — Die hauptsächlichen hochbeanspruchten Schmiedestücke im Elektromaschinenbau sind die Massivkörper der Turboläufer und deren Wicklungskappen, ferner die Läuferringe und Pole der Synchronmaschinen und größere Wellen für Übertragung hoher Drehmomente, also für Walzwerksmaschinen, Generatoren mit Dieselmotorantrieb usw. Daneben sind aber auch große Wellen, die an und für sich nicht hohen Beanspruchungen ausgesetzt sind, wegen ihrer oft sehr großen Abmessungen und schwierigen Herstellung besonders beachtenswert. Für diese Maschinenteile wird nur geschmiedeter Stahl verwendet.

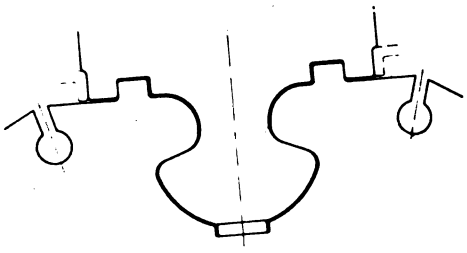
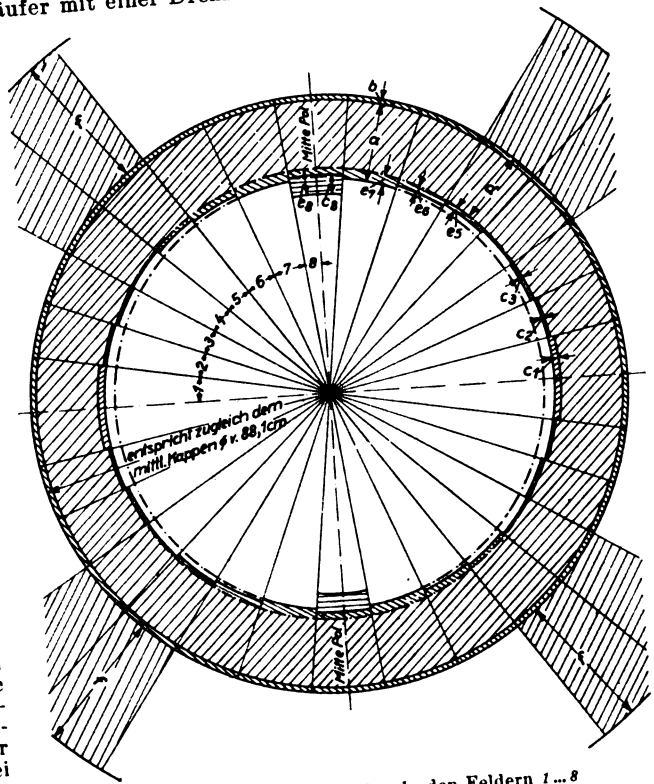


Abb. 1. Polbefestigung.

Die Grenzen der Beanspruchungsmöglichkeit sind im Elektromaschinenbau nicht ohne weiteres zu geben. Vielmehr ist jeweils zu untersuchen, um welche Art von Beanspruchungen es sich handelt. Bei dauernd wirkenden Zugbeanspruchungen geht man schon bis zu 15 % an die Streckgrenze heran. Bei dynamischen Wechselbeanspruchungen dagegen muß auch die Werkstoffprüfung dynamisch erfolgen und die maximale Beanspruchung unter der sogenannten Dauerfestigkeit liegen. Bei Teilen, bei denen keinerlei bleibende Dehnungen auftreten dürfen, muß die Beanspruchung von der Proportionalitätsgrenze abhängig gemacht werden. Die Richtungen der hauptsächlichsten Beanspruchungen sind tangential und radial, mithin nicht parallel zur Streckrichtung der Warmverformung. Deshalb sind die verlangten Festigkeitseigenschaften in diesen Richtungen schwerer zu erreichen, während die Festigkeitswerte in der Achsrichtung — ohne daß hier hohe Beanspruchungen vorliegen — ohne Schwierigkeiten erreicht werden.

Die Turboläufer sind auf Grund der Materialbeanspruchung in der Umfangsgeschwindigkeit und damit im Durchmesser beschränkt. Als größter Durchmesser für zweipolige Läufer wird deshalb heute rd. 1000 mm, bei vierpoligen rd. 2000 mm gewählt. Da auch die Länge begrenzt ist durch die kritischen Drehzahlen, sind die z. Z. erreichten Spitzenleistungen etwa 80 000 kVA bei 3000 U/min und rd. 160 000 kVA bei 1500 U/min. Langsamer laufende Maschinen mit ausgeprägten Polen und Turboläufer mit einer Drehzahl von 1500 werden vielfach nicht



a Fliehkraft des Kupfers mit Isolation in den Feldern *1* ... *8*
b Fliehkraft des Isoliermantels plus Dämpferring aus Kupfer
c_1, c_2, c_3, c_8 Fliehkraft der Distanz- und Haltestücke in den Feldern *1*, *2*, *3* und *8*
d Teil der am ganzen Umfang in gleicher Höhe wirkenden Gesamtfliehkraft
e_5, e_6, e_7, e_8 in den Feldern *5*, *6*, *7* und *8* über den gleichmäßig wirkenden Betrag *d* hinwegreichender Teil der Gesamtfliehkraft
f Fliehkraft der Kappe selbst

Abb. 2. Lastenverteilung bei Wicklungskappen für 40 000 kVA-Turbogenerator.

als Massivkörper hergestellt, sondern aus Platten aufgebaut, die dann auf die eigentliche Welle aufgeschrumpft werden.

Digitized by Google

Für Maschinen mit ausgeprägten Polen wurden neuerdings Versuche mit einer Polbefestigungsart (Abb. 1) ausgeführt, die deren bedeutende Überlegenheit zeigten. Die Polwurzel vermag starke Druckkräfte aufzunehmen, ohne daß eine Deformation eintritt. Die im Bild deutlich erkennbaren Ansätze *a* verhindern das Auftreten von Biegungsmomenten, so daß die Polwurzel fast ausschließlich auf Zug beansprucht wird. Dabei ist es natürlich nicht ausgeschlossen, daß zunächst an einzelnen Stellen ein geringes Fließen einsetzt und erst nach diesem Vorgang die Leisten *a* wirklich intensiv zur Anlage kommen.

Die Wicklungskappen der Turboläufer werden rein auf inneren Überdruck und durch Eigenfliehkraft beansprucht. Bei richtiger Verteilung der darunter liegenden Wickelköpfe und Wickelkopfabstützungen ist die Unsymmetrie in der Belastung so gering, daß zusätzliche Momente in der Kappe nicht auftreten oder wenigstens in so geringem Maße, daß ihre Berücksichtigung nicht notwendig ist. In Abb. 2 ist die Belastung der Wicklungskappe einer ausgeführten 40 000 kVA-Maschine für 3000 U/min gezeigt und zu ersehen, wie gering die Unsymmetrie der Belastung ist.

Bei der Werkstoffprüfung ist die Probeentnahme so durchzuführen, daß die Werkstoffeigenschaften sowohl an den Stellen höchster Beanspruchungen als in der Richtung höchster Beanspruchungen bekannt sind. Neben der Prüfung der Festigkeitseigenschaften wird bei allen größeren Schmiedestücken auch eine Untersuchung des Gefüges durchgeführt, um Rückschlüsse auf die Wärme- und Schmiedebehandlung ziehen zu können. Für die Beobachtung der Oberfläche von den Bohrungen in Turboläufern und der Probenentnahmestellen hat sich ein Stereoskop gut bewährt. Die Wicklungskappen werden nicht nur an angeschmiedeten Probestücken untersucht, sondern auch noch mit einem gegenüber der Betriebsbeanspruchung erhöhten Druck abgepreßt. Neben den physikalischen Untersuchungen und Gefügeprüfungen werden an den Schmiedestücken chemische Untersuchungen ausgeführt, in der Regel an Bohrspänen aus Probestücken. Diese Untersuchungen haben den Zweck, die Legierung festzustellen, also den Mangan-, Nickel- und Chromgehalt, sowie die vorhandenen Verunreinigungen durch Schwefel und Phosphor. Sofern die Schmiedestücke magnetisch leitend sein sollen, also insbesondere an geschmiedeten Polen, werden auch magnetische Untersuchungen durchgeführt. (E. Lasswitz, Bergmann-Mitt. 1929, S. 196.) *Sb.*

Apparate.

Französische Kurzschlußversuche an Ölschaltern. — Weil fast alle Mitteilungen über Kurzschlußversuche mit Ölschaltern in der Veröffentlichung derart spärlich mit Angaben ausgerüstet sind, daß sich Gesetzmäßigkeiten nur in recht beschränktem Umfange daraus ableiten lassen, hat die Union des Syndicats de l'Electricité en France im Laufe des Jahres 1927 umfangreiche Versuche durchgeführt, die mit allen Einzelheiten in einem Sonderheft zusammengestellt wurden. Besonders wertvoll an diesen Untersuchungen ist, daß jeder der 27 Schalter, die untersucht wurden, mit genauen konstruktiven Daten, oft mit Skizze, ausgestattet ist. Häufig ist auch die Geschwindigkeitskurve gegeben.

Die Compagnie Parisienne de Distribution stellte 2 zweiphasige Turbogeneratoren von 12 000 kW bei 12 000 V und die Hilfsmittel des Nordkraftwerkes zur Verfügung. Während der Versuche wurde einer der Generatoren beschädigt. Eine Auswertung der Versuche ist nicht vorgenommen, nur die Ergebnisse wurden berichtet. Die erreichten Kurzschluß-Abschaltströme lagen in der Größenordnung von 2000 ... 12 000 A, die wiederkehrende Spannung betrug etwa 8000 ... 10 000 V, wenn die Generatoren mit voller Erregung fuhren. Gemessen wurde außer Strom und Spannung in jeder Phase auch der Druckverlauf im Schalter und in seinem Luftpolster. Bei normalen Abschaltungen bewegte sich der erstere in der Größenordnung von 2 atü; der letztere lag, soweit die Aufzeichnung durch den Oszillographen erfolgte, teils darüber, teils darunter, so daß eine Gesetzmäßigkeit nicht zutage tritt.

Die untersuchten Schalter gehörten der Kasten- und der Löschkammertype an. Teilweise arbeitete man mit besonderen Einrichtungen z. B. elektrodynamisch kompensierten Kontakten oder Vorrichtungen, die das Öl auf den Lichtbogenfußpunkt strömen lassen sollten, oder hatte besondere Auspufftöpfe oder Ölspiegelbedeckung aus gelochtem Blech. Fast alle Schalter hatten Kesselauskleidung und, soweit es Einkesselschalter waren, Phasentrennwände eingebaut. Die Nennspannung der Schalter lag bei etwa 15 000 V, der Traversenhub zwischen 120 und 200 mm, die Ölhöhe über den Unterbrechungsstellen zwischen 180 und 450 mm.

Fast alle Schalter zeigten bei der Abschaltung der obengenannten Höchstwerte starke Rauchbildung und reichlichen Ölauswurf. Verschiedene Schalter wurden zersprengt, und besonders häufig traten Störungen ein, weil die Verbindung und Dichtung zwischen Kessel und Deckel unzureichend waren. Auch Verschmorungen traten in solchem Umfang ein, daß bei einzelnen Schaltern die Weiterführung der Versuche aufgegeben werden mußte. Einwandfrei haben von 27 Schaltern nur etwa 7 gearbeitet, wiederholt traten Explosionen mit anschließendem Ölbrand auf.

So muß das Ergebnis als recht unbefriedigend bezeichnet werden, um so mehr als die Versuche keineswegs systematisch vorgenommen wurden, also nicht gestatten, irgendeine Gesetzmäßigkeit herauszuarbeiten. Hier wäre weniger mehr gewesen, wenn man an einigen Schaltern durch systematische Veränderung der maßgebenden Größen die für eine fruchtbare und wirtschaftliche Weiterentwicklung notwendige Kenntnis vom Abschaltvorgang vertieft hätte. Auch der Bericht schließt mit dem Hinweis auf die Notwendigkeit planmäßigerer Arbeit, bringt aber (im Jahre 1927!) den Optimismus zum Ausdruck, daß der Konstrukteur wenig mehr am Ölschalter zu verbessern hat. Auch die Meinung, daß die sichere Stromunterbrechung, fußend auf der Kenntnis der Lichtbogeneigenschaften, eine fast gelöste Frage darstelle, wird einigem Widerspruch begegnen. (Sonderheft der Union des Syndicats de l'Electricité en France 1929 und Helios Bd. 36, S. 137.) *A. L. M.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

Aufzeichnung der Hysteresisschleife mit der Braunschen Röhre. — Die Verwendung der Braunschen Röhre zur Aufzeichnung der Hysteresiskurve ist an sich schon längst bekannt. Das Verfahren zeichnet sich gegenüber der punktweisen Bestimmung durch seine große Schnelligkeit aus, die es gestattet, das Verhalten magnetischer Stoffe bei verschiedenen magnetischen oder thermischen Beanspruchungen in kürzester Zeit zu studieren. Vor der punktweisen Aufzeichnung hat die mit der Braunschen

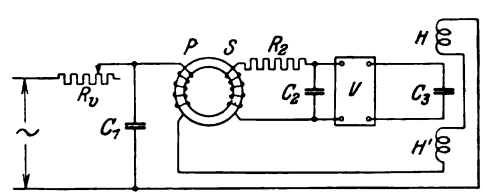


Abb. 3. Grundschaltung.

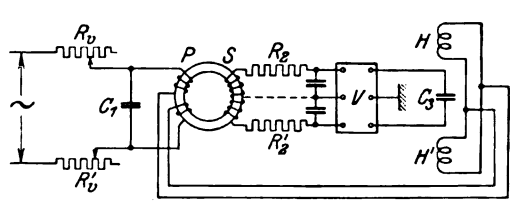


Abb. 4. Schaltung der praktischen Ausführung.

Röhre den Vorteil, daß die Fläche der Kurve unmittelbar den gesamten Energieverlust der Proben angibt, also auch die Wirbelstromverluste, im Gegensatz zu der punktweisen Bestimmung der Kurve, mit der man nur die Hysteresisverluste erhält. Der von Johnson beschriebene Apparat besteht aus einem Kathodenstrahl-Oszillographen in Verbindung mit einem Verstärker. Er ist schon seit 1924 bei der Bell Co. in Betrieb, besonders zum Studium des Verhaltens verschiedener Legierungen der Permalloy-Klasse. Es wurden dabei die Hysteresiskurven aufgenommen, beginnend mit der Sättigung bis herab zu einem Durchfluß von etwa 1 Maxwell. Die dem Aufsatz beigegebenen Kurven zeigen Hysteresisschleifen von Armco-Eisen und Permalloy für Frequenzen von 25, 200 und 1000 Hz in starken und schwachen Feldern, mit oder ohne mechanische Zusatzspannung, bei Temperaturen von Zimmertemperatur bis zum Umwandlungspunkt. Derartige Bilder geben am besten eine Vorstellung von der vielseitigen Anwendbarkeit des Oszillographen für diesen Zweck.

Die Grundschaltung ist in Abb. 3 gezeigt, die tatsächliche Ausführung in Abb. 4. Die Ring- oder Stabprobe trägt die Primär- und Sekundärspulen *P* und *S*. *P* wird über einen Regelwiderstand R_v aus der Wechselstromquelle gespeist unter Parallelschaltung eines sehr großen

Digitized by Google

Elektrolytwiderstandes C_1 mit etwa 1200 µF Kapazität. Die Sekundärspule ist über einen sehr großen Widerstand R_2 und einen Kondensator C_2 geschlossen. Ist der Scheinwiderstand von C_2 klein gegen R_2, so wird der Strom in diesem Kreise im wesentlichen durch den Widerstand R_2 bestimmt und ist deshalb proportional der Spannung in der Prüfspule. Die Ladung des Kondensators und damit auch die Spannung an seinen Klemmen ist aber proportional dem Zeitintegral des Stromes, mit anderen Worten: proportional dem magnetischen Fluß in der Probespule. Die Spannung wird auf einen verzerrungsfreien Verstärker V gegeben und verstärkt auf die Ablenkungsplatte C_3 der Braunschen Röhre geschaltet. Der Magnetisierungsstrom der Probe fließt unmittelbar in Reihe mit der Primärwicklung P über die Sekundärspule H, H' des Oszillographen. Man erhält also zwei aufeinander senkrechte Schwingungen, die Abszisse beispielsweise proportional dem Magnetisierungsstrom, die Ordinate proportional dem Fluß in der Spule, das ganze gibt die Hysteresisschleife.

Die Spannung am Kondensator ist gegeben durch die Gleichung:

$$e = 10^{-8} \int_{-\infty}^{t} \frac{n q}{R C} \frac{\mathrm{d}B}{\mathrm{d}t} \mathrm{d}t = \frac{n q}{R C} B \cdot 10^{-8} \text{ [Volt]},$$

wobei n die Windungszahl der Prüfstelle, q den Querschnitt bedeuten. Die Eichung der Verstärkereinrichtung erfolgt durch Anlegen einer bekannten kleinen Wechselspannung an den Anker. In der tatsächlichen Ausführung muß eine symmetrische Anordnung mit einem symmetrischen Verstärker benutzt werden, entsprechend Abb. 4, grundsätzlich ist aber gegenüber Abb. 3 an der Schaltung nichts geändert.

Über die praktische Ausführung werden folgende Mitteilungen gemacht: Der Kondensator C_2 besteht aus Papierkondensatoren in der Stufung 1, 3, 6, 10 µF, zusammen max. 100 µF. Die zwei Widerstände in Abb. 4 können von 12 000 Ω bis 1 Mill Ω geändert werden. Der Verstärker besitzt auf jeder Seite vier Röhren der Western-Type 102 D, widerstand-kapazitäts-gekoppelt. Die Zeitkonstante des Kopplungskreises ist 8 s, ausreichend bis herab zu 10 Hz. Der Verstärker muß elektrisch, magnetisch, mechanisch und akustisch geschützt sein. Als Braunsche Röhre wird die Western-Type 224 B verwendet, die photographischen Aufnahmen erfolgen mit einem Objektiv mit dem Öffnungsverhältnis $f = 1 : 1{,}9$ auf Platten oder Filmpack. Der Kondensator C_1 parallel zu der Primärwicklung P hat drei wichtige Funktionen:

a) er glättet die Riffeln des Magnetisierungsstromes aus, die, wenn sie zu groß werden, sekundär Hysteresisschleifen in der Kurve hervorrufen würden;
b) er gibt der Stromquelle eine sehr kleine Wechselstromimpedanz, so daß der Magnetisierungsstrom im wesentlichen nur durch die Gegen-EMK der Magnetisierungspule bestimmt wird;
c) der Lichtfleck der Oszillographenröhre wird auf diese Weise an den steilen Stellen langsamer wandern und schneller an den Stellen der Sättigung, so daß sich die Kurve gleichmäßiger aufhellt.

Die Proben werden in Ring- oder in Stabform geprüft. Um während der thermischen Behandlung die Aufnahmen machen zu können, hat man einen besonders kleinen Ofen für Ringproben gebaut, bei dem sowohl die Primär- als auch die Sekundärwicklung um den Ringofen herumgelegt sind. — Die weiteren Ausführungen des Aufsatzes beziehen sich auf die Diskussion der Fehlermöglichkeiten. Hinsichtlich der Beobachtungsfehler wird eine Genauigkeit von 1 % für B und 2 ... 3 % für H_c festgestellt. Dazu hat man noch Eichfehler von etwa 1 % zu gewärtigen. Im ganzen beträgt der wahrscheinliche Fehler einer solchen Aufnahme etwa ±4 %. (J. B. Johnson, Bell syst. techn. Journ. Bd. 8, S. 286.) *Kth.*

Beleuchtung.

Lichtpauslampe. — Es bürgert sich mehr und mehr ein, Lichtpausen auch bei kleinerem Bedarf in Architekten- und Ingenieurbüros selbst herzustellen. Die bisher üblichen Lichtpaus-Bogenlampen haben in der Regel 10 ... 12 A und mehr Stromaufnahme und verlangen einen dementsprechend gesicherten Kraftanschluß, der nur in den seltensten Fällen im Büro vorhanden ist. Neuerdings ist nun eine kleine, besonders einfache und wohlfeile Lichtpausbogenlampe durchgebildet worden, die an jede normale Lichtleitungssteckdose anzuschließen ist (Abb. 5)[1]. Es handelt sich um eine für Gleich- und Wechselstrom brauchbare Hauptstrom-Bogenlampe der Körting & Mathiesen AG., Leipzig-Leutzsch, mit abgeschlossenem Reinkohlenbogen. Bei 150 bis 160 V Bogenspannung und rd. 40 mm Bogenlänge braucht sie 5 ... 6 A. Wie bei allen derartigen Hochspannungsbogen erhält man sehr viel kurzwelliges aktinisches Licht. Die Abdichtung der Glasglocke erfolgt ohne ein dem Verschleiß unterliegendes Abdichtmittel. Der geschliffene Glockenrand wird durch einen beweglichen, federnden Bügel direkt gegen den abgedrehten Brennteller gedrückt. Die Stromzuführung zu dem unteren Kohlenhalter bzw. zu dessen Traggestänge erfolgt in der Mitte eines stromleitenden Verbindungsbügels. Auf diese Weise wird mit Sicherheit

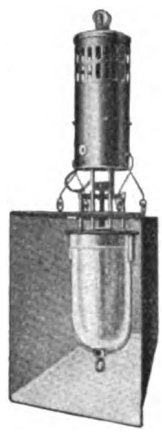


Abb. 5. Lichtpauslampe für seitliche Ausstrahlung.

Abb. 6. Vorschaltwiderstand.

Abb. 7. Lichtpauslampe mit Ellipsokopreflektor.

erreicht, daß alle Teile des unteren Gestänges gleichmäßig strombelastet sind. Das Regelwerk ist nach dem Hauptstromprinzip gebaut. Der Solenoidkern ist an Ausgleichfedern aufgehängt. Der Kohlennachschub erfolgt nach dem bekannten Bruschklemmen-Prinzip. Der Vorschaltwiderstand der neuen Lampe wird nicht, wie das vielfach vorgeschlagen worden ist, in die Lampe eingebaut, sondern getrennt für sich als kleines rundes Gehäuse entweder an der Wand aufgehängt oder auf den Fußboden gestellt (Abb. 6). Die Schaltung ist dann wesentlich einfacher, und das Regelwerk leidet nicht unter der Widerstandswärme und ist bei etwaigen Reparaturen leichter zugänglich. Bei Gleichstrom muß man natürlich auf richtige Polung achten. Die neue Lichtpauslampe wird mit einem sogenannten Ellipsokopreflektor (Abb. 7) oder mit einem Reflektor für seitliche Ausstrahlung gebaut und kann auch ohne Armatur in kleineren Lichtpausmaschinen Verwendung finden.

Einen Überblick über Pauszeiten und -größen gibt die nachfolgende Tafel.

	Pauszeiten und Pausflächen			
	Art der Pausen	Blaupause	Weißpause	Ozalidpause
Armatur für Lichtausstrahlung nach unten („Ellipsokop")	Abstand der Pausfläche von Unterkante Reflektor in cm	70	70	70
	Größe der Pausfläche in cm × cm	80 · 80	60 · 60	60 · 60
	Belichtungszeit in min. rd. bei Gleichstrom	2,5	20	2,5
	Belichtungszeit in min. rd. bei Wechselstrom	5	50	5
Armatur für Lichtausstrahlung nach der Seite	Abstand der Pausfläche von Vorderkante Reflektor in cm	70	70	70
	Größe der Pausfläche in cm × cm	60 · 60	50 · 50	50 · 50
	Belichtungszeit in min. rd. bei Gleichstrom	1,5	12	1,5
	Belichtungszeit in min. rd. bei Wechselstrom	3	24	3,5

E. Weiße, Leipzig.

Bahnen und Fahrzeuge.

Ausbau des Stuttgarter Nahverkehrs. — Nachdem der Staat Württemberg die notwendigen Mittel zur Verfügung gestellt hat, wird die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft

[1] Die Abbildungen wurden von der Körting & Mathiesen AG. zur Verfügung gestellt.

Digitized by Google

den bereits begonnenen Ausbau und die Elektrisierung des Stuttgarter Nahverkehrs fortsetzen. Auf den Strecken Stuttgart—Ludwigsburg und Stuttgart—Eßlingen wird der Bau der dritten und vierten, für den Nahverkehr bestimmten Gleise beendet werden. Gleichzeitig soll auch die Strecke Ditzingen—Leonberg, die einen Teil der z. Z. noch eingleisigen Strecke Zuffenhausen—Weil der Stadt bildet, zur Verbesserung der Kreuzungs- und Überholungsmöglichkeiten zweigleisig ausgebaut werden. Die Strecken Stuttgart—Eßlingen und Stuttgart—Ludwigsburg sind Teile der für die spätere Elektrisierung vorgesehenen süddeutschen Ost-West-Linie München—Stuttgart—Karlsruhe. Die Elektrisierung der Nahverkehrstrecken wird infolgedessen auch mit dem für die Fernbahnen genormten Einphasen-Wechselstrom durchgeführt. Als Verkehrsmittel für den Nahverkehr sind Triebwagenzüge mit Triebwagen an beiden Enden und vier dazwischenlaufenden zweiachsigen Beiwagen vorgesehen. (Zg. V. Dt. Eisenb.-Verw. Bd. 70, S. 895.)

Fernmeldetechnik.

Untersuchung über die Ausbreitungsvorgänge ultrakurzer Wellen. — Aus früheren Untersuchungen entstand die Annahme, daß die Wellen unter 10 m dem Gesetz der Lichtausbreitung folgen. Versuche zwischen Flugzeug und Erdboden und zwischen Brockengipfel und Umgebung bestätigten diese Annahme. Diese Wellen werden wie das Licht durch dazwischenliegende gegen ihre Wellenlänge große Hindernisse abgeschirmt, und nur ein geringfügiger Betrag der Amplitude wird in den Schattenkegel hineingebeugt. Die Amplitude nimmt im Gebiet der direkten Strahlung voraussichtlich quadratisch, darüber hinaus sehr rasch ab. Im Gegensatz zu den Wellen über 10 m wurden Schwunderscheinungen bisher nicht beobachtet, offenbar liegt also keine Rückstrahlung oberer Schichten der Atmosphäre vor. Vom sichtbaren Licht unterscheiden sie sich für die Praxis vorteilhaft insofern, als sie durch dazwischenliegenden Nebel in der Reichweite nicht beeinflußt werden, und die ihre Ausbreitung hindernden Schattenkörper sehr viel größer sein können als beim Licht. In den ultrakurzen Wellen steht somit ein Nahverkehrsmittel zur Verfügung, dessen Wert vor allem darin liegt, daß die Reichweite bestimmt begrenzt ist und über eine gewisse Entfernung mit Sicherheit nicht hinausgeht, daß zur Überbrückung dieser Entfernung nur sehr geringe Energie erforderlich ist, und daß im Gegensatz zu den Lichtquellen Rauch und Nebel ohne merkbare Amplitudenschwächung durchdrungen werden können. Ferner ist eine Zusammenfassung der Strahlen unter Benutzung von verhältnismäßig kleinen Spiegeln leicht möglich. (F. Gerth u. W. Scheppmann, Jahrb. drahtl. Tel. Bd. 33, S. 23.)

Blr.

Werkstatt und Baustoffe.

Korrosion. — Die hohe Bedeutung der Korrosion der Metalle für die Volkswirtschaft infolge der mit ihr verbundenen Wertverluste, wie für die bleibende Zuverlässigkeit der Konstruktionen hatte die Deutsche Gesellschaft für Metallkunde zu einer Fachtagung „Korrosion" veranlaßt, die am 15. V. d. J. unter Leitung von Prof. Bauer im Ingenieurhaus zu Berlin stattfand und unter starker Beteiligung in lebhafter Aussprache verlief.

Die Verhandlungen kennzeichneten sich durch drei wichtige Fragen: 1. die Erklärung des Korrosionsvorganges, 2. die Prüfung der Metalle auf Widerstand gegen Korrosion, 3. den Schutz gegen Korrosion durch die Bildung von Oberflächenschichten. Die Arbeiten von Palmaer, Evans und Tödt haben, wie G. Masing ausführte, erwiesen, daß Korrosion als ein elektrochemischer, nicht als ein rein chemischer Vorgang aufzufassen ist, womit sich viele Eigenarten der Korrosion, wie z. B. der Lochfraß, die Entzinkung des Messings usw., die Ausbildung von Schutzschichten auf der Oberfläche von Legierungen erklären, welche die Korrosionsbeständigkeit verbessern. Bei Vorhandensein eines Elektrolyten verläuft die Korrosion in der Weise elektrochemisch, daß das Metall in Lokalelementen anodisch in Lösung geht und das Angriffsmittel in der Kathode verbraucht wird.

Eine praktische Anwendung dieser Theorie gab C. Carius in seinem Vortrage „Erkenntnisse über den Korrosionsvorgang aus der Korrosion gekupferten Stahles". Beim Rosten dieses Stahls in destilliertem Wasser, verdünnten, wäßrigen Salzlösungen, ferner während der Witterungskorrosion bildet sich an der Oberfläche ein Kupferniederschlag als glatter, fest auf dem Grundmetall haftender Überzug, während sich beim Rosten in Gemischen von Salzlösungen, wie Leitungswasser, Seewasser u. ä. Schwammkupfer an der Oberfläche ausscheidet, das abwischbar ist. Der jeweilige Elektrolyt ruft hier die verschiedenen Wirkungen im Lokalelement Kupfer/Eisen hervor. Besonders wichtig ist für den Korrosionsvorgang die Lage des Potentials des Metalles zum Oxydationspotential der Elektrolyten. Je größer der Unterschied der Potentiale ist, um so stärker ist der Angriff auf das Metall, und nur die Ausbildung deckender Oxydschichten kann ihn hemmen oder ganz ausschalten. Auch M. Werner, Wiesdorf, wandte die neue Theorie auf die Korrosion des Bleies an. Die günstige Wirkung von Zusätzen zum Blei sei auf die Bildung von Lokalelementen zurückzuführen, welche die Entstehung passiver Schichten beschleunigen. Nachdem sich aber auch wirklich reines Blei, das verhältnismäßig feinkörnig ist, als sehr korrosionsbeständig erwiesen hat, kann die Ansicht nicht mehr aufrechterhalten werden, daß Blei zu dieser Eigenschaft eine gewisse Menge von Fremdkristallen enthalten muß. Anderseits wurde in der Aussprache darauf hingewiesen, daß sich bei reinem Blei rasch interkristalline Brüchigkeit zeige, der eine Kornvergröberung vorausgehe. Die Post schreibt demgemäß auch für den Bleimantel der Luftkabel einen Zusatz von Antimon und Zinn vor. In Amerika hat die Verwendung von Anoden aus Elektrolytblei und Silberzusatz bis zu 1 % in der Zinkelektrolyse zunehmende Verbreitung gefunden. Mit derartigen Anoden wird ein Elektrolytzink mit 99,99 % Reinheit zum üblichen Verkauf gewonnen.

P. Brenner wies darauf hin, daß unter den Korrosionserscheinungen an vergütbaren Aluminiumlegierungen der „interkristallinen Korrosion" erhöhte Aufmerksamkeit zugewandt werden müsse, bei der die Anfressungen den Korngrenzen entlang bis tief ins Innere des Werkstoffs, meist ohne nennenswerte Veränderung der Metalloberfläche, vordringen, und die Festigkeit des Baustoffes stark zurückgeht. Gewisse Arten der Wärmebehandlung, Kaltverformung und auch die Höhe des Kupfergehaltes beeinflussen diese Erscheinung. Das neue Duralumin 7 B der Dürener Metallwerke und die amerikanische Legierung 17 St Spezial haben eine Zugfestigkeit über 40 kg/mm² bei um etwa 17 ... 20 % höherer Dehnung an der 0,02-Grenze und nicht vermindertem Korrosionswiderstand gegenüber Duralumin. Bedeutende Fortschritte im Oberflächenschutz von hochfesten Aluminiumlegierungen sind durch die neuen Oxydations- und Plattierungsverfahren erreicht worden. Zu den ersteren bewährt sich besonders das Verfahren von Bengough und Stuart mit Chromsäurebad und 40 ... 50 V Gleichstrom zur Bildung dicker Oxydschichten. In der Aussprache wurde auf ein deutsches Verfahren mit 200 V Wechselstrom und auf das Siemens-Elektro-Osmose-Verfahren hingewiesen. Nach letzterem behandelte Platten sollen unter der Einwirkung von dreiprozentiger Kochsalzlösung in der Sprüh-Prüfmethode noch nach 70 Tagen keine Veränderung gezeigt haben. Bei den Plattierungsverfahren werden dünne Schichten von Reinaluminium oder kupferfreien Legierungen auf die Oberfläche hochfester Aluminiumlegierungen aufgeschweißt. Es sind hier die Baustoffe Alclad, Allautal, Duraplat zu nennen, in denen Bleche auch unter 1 mm Dicke hergestellt werden. Diese Erzeugnisse können außerdem anodisch oxydiert werden und blieben, eingefettet und in einer dreiprozentigen Kochsalzlösung 6 Monate eingehängt, in ihren mechanischen Eigenschaften unberührt.

Zur Frage der „Verfahren der Korrosionsprüfung" berichtete Dr.-Ing. Schmidt über die bei der VDL angewandten Laboratoriums-Prüfverfahren, zu denen Rühr-, Wechseltauch- und Sprühgeräte benutzt werden. Die Auswertung der Versuchsergebnisse, für die mindestens je 3 Proben benutzt werden sollen, geschieht durch Bestimmung der Oberflächen-, Gefüge- und Gewichtsveränderung und der Veränderung der mechanisch-technologischen Eigenschaften. Die Bestimmung der Zugfestigkeit und insbesondere der Dehnung hat sich bei der Auswertung von Korrosionsversuchen bisher am zweckmäßigsten erwiesen, wiewohl auch Hin- und Herbiegeversuche und die Bestimmung der Tiefung nach Erichsen gewisse Aufschlüsse ergeben. Die Verfahren erfüllen die Grundbedingungen für Korrosionsprüfungen im Laboratorium, daß die erhaltenen Ergebnisse jederzeit reproduzierbar sind und mit den Ergebnisen und den Erfahrungen aus der Praxis übereinstimmen. Aus der Aussprache war zu entnehmen, daß die Entwicklung geeigneter Prüfverfahren zur Bestimmung der Brauchbarkeit der Baustoffe in der Praxis, welche die Industrie unbedingt brauche, erst begonnen habe und noch viel Arbeit auf diesem Gebiet zu leisten sei.

Abschließend sei noch auf die Mitteilungen von H. Röhrig, Lautawerk, zu den „Erfahrungen mit Leitungsbaustoffen" bei den auf der Insel Sylt verlegten Versuchsleitungen aus Aluminium und Aluminiumlegierungen hingewiesen. Von den vor 30 Monaten aufgelegten Seilen

Digitized by Google

aus Kupfer, aus Aldrey, aus einer besonderen Versuchslegierung, aus Stahlaluminium und aus Reinaluminium, verschiedener Zusammensetzung und thermischer Behandlung sind heute noch alle Seile außer dem aus einer besonderen Versuchslegierung und dem Stahlaluminiumseil im Versuch. Die Strecke ist 1 km lang und mit 36 A belastet. Der Leiterquerschnitt ist bei 7,5 mm Dmr. 35 mm². Die Beanspruchung der Leitungsbaustoffe ist auf der Versuchstrecke besonders scharf. Die durch das staatliche Materialprüfungsamt und durch die Physikalisch-Technische Reichsanstalt in regelmäßigen Abständen vorgenommenen Messungen lassen erkennen, daß die verbliebenen Seile in ihren wesentlichen mechanischen und elektrischen Werten keine nennenswerte Einbuße erlitten haben. In ihrer Empfindlichkeit gegen die Einflüsse der Korrosion folgen sich die untersuchten Eigenschaften in der Reihe: Biegezahl, Bruchdehnung, Bruchlast, Bruchspannung, elektrischer Widerstand. Przygode.

Verschiedenes.

Fortbildungskursus betr. Elektrowärmetechnik für Ingenieure von Elektrizitätswerken am 13.... 18. X. 1930, an der T. H. Hannover. —

Programm.

Grundlagen	4 h	Wärmeisolierungen .	2 h
Entwicklung	2 h	Regelapparate . . .	3 h
Wirtschaftlichkeit . .	1 h	Vorschriften	1 h
Anwendungsgebiete .	4 h	Vorführungen . . .	12 h
Wärmemessungen . .	4 h		

Die Verteilung der Stunden wird etwa folgende sein:

	Montag 13. X.	Dienstag 14. X.	Mittwoch 15. X.	Donnerstag 16. X.	Freitag 17. X.	Sonnabend 18. X.
9 ... 10	Grundlagen	Wärmemessung	Wärmeisolierungen	Regelapparate	Regelapparate	Entwicklung
10 ... 11	„	„	„	Vorschriften	„	„
11 ... 12	Wärmemessung	Grundlagen	Wirtschaftlichkeit	Anwendungsgebiete	Anwendungsgebiete	
12 ... 1	Wärmemessung	Grundlagen		Anwendungsgebiete	Anwendungsgebiete	
4 ... 7	Vorführungen	Vorführungen		Vorführungen	Vorführungen	

Der Teilnehmerbeitrag beträgt 50 RM. Die Anmeldung und die Übersendung des Beitrages müssen bis zum 30. IX. (Postscheckkonto Hannover 349 46) erfolgen. *of*

Energiewirtschaft.

Der Anteil der Wasserkräfte in Polens Energiewirtschaft. — Polen besitzt erhebliche Vorräte an Wasserkräften. Ihr Gesamtwert beziffert sich im Jahresdurchschnitt auf etwa 3,7 Mill PS, was rd. 10 PS/km² und etwa 0,13 PS/Einwohner entspricht. Wenn man etwa 1,4 Mill PS außer acht läßt, die auf Flüsse mit niedrigem Gefälle (unter 0,5 ‰) entfallen, so läßt sich für den Rest von etwa 2,3 Mill PS die Arbeitserzeugung auf etwa 8,5 Mrd kWh jährlich schätzen.

Werden die verfügbaren Energievorräte Polens in Wärmeeinheiten umgerechnet (6000 kcal als Äquivalent für mittlere polnische Steinkohle) zusammengestellt und hierbei folgende praktische, sich auf die polnische Energiewirtschaft beziehende Werteinheiten gleichgesetzt: 1 kg Steinkohle = 2,5 kg Torf = 2,0 kg Braunkohle = 0,55 kg Naphtharohöl = 0,55 m³ Erdgas = 0,735 kWh Wasserkraft, so ergibt sich nachstehende Übersicht:

61,8	Mrd t	Steinkohle	= 61,8	Mrd t	Steinkohle	= 82,2	%
0,132	„ „	Braunkohle	= 0,066	„ „	„	= 0,09	„
3,0	„ „	Torf	= 1,2	„ „	„	= 1,6	„
0,16	„ „	Erdöl	= 0,29	„ „	„	= 0,61	„
92,0	„	m³ Erdgas	= 0,17	„ „	„		
Wasserkräfte			= 11,6	„ „	„	= 15,5	„
			75,126	Mrd t	Steinkohle	= 100,0	%

Diese Zusammenstellung zeigt, daß heute die Steinkohle als Grundlage der polnischen Energiewirtschaft angesehen werden muß. Nach ihr sind die Wasserkräfte die stärkste Energiequelle, deren Bedeutung sich nach Maßgabe der Erschöpfung der Wärmeenergiequellen ständig vergrößert. In dem gegenseitigen Verhältnis der oben errechneten Ziffern läßt sich eine Ähnlichkeit zwischen der Energiewirtschaft Polens und Deutschlands feststellen, u. zw. besonders hinsichtlich der Vorräte an Kohle und Wasserkraft. Auf analoger Grundlage durchgeführte Berechnungen ergeben für Deutschland 82,9 % Steinkohle und 15,15 % Wasserkräfte.

Die installierte Leistung der in Polen bestehenden Wasserkraftwerke wird auf etwa 0,1 Mill PS geschätzt. Wenn man die kleinen Werke nicht berücksichtigt, die vornehmlich den Bedürfnissen der Landwirtschaft dienen und keine allgemeine Bedeutung besitzen, zeigt sich, daß der Rest fast ausschließlich für die Erzeugung elektrischer Arbeit in Betracht kommt. Die installierte Leistung der Elektrowasserwerke betrug im Jahr 1925 8375 kW, was im Verhältnis zur Gesamtleistung der Elektrizitätswerke in Polen etwa 1 % ausmacht. Die Jahresstromerzeugung der Wasserkraftwerke beträgt im Verhältnis zur gesamten Energiegewinnung kaum 1,2 %. Der Rest entfällt auf Wärmekraftwerke, von denen wiederum die Dampfwerke auf der Kohle den größten Anteil haben. Ihre Erzeugung betrug etwa 94 %. In Deutschland produzierten im gleichen Jahr die Wasserkraftwerke 14 % und die Werke auf Kohle 75 % der Gesamterzeugung.

Hinsichtlich ihrer Eignung für die Elektrizitätsgewinnung lassen sich die Wasserkräfte Polens in zwei Gruppen teilen. 1. die Wasserkräfte Pommerellens und 2. die des Karpathengebiets. Beide Gruppen haben abweichende Wasser- und Wirtschaftsbedingungen. Pommerellen besitzt leichter ausnutzbare Wasserkräfte mit günstig verteilten natürlichen Sammelbecken, und die Notwendigkeit, Wärmekraftreserven zu besitzen, ist bei ihnen um vieles geringer als in der Gruppe der Karpathenwasserkräfte. Die verhältnismäßig unbedeutenden Gefälle, die keine so großen Investitionen beanspruchen, erlauben ihre Verwertung schon bei Errichtung des Überlandnetzes.

Von den 8375 kW Wasserkraft der bestehenden Elektrizitätswerke entfallen auf Pommerellen 4742 kW, d. h. 57 %. Im Jahr 1923 wurde in Grodek am Schwarzwasser ein Werk mit einer Leistung von 3800 kW und einer voraussichtlichen Erzeugung von 12 Mill kWh (9,9 Mill kWh im Jahr 1927) in Betrieb genommen, das größte Kraftwerk Polens, und vor kurzem hat man im Zusammenhang mit der Energieversorgung des Küstengebiets und des polnischen Hafens Gdingen ein Wasserkraftwerk in der Ortschaft Zur am Schwarzwasser (2 · 6000 kW) in Dienst gestellt.

Die Erzeugung der Wasserkraftwerke Pommerellens wächst ständig und übersteigt schon jetzt die Hälfte der Gesamterzeugung an elektrischer Arbeit der Wojewodschaft. Pommerellen besitzt auch Braunkohle; die schwierigen Förderbedingungen schließen diesen Rohstoff — wenigstens vorläufig — von einem Vergleich mit den Wasserkräften aus. Die relativ nicht weite Entfernung der pommerellischen Flüsse von den Zentren des Energieverbrauchs, die rührige, gut organisierte Initiative der örtlichen Selbstverwaltung und schließlich die hohe landwirtschaftliche Kultur schufen hier ausnahmsweise günstige wirtschaftliche Voraussetzungen für die Ausnutzung der Wasserkräfte zwecks Versorgung des Landes mit elektrischem Strom. In Pommerellen ist die Elektrisierung schon jetzt weit fortgeschritten und reicht tief bis zur Grundlage der wirtschaftlichen Existenz Polens, der Landwirtschaft. In keinem anderen Teilgebiet der Republik findet man eine so erhebliche Ausdehnung des Überlandnetzes und so starken Elektrizitätsverbrauch für die Bedürfnisse der Landwirtschaft (20 % der gesamten örtlichen Erzeugung).

Die Karpathengruppe umfaßt die hauptsächlichsten Vorräte an Wasserkräften Polens, doch haben diese nicht so viele Vorzüge, wie sie die pommerellischen Wasserkräfte charakterisieren. Während letztere aber kaum für den künftigen örtlichen Bedarf ausreichen, können die Wasserkräfte der Karpathen zur Energieversorgung großer Teile Polens dienen, besitzen also nicht nur lokale, sondern allgemeine Bedeutung für das Land.

Das Karpathengebiet verfügt bisher nicht über ein einziges wichtigeres Wasserkraftwerk. Der Durchführung schon seit langem ausgearbeiteter Pläne stellen sich Hindernisse entgegen, die in der Beschaffung der hierzu notwendigen bedeutenden Kapitalien liegen. Hinzu kommt, daß sich die Wasserfälle fast an der Peripherie des Landes und vielfach in erheblicher Entfernung von den Verbrauchszentren befinden.

Digitized by Google

Das Vorhandensein eines idealen Rohstoffes der Wärmeenergie, des Erdgases, im mittleren und östlichen Teil des Karpathenvorlandes (Galizien) sowie die Nachbarschaft des Kohlenreviers im westlichen Teil haben hier die wirtschaftlich günstigere Methode der Wärmekraftgewinnung an die erste Stelle gerückt, und sie findet auch immer mehr Anwendung. Wesentliche Änderungen zugunsten der Wasserkraftwerke lassen sich hier wohl nur in weiterer Zukunft von Fortschritten auf dem Gebiet der Versorgung des Landes mit elektrischer Energie sowie bei einer allgemeinen Besserung der Wirtschaftsverhältnisse erwarten. Dies könnte auch dann der Fall sein, wenn die aufgespeicherte Volksarbeit entsprechende Kapitalreserven schafft, wenn der allgemeine wirtschaftliche Aufstieg des Landes günstige Vorbedingungen für das Entstehen von Stromverbrauchszentren in der Nähe der Wasserkräfte zuläßt und wenn schließlich polnische Kohle durch verstärkten Inland- und Auslandabsatz und die Entwicklung der verarbeitenden Industrien (chemische Industrie usw.) ein immer stärker gesuchter Rohstoff geworden ist.

Für die Ausnutzung der Wasserkräfte in den Karpathen könnte sich noch eine andere, weniger wahrscheinliche, aber um so erfolgreichere Möglichkeit ergeben, die in einer Beschleunigung der Elektrisierung eines erheblichen Teils der Republik Polen liegt. Die für diese erforderlichen großen Kapitalien würden wohl ausreichen, um die Systemlosigkeit zu beseitigen, die z. Z. in der Verwertung der Karpathen-Wasserkräfte besteht.

W. Rosental.

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Einladung

zur Fachsitzung für Installationstechnik (EVI) am Dienstag, dem 16. September 1930, 7½ Uhr abends, in der Aula der Technischen Hochschule zu Berlin.

Tagesordnung:

Vortrag des Herrn Obering. Schickhardt über das Thema: „Neuzeitliches Werkzeug für den Elektro-Installateur".

Inhaltsangabe:

Um ältere Arbeitsmethoden vorsichtig umzustellen, wird die Verwendung neuer Werkzeuge im Elektro-Installationsgewerbe angeregt. Es werden Hand- wie motorisch betriebene Geräte und Apparate im Lichtbild und im Original gezeigt, ferner Probestücke von Bohr-, Schneid-, Säge- und Lötversuchen in verschiedenem Material vorgelegt und erläutert

a) für die Arbeit in der Werkstatt,
b) auf Montage.

Im letzten Teil wird Messen und Kontrollieren sowie der Schutz von Leib und Leben besprochen.

Nachsitzung im „Grand-Hotel am Knie", Berlin-Charlottenburg, Bismarckstr. 1.

Gäste willkommen!

Fachausschuß für Installationstechnik.
Der Vorsitzende:
Baumann.

Besprechung des Vortrags[1]

des Herrn Dr. Dr.-Ing. E. Weber

„Was ist Streuung und wie berechnet man sie?"

Vorsitz: Herr Direktor Ziehl.

Herr **Fleischmann:** Ich glaube, wir müssen alle Herrn Dr. WEBER für seinen außerordentlich interessanten Vortrag danken. Jeder, der sich mit diesem Thema beschäftigt hat, weiß, wie außerordentlich schwierig all diese Fragen sind, die nunmehr schon seit über drei Jahrzehnten in der Elektrotechnik behandelt werden. Es drängt sich die Frage auf: „Wie ist das überhaupt gekommen? Die Grundgleichungen von MAXWELL für das elektromagnetische Feld sind doch unbedingt richtig!? Warum geht man nicht von diesen aus und führt das Gesetz vom magnetischen Kreis ein?" Die Antwort ist die, daß, wenn wir mit den exakten Formeln rechnen wollen, selbst die einfachsten Fälle so schwierig werden, daß wir froh sind, eine solche mathematische Krücke — ich möchte es wirklich Krücke nennen — in der Theorie des magnetischen Kreises zu haben. Selbst wenn man nur planparallele Felder betrachtet, sind die Schwierigkeiten immer noch so groß, daß es nur in ganz wenigen Fällen bisher gelungen ist, eine exakte Lösung der Aufgabe zu finden.

[1] ETZ. 1930, S. 1221 u. 1267.

Ich möchte als Beispiel anführen, was sich in einem Buch von HAGUE[2] berechnet findet. Es ist der Fall des Feldes einer abgewickelten Dynamomaschine mit Leitern von rechteckigem Querschnitt.

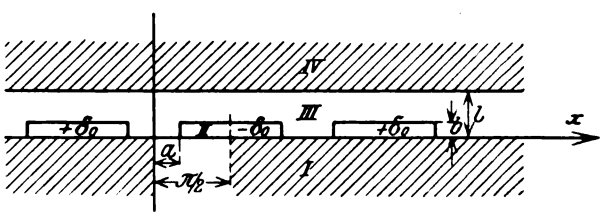


Abb. 1.

Um die Induktion in dem Luftspalt Abb. 1 zu berechnen, setzt man die vier Vektorpotentiale $\mathfrak{A}$ in den vier verschiedenen Gebieten der Ebene (*I* erstes Eisengebiet, *II* Stromgebiet, *III* Luftgebiet, *IV* zweites Eisengebiet) an. Die x- und y-Komponenten dieser Vektoren verschwinden; ihre z-Komponenten A sind als Funktionen von x und y folgendermaßen zu bestimmen: Erstens müssen sie jede einer partiellen Differentialgleichung $\Delta A = -4\pi\delta$ genügen, wo δ die Stromdichte in dem entsprechenden Gebiet bedeutet $\left(\delta_{I,III,IV}=0, \delta_{II}=\frac{4\delta_0}{\pi}\sum\frac{1}{n}\cos n a \sin n x\right)$; zweitens müssen ihre Abteilungen nach den Koordinatenachsen (d. s. die Komponenten der Induktion) auf dem Rand *II-III* stetig ineinander übergehen und auch auf den beiden Eisenrändern den bekannten Bedingungen (Stetigkeit der Tangentialkomponenten der Feldstärke, der Normalkomponenten der Induktion) gehorchen. Hat man die vier Vektorpotentiale gefunden, so macht es prinzipiell keine Schwierigkeiten mehr, die Induktion an jeder beliebigen Stelle anzugeben. Insbesondere ergibt sich z. B. die Induktion auf dem unteren Eisenrande, wenn man noch zur Vereinfachung die Permeabilität des Eisens als unendlich groß voraussetzt, zu

$$B = B_y = 16\,\delta_0 \sum_{n=1.3.5} \frac{1}{n^2}\left[1 - \frac{\operatorname{Sinh} n(l-b)}{\operatorname{Sinh} n\,b}\right]\cos n a \cos n x .$$

Macht man nun die bei elektrischen Maschinen stets erfüllte Annahme, daß die Breite des Luftspaltes l so klein ist, daß man in den ersten Gliedern der Reihe (die ihren überwiegenden Anteil ausmachen) noch setzen kann

$$\operatorname{Sinh} n\,l = n\,l ,$$

so geht der Ausdruck für B über in:

$$B = 16\,\delta_0 \sum \frac{b}{l}\frac{1}{n^2}\cos n a \cos n x ,$$

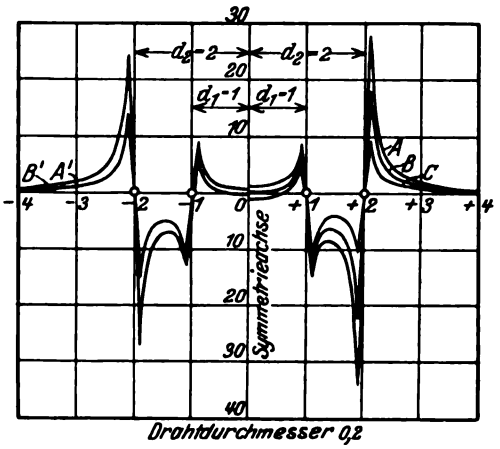
d. i. die Fourier-Reihe der trapezförmigen Feldkurve, die man auch bei der üblichen mit dem magnetischen Kreis operierenden Betrachtungsweise erhält. Sie sehen also, welch weiten Weg man gehen muß, wenn man diese Gleichungen ansetzt, um dasselbe Ergebnis zu erzielen, das das abgekürzte Verfahren liefert. Das wird uns aber trotzdem nicht von der Notwendigkeit entbinden, diese Fragen genauer zu studieren.

Auf eines möchte ich noch aufmerksam machen: Wenn man die Kraftlinienwege kennt, dann gilt natürlich längs

[2] Hague, Electromagnetic problems in electrical engineering. S. 293.

Digitized by Google

dieser der Satz vom Umlaufintegral: $\int \mathfrak{H}\, ds = \frac{4\pi i}{10}$. Man kann aber diesen Satz nicht umdrehen; nicht jedesmal, wenn $\int \mathfrak{H}\, ds = \frac{4\pi i}{10}$ ist, müssen auch Kraftlinien vorhanden sein, die die Leiter umschlingen. Herr Dr. WEBER hat Ihnen einige berechnete Kraftlinienbilder vorgeführt; ich möchte ebenfalls einige Bilder zeigen, die berechnete und beobachtete Werte darstellen. Die Versuchsanordnung ist dabei die folgende: Es sind vier Strombahnen in einer Ebene angebracht (Abb. 2). Die Leiter +2 und −2 gehören zu-



$A'i_1 = 1, i_2 = -1.5 \frac{i_2}{i_1} = -1.5$ $\quad Ai_1 = 1, i_2 = -1, \frac{i_2}{i_1} = -1$

$Bi_1 = 1, i_2 = -2, \frac{i_2}{i_1} = -2$

$B'i_1 = 1, i_2 = -2.5 \frac{i_2}{i_1} = -2.5$ $\quad Ci_1 = 1, i_2 = -3, \frac{i_2}{i_1} = -3$

Abb. 2. Magnetisches Feld senkrecht zur Ebene der beiden Schleifen (Gleichstrom) (Rechnung).

sammen, desgleichen die Leiter +1 und −1. Sind die Ströme in den beiden Strombahnen entgegengesetzt gleich, dann ist das Umlaufintegral $\int \mathfrak{H}\, ds$ um je zwei benachbarte Leiter gleich Null, und wir erwarten keine gemeinschaftlichen Kraftlinien. Sind aber die Ströme verschieden, dann hat das Umlaufintegral einen endlichen Wert. Aus den folgenden Bildern werden Sie sehen, daß trotzdem keine gemeinsamen Kraftlinien vorhanden sind, solange ein bestimmtes Verhältnis zwischen den Strömen besteht.

Auf Abb. 2 ist die Induktion aufgetragen, die bei verschiedenen Verhältnissen der Ströme berechnet worden ist. Da die Feldverteilung zur Mittelachse symmetrisch ist, so sind jeweils nur auf der linken oder rechten Ebenenhälfte die Kurven gezeichnet und man muß sie sich auf der anderen Hälfte gespiegelt denken. Die erste Kurve ist für ein Verhältnis der Ströme gleich −1 gezeichnet; sie enthält nichts, was unseren bisherigen Anschauungen widerspricht. Innerhalb der Leiterschleife *1* ist das Feld überall nach oben gerichtet, nennen wir es positiv. Zwischen den Leiterschleifen *1* und *2* wird es negativ, um außerhalb der Leiterschleife *2* wieder positiv zu werden. Kraftlinien können infolgedessen nur die Leiter *1* o d e r die Leiter *2* umfassen; denn würden Kraftlinien die Leiter *1* u n d *2* umfassen, so wäre nach der Definition der Kraftlinie $\int \mathfrak{H}\, ds$ längs einer solchen positiv. Nach dem Durchflutungsatz muß aber, da die Summe der Stromstärken Null ist, das Integral Null sein.

Für Kurve *A'* wird die Sache interessanter, die Ströme verhalten sich wie 1 : −1,5. Die Durchflutung ist also nicht gleich Null. Trotzdem ist aber qualitativ der Feldverlauf wie bei der Gegenschaltung, und wir erhalten keine Kraftlinien, die die Leiter *1* und *2* umfassen. Noch bei einem Stromverhältnis 1 : −2 treten keine gemeinschaftlichen Kraftlinien auf.

Zum Schluß zeige ich noch 3 Photographien von Kraftlinien, die mittels Eisenfeilspänen in der üblichen Art hergestellt sind. In Abb. 3 sehen Sie das Stromverhältnis −1,5. Das Umlaufsintegral hat also einen von Null verschiedenen Wert. Sie sehen, wie sich die Kraftlinien um den einen und auch um den anderen Leiter schließen. Es sind aber keine Kraftlinien vorhanden, die beide gemeinschaftlich umschließen. Wesentlich geändert hat sich das Kraftlinienbild in Abb. 4. Wir haben hierbei die Grenze des Stromverhältnisses, bei der schon gemeinsame Kraftlinien auftreten, das Verhältnis 1 : 2 überschritten. Noch deutlicher wird das in Abb. 5. Hier sehen Sie schon ganz scharf ausgeprägte gemeinsame Kraftlinien. (Beifall.)

Herr **Löbl:** Vor einigen Wochen erhielt ich von Herrn Geheimrat GÖRGES einen Brief, in dem er sehr lebhaft bedauert, daß bis heute die Frage der Streuung noch nicht geklärt sei, obwohl an ihr schon mehr als 30 Jahre lang herumgedoktort werde. Es ist daher als sehr verdienstlich zu bezeichnen, daß Herr Dr. WEBER diese Frage einer gründlichen Nachprüfung unterzogen hat. Über den gleichen Gegenstand hat jüngst auch Herr Dr. FLEISCHMANN in Wien gesprochen, einige Lichtbilder aus diesem Vortrage haben wir eben gesehen.

Überblicken wir aber das Ergebnis, so müssen wir feststellen, daß schon in den allereinfachsten Fällen Widersprüche zwischen den Ausführungen des Herrn Dr. WEBER und des Herrn Dr. FLEISCHMANN bestehen. So hat z. B. Herr Dr. FLEISCHMANN gefunden, daß, wenn sich 2 Wicklungen gegenüberstehen, in gewissen Zeitintervallen (also nicht bloß in einem gewissen Zeitpunkt) keine gemeinschaftlichen magnetischen Feldlinien, also nur Streulinien vorhanden sind; Herr Dr. WEBER bestreitet im Gegensatz hierzu, daß man aus dem resultierenden Feldlinienverlauf überhaupt etwas über die gemeinsamen Feldlinien, also auch über die Streuung aussagen kann. Ich glaube nun, daß dieser Widerspruch teilweise daher kommt, daß man seit altersher in der Elektrotechnik unter den Worten „gemeinsames Feld" zwei ganz verschiedene Dinge versteht; nämlich auf der einen Seite das Feld, das man aus dem resultierenden Feldbild ablesen kann, und auf der anderen Seite das Feld, das die Induktionswirkung und damit die Energieübertragung vermittelt. In einem AEF-Entwurf, der kürzlich zur Beratung stand, habe ich diesen Doppelsinn dadurch beseitigt, daß das gemeinschaftliche Feld, das die Energie auf die Sekundärwicklung überträgt, „resultierendes Hauptfeld" genannt wird, während das aus den resultierenden Feldlinienbildern ersichtliche gemeinschaftliche Feld „gemeinsames Feld" heißt. Danach ist der Sachverhalt einfach so, daß Herr Dr. WEBER hinsichtlich des resultierenden Hauptfeldes und Herr Dr. FLEISCHMANN hinsichtlich des gemeinsamen Feldes recht hat.

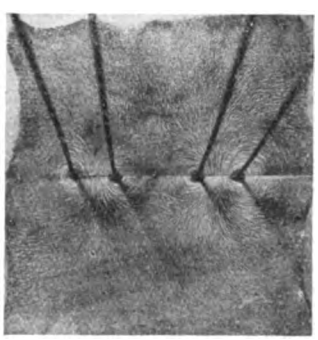


Abb. 3. Kraftlinienverlauf von 2 Leiterschleifen. Stromverhältnis 1: −1,5.

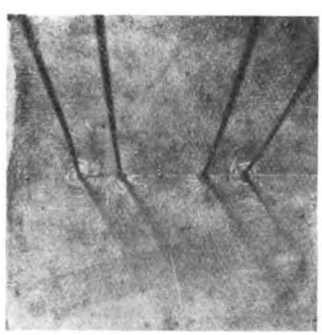


Abb. 4. Kraftlinienverlauf von 2 Leiterschleifen. Stromverhältnis 1: −2,5.

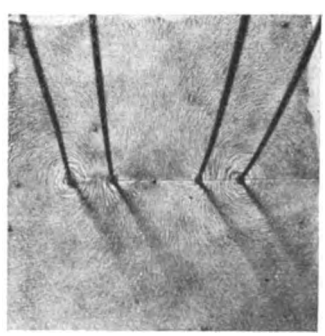


Abb. 5. Kraftlinienverlauf von 2 Leiterschleifen. Stromverhältnis 1: −3.

Digitized by Google

Es ist das Verdienst des Herrn Dr. FLEISCHMANN, daß er gezeigt hat, daß das gemeinsame Feld gewisse tatsächlich verblüffende Anomalien aufweist. Wenn man sich aber fragt, welches dieser beiden Felder für die magnetische Streuung in den elektrischen Maschinen maßgebend ist, dann muß man antworten, daß die entscheidende Rolle das resultierende Hauptfeld spielt, und das war auch die wesentliche Behauptung des Herrn Dr. WEBER. Wenn nun auch das gemeinsame Feld für die magnetische Streuung bedeutungslos ist, so kann es doch für die Beurteilung von lokalen Sättigungen wichtig sein.

In einigen anderen Punkten weiche ich jedoch von der Auffassung des Herrn Dr. WEBER ab. Während nämlich die Gesamtstreuung eindeutig festliegt, ist deren Aufteilung in eine primäre und eine sekundäre Streuung willkürlich. Die Willkür liegt letzten Endes darin begründet, daß es sehr viele Möglichkeiten der Umrechnung der sekundären Spulenflüsse auf primär gibt. Man kann die Umrechnung nur im Verhältnis der Windungszahlen vornehmen oder man kann hierbei auch noch die Wicklungsfaktoren oder andere Faktoren berücksichtigen. Ich bedauere, daß Herr Dr. WEBER über diesen Punkt sich nicht ausgesprochen hat. Damit hängt es nämlich auch zusammen, ob man negative Streuung zulassen will oder nicht.

Vortragender: Ich halte die Einführung der Wicklungsfaktoren in unser Problem weder für notwendig noch für zweckmäßig. Es liegt auch eine große Unbestimmtheit darin, welche Werte man für die Wicklungsfaktoren einsetzen soll.

Herr **Löbl:** Viele Autoren (ROGOWSKI, KITTLER, PETERSEN) rechnen allerdings sekundär auf primär nur im Verhältnis der Windungszahlen um, genau so wie Herr Dr. WEBER. Für den Elektromaschinenbau halte ich aber die Umrechnung unter Berücksichtigung der Wicklungsfaktoren (außer dem Übersetzungsverhältnis) für erheblich zweckmäßiger. So machen es denn auch die meisten Elektromaschinenbauer, wie z. B. ARNOLD, RICHTER. Man vermeidet dadurch wie gesagt nicht nur die negative Streuung, sondern man hat noch den großen Vorteil, daß das resultierende Hauptfeld im wesentlichen übereinstimmt mit dem resultierenden Luftspaltfeld. Im übrigen halte ich es für empfehlenswerter, das Grundsätzliche der Streuung dadurch zu erfassen, daß man nicht, wie es allerdings nahe liegt, mit den Flüssen operiert, sondern die Differentialgleichungen eines Transformators anschreibt und die Streuinduktivitäten als geeignete Kombinationen der Selbst- und Gegeninduktivitäten einführt.

Dann sieht man auch ohne weiteres, daß nicht die Feldverteilung unmittelbar, sondern die Spulenflüsse bzw. die Spulenschwunde für die Streuung maßgebend sind.

Herr **Kübler:** In einer Arbeit, die im Arch. El. erschienen ist[3], habe ich versucht, dem Problem der Streuung auf einem ganz anderen Wege beizukommen als dem bislang üblichen der Superposition von Haupt- und Streuflüssen. Ich habe dort versucht, den magnetischen Gesamtfluß von Drehstrommotoren für theoretischen Kurzschluß und für die verschiedenen Betriebszustände direkt zu berechnen und zu konstruieren auf Grund der äußeren elektrischen Bedingungen für die verschiedenen Wicklungen. In der klaren Erkenntnis, daß bei Drehstrommotoren keinerlei Bedingungen über die Größe und räumliche Verteilung des magnetischen Flusses bestehen, sondern einzig und allein über die Größe und den zeitlichen Verlauf des Spulenflusses, d. i. die algebraische Summe sämtlicher Windungsflüsse der einzelnen Wicklungen, wurde von gewählten Drehstromverteilungen ausgegangen und das zugehörige Feld berechnet und nicht umgekehrt verfahren. Wenn man aber den magnetischen Gesamtfluß und die zugehörige Drehstromverteilung, die den äußeren elektrischen Bedingungen genügen, direkt erhalten kann, so ist man der Sorge des Zusammenfügens und Zerlegens in Haupt- und Streuflüsse vollkommen enthoben.

Herr **Löbl:** Herrn Dr. KÜBLER möchte ich in gewissem Sinne beipflichten. Für manche grundsätzlichen Untersuchungen ist es nicht immer empfehlenswert, sofort die Streuung bzw. ihre Reaktanzen in die Rechnung einzuführen. Wenn man z. B. den Stoßkurzschlußstrom einer Synchronmaschine berechnen will, dann ist es sicherer, wenn man statt gleich mit der Streuung zunächst nur mit den Selbst- und Gegeninduktivitäten rechnet. Im Endergebnis kann man dann den Ausdruck $1 - M^2/L_1 L_2$, falls er vorkommt, durch den totalen Streufaktor σ abkürzen und benötigt nicht die etwas willkürliche Zerlegung in primäre und sekundäre Streuung. Dann vermeidet man, wenigstens bis zur Endformel, manche Schwierigkeiten aus dem Streubegriff, von denen wir heute gehört haben; allerdings wird man für die praktische Auswertung eine Streuungsberechnung nicht umgehen können.

Elektrotechnischer Verein
Der Generalsekretär.
Dr. Schmidt.

[3] Kübler, Arch. El. Bd. 21, S. 407 (1928). Vgl. a. ETZ 1929, S. 1205.

SITZUNGSKALENDER.

Elektrotechn. Verein des rhein.-westf. Industriebezirks, Essen. 10. IX. 1930, nachm. 5 h: Lichtbildervorträge von Vertretern der Firmen: AEG, Bergmann El.-Werke, BBC, Mannheim, Sachsenwerk und SSW über „Kurzschlußläufermotoren und Abarten derselben".

Deutsche Beleuchtungstechn. Gesellschaft, Berlin. 26. IX. 1930: vorm. 9 h: 18. Jahresversammlung in Potsdam, gr. Saal des Hotels „Stadt Königsberg" mit folg. Vorträgen: 1. Dir. Dr. Schröter, „Der heutige Stand der Forschung auf dem Gebiete der lichtelektr. Zellen im bes. Hinblick auf deren techn. Anwendungen". 2. Dr. Sewig, „Die lichtelektr. Zelle als Hilfsmittel der objekt. Lichtmessung". 3. Dr. Samson, „Eine Hochleistungsapparatur zur betriebsmäß. Bestimmung der Lichtausbeute von Glühlampen mittels lichtelektr. Zellen". 4. Prof. Dr. Pirani, „Die Leuchtröhren in der Photometrie". Aussprache.

BRIEFE AN DIE SCHRIFTLEITUNG.

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Schriftleitung und ohne deren Verbindlichkeit.)

Das Kreisdiagramm.

Die von Herrn THOMÄLEN, ETZ 1930, S. 758, in seiner Besprechung eines Buches von B. A. BEHREND, erwähnten Widersprüche und Unklarheiten, die Entwicklung des Kreisdiagrammes betreffend, erklären sich in sehr einfacher Weise, und ich erlaube mir, dies hier noch in einigen wenigen Worten darzulegen.

Herr BEHREND hat in seiner ersten Arbeit (ETZ 1896, H. 5) das vereinfachte Diagramm abgeleitet, d. h. die Lage des Kreises bei Vernachlässigung des Ohmschen Spannungsabfalles im Primärkreise des Motors, während meine ursprüngliche Arbeit (ETZ 1894, H. 41) das Gesetz vom Kreise in seiner genauen Lage brachte, d. h. ohne diese Vernachlässigung. Auch aus den einleitenden Worten der zwei genannten Arbeiten geht diese Unterscheidung bereits hervor.

Der rein geometrische Beweis für die Lage des genauen Kreises ist unvergleichbar schwieriger als für den vereinfachten Kreis, und hieraus erklären sich die längeren geometrischen Entwicklungen im Anfange meiner Arbeit. Einfach hingegen waren die Endergebnisse, auf welche es ankam. Diese wurden beispielsweise, bereits ein Jahr vor BEHRENDs erster Arbeit (ETZ 1896, H. 5), von CAHEN in seiner Arbeit (ETZ 1895, H. 4) benutzt, weil, wie er schrieb, die Übersichtlichkeit der Ergebnisse nichts zu wünschen übrig lasse.

Meine Ableitung (ETZ 1894) beruhte nicht auf den Koeffizienten der Selbstinduktion und gegenseitigen Induktion, sondern auf den Streuungsfaktoren λ_1 und λ_2, welche in meinen späteren Veröffentlichungen in die Streuungsfaktoren τ_1 und τ_2 übergingen.

In meiner zweiten Veröffentlichung (ETZ 1895), welche Herrn BEHREND erst nach Fertigstellung seiner Arbeit bekannt wurde, hatte ich aus dem genauen Kreise durch Zulassung der genannten Vernachlässigung den vereinfachten Kreis hergeleitet. Solche Vernachlässigung von Werten bedeutet dabei aber naturgemäß eine Einführung von entsprechenden Ungenauigkeiten.

Aus diesem Grunde ist man dann bekanntlich später allgemein wieder, zunächst OSSANNA, auf den genauen Kreis zurückgekommen. In Frankreich z. B. wurde dieser „le cercle rigoureusement exact", unabhängig von verschiedenen Autoren durch analytische Rechnung gefunden, und, wie sich dann zeigte, entsprach die hieraus sich ergebende graphische Festlegung genau der meiner ursprünglichen

Digitized by Google

Arbeit. Zu meinem Artikel[1] hierzu, welcher dies Ergebnis feststellte, in der Revue Générale de l'Electricité vom 11. VIII. 1928, schrieb die Redaktion in ihrem Vorworte: „M. HEYLAND prend bonne note de la nouvelle démonstration, mise en évidence par lui en 1894."

Die Worte des Herrn BEHREND: „HEYLANDS contributions have not survived" würden damit gerade das Gegenteil des der gegenwärtigen Lage der Dinge Entsprechenden aussprechen. Denn noch mehr, als daß man heute allgemein auf den genauen Kreis zurückgekommen ist, könnte man in der Tat vom „Überleben" eines 1894 aufgestellten Gesetzes nicht erwarten.

Heyland.

Brüssel, 31. V. 1930.

Die Gestehungskosten des elektrischen Stromes.

In meinem Aufsatze über „Die Gestehungskosten des elektrischen Stromes usw." ist die im letzten Absatze der ersten Spalte auf S. 1131 der ETZ 1930 gezogene Schlußfolgerung folgendermaßen zu berichtigen.

„Die Kosten für den bezogenen Kraftstrom schließen den Kapitaldienst für die zugehörige Kraftwerksleistung ein; ferner ist anzunehmen, daß sowohl die Gestehungskosten des von großen Kraftwerken bezogenen Fremdstromes wie auch der Eigenerzeugung im Jahresdurchschnitt nicht sehr weit auseinanderliegen dürften. Infolgedessen liegt in Anbetracht der für den Fremdstrom angegebenen niedrigen Beträge die Vermutung nahe, daß es sich hierbei um die Zulieferung von Strom handelt, der nach den üblichen Tarifgrundsätzen billig abgegeben wird, also z. B. Wasserkraft-Überschußstrom während der Nacht- und der Sonntagstunden."

Schraeder.

Mannheim, 22. VIII. 1930.

LITERATUR.

Besprechungen.

Grundbegriffe der Elektrotechnik. Von Dr.-Ing. F. Bergtold. 1. Bd. mit 293 Abb., VIII u. 145 S. in 8°. Verlag Ferdinand Enke, Stuttgart 1929. Preis geh. 7 RM, geb. 8,50 RM.

Der vorliegende erste Band der auf zwei Bände berechneten Arbeit behandelt den Fragenkreis stationärer Gleich- und Wechselströme. Mit bemerkenswert geringem mathematischem Ballast und reicher graphischer Unterstützung werden die Grundbegriffe der modernen Elektrotechnik entwickelt und klar definiert. Der Verfasser wendet sich offenbar in erster Linie an Studierende der Maschinenbauschulen. Die Klarheit der Schreibweise, die Durchsichtigkeit des gesamten Aufbaus, wie die Verwendung und übersichtliche Einführung des heute üblichen Symbolmaterials für Formeln, graphische Darstellungen und Schaltbilder machen das Buch auch für den Studierenden der ersten Hochschulsemester in ausgezeichneter Weise geeignet. Der Verfasser versteht es außerdem, die gewonnenen Kenntnisse durch Fragen und Rechenaufgaben zu befestigen. Eine weitere fruchtbare Anregung zum selbständigen Denken erhält der Studierende im angehängten Fragebogen, der durch präzise Fragestellung zur Kritik der einzelnen Kapitel auffordert und klare Auskunft über Denkschwierigkeiten und Unklarheiten verlangt. Für die beste Kritik werden Preise ausgesetzt.

Zum Aufbau des Buches selbst noch eine Anregung. Wir glauben, daß die deduktive Geschlossenheit des ersten Bandes noch gewinnen würde, wenn das Kapitel über das elektrische und magnetische Feld, das in den zweiten Band verwiesen wurde, im ersten Band, nach der Rubrik „Vom Wesen der Elektrizität" angeordnet worden wäre. Die häufigen Elektronenbilder hätten sich dadurch stark vermindern lassen, ohne in der Klarheit zu verlieren. Vielleicht läßt sich diesem Schönheitsfehler bei einer späteren Auflage abhelfen.

E. Kurz.

Evolventen-Stirnradgetriebe. Berechnung, Herstellung, Prüfung. Von Ing. R. Herrmann. Mit 77 Abb. i. Text, V u. 112 S. in gr. 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1929. Preis kart. 9,60 RM.

Das Buch ist für den Werkstattingenieur bestimmt, der die Herstellung von Zahnrädern zu leiten hat. Es wird insbesondere die Größe der Werkzeugabrückung und der Radabrückung berechnet, die notwendig ist, um Ritzel mit kleinen Zähnezahlen zu fräsen. Der Verfasser hat die mühsame Arbeit umfangreicher Zahlentafeln hierfür auf sich genommen. Ein weiterer für den Werkstattingenieur wertvoller Abschnitt befaßt sich mit dem Messen und Prüfen der Zahnräder und den dafür neuerdings auf den Markt gebrachten wertvollen optischen Meßgeräten.

Angaben über Belastbarkeit von Zahnrädern sind in das Buch nicht aufgenommen, weil es sich nicht an den Gestaltungsingenieur sondern an den Betriebsingenieur wendet. In den Formeln Nr. 5 und 17 hat der Setzer versehentlich die Klammern weggelassen.

Kammerer, Charlottenburg.

Gemeinfaßliche Darstellung des Eisenhüttenwesens. Herausg. v. Verein deutscher Eisenhüttenleute, Düsseldorf. 13. Aufl. Mit 128 Abb. i. Text, XI u. 728 S. in 8°. Verlag Stahleisen m. b. H., Düsseldorf 1929. Preis geb. 15 RM, f. Mitgl. 13,50 RM.

Das Buch verdient die Anerkennung, die es durch 13 Auflagen sich erworben hat, in vollem Maße. Es gehört in die Bücherei des Fachmannes wie des Nichtfachmannes. Für den ersteren ist namentlich der wirtschaftliche Teil wertvoll. Im technischen Teil findet er in seinen Sondergebieten leicht Angaben, mit denen er nicht ganz einverstanden ist. Z. B. findet sich auf Seite 135 eine Abb. 45, Querschnitt durch ein Siemens-Martin-Stahlwerk, die dem Laien den Eindruck erweckt, als ob der Martinofen keinen Schornstein nötig habe, dem Fachmann dagegen Kopfzerbrechen darüber verursacht, wo der Schornstein wohl gedacht sein möge. Daß auf Seite 143 der Bonner Elektrostahlofen als Stassanoofen bezeichnet wird, ist nicht von großer Bedeutung, dagegen wäre es zu begrüßen gewesen, wenn statt der Erstkonstruktion des Héroultofens oder neben dieser auf Seite 143 auch eine Neukonstruktion gebracht worden wäre. Die Girod-, Kjellin- und Röchling-Rodenhauser-Induktionsöfen gehören der Geschichte an, der Hochfrequenz-Induktionsofen scheint der Ofen werden zu wollen, dem die Zukunft gehört. Nach dem Fiasko aller Kleinmartinöfen dürften diese nur noch zur nachdrücklichen Warnung, nicht aber als „scharfe Wettbewerber" des grundehrlichen und bewährten Kleinkonverters erwähnt werden. Der Einsatz des letzteren besteht nicht aus Roheisen — wer könnte sich dies leisten? —, sondern größtenteils, sogar bis 100 %, aus Schrott. Diese und andere kleine Mängel vermögen aber nicht, den hohen Wert des Buches zu beeinträchtigen.

M. Escher.

Lehrbuch der chemischen Physik. Zugleich 3. Aufl. d. Grundrisses der physikalischen Chemie. Von Prof. Dr. A. Eucken. Mit 250 Abb., XVI u. 1037 S. in 8°. Akademische Verlagsges. m. b. H., Leipzig 1930. Preis geh. 54 RM, geb. 56 RM.

Auch Lehrbücher haben ihre Schicksale. Der Umschwung in der Denkungsart der physikalischen Chemiker zeigt sich nicht nur darin, daß die neue Auflage von Euckens Lehrbuch nicht mehr die Worte physikalische Chemie, sondern die „chemische Physik" im Titel trägt. Wichtiger noch ist die Tatsache, daß die neue Auflage mit ihren mehr denn 1000 Seiten in jeder Hinsicht zu einem ernsthaften Konkurrenten des bekannten Lehrbuches von Nernst geworden ist. Das Charakteristische an dieser Erscheinung besteht darin, daß die Grundlage des Nernstschen Werkes die von ihm eingeführte thermodynamische Betrachtungsweise der physikalisch-chemischen Probleme ist, während in der neuen Auflage des Eucken die atomphysikalische Denkart fast die Hälfte des Werkes beherrscht. Hierin liegt zweifellos einer der Gründe dafür, daß es dem Euckenschen Lehrbuch in überraschend kurzer Zeit gelungen ist, sich mit an die Spitze unserer Lehrbuchliteratur zu stellen. Es ist schlechthin unmöglich, auf dem hier zur Verfügung stehenden geringen Raum in eine ausführliche Schilderung des Inhalts und der Vorzüge des Buches einzutreten. Es muß genügen, festzustellen, daß es ebenso durch seinen leichtverständlichen Stil wie durch seine Exaktheit und durch seine Originalität ausgezeichnet ist. Wer selbst wissenschaftlich auf dem Gebiet der Atomphysik arbeitet, weiß, daß die frühere Auflage die Ergebnisse einer gar nicht kleinen Zahl späterer Forschungsarbeiten vorausgeahnt hatte. Wir möchten glauben, daß auch die neue Auflage nicht nur ein hervorragender Führer durch das bereits bestehende Gebäude der Wissenschaft darstellt, sondern gleichfalls wieder auch neuen Forschungen anregend die Wege weisen wird.

R. Samuel.

---

[1] Siehe auch ETZ 1928, S. 150.

Digitized by Google

GESCHAFTLICHE MITTEILUNGEN.

Aus der schwedischen Elektroindustrie. — Das Geschäftsjahr 1929 war für die Allmänna Svenska Elektriska AB., Västerås, erfolgreich, der Umsatz hat zugenommen. Allerdings fehlen ziffernmäßige Angaben darüber, doch läßt die Zahl der Angestellten in Höhe von 7668 (7210 i. V.) und die fortlaufende Umstellung auf arbeitsparende Maschinen mit erhöhter Leistung je Kopf der Belegschaft darauf schließen. Die Preislage war nach wie vor unbefriedigend, die Beschäftigung dagegen noch gut, so daß Erweiterungen der Werkstätten erforderlich wurden. Neue Verkaufsgesellschaften hat die ASEA in Bukarest, Melbourne und Amsterdam gegründet. Ihr Ertrag betrug 5,566 Mill Kr Bruttonutzen (5,214 i. V.), 0,566 Mill Kr Zinsen (0,796 i. V.), 0,765 Mill Kr Dividenden (0,626 i. V.) und mit den Einnahmen der Grundstücksverwaltung insgesamt 7,151 Mill Kr (6,987 i. V.), wovon nach Abzug der Steuern und Abschreibungen ein Reingewinn von 4,949 Mill Kr (4,654 i. V.) verblieb. 5,25 Mill Kr kamen als 7 % Dividende auf 75 Mill Kr Aktienkapital zur Verteilung (6 % i. V.). Die Bilanz schließt mit 122,342 Mill Kr (104,382 i. V.). Von den Tochtergesellschaften hatte besonders die Svenska Turbinfabriks AB. Ljungström, welche die STAL-Turbine baut, gute technische Erfolge aufzuweisen. Für die staatliche Kraftwerksverwaltung lieferte sie eine Einheit von 50 000 kW. Ihre Dividende ist von 5 auf 6 % erhöht worden. Die AB. Skandinaviska Elektricitetsverk, Besitzerin von Elektrizitätslieferungskonzessionen, zahlte wieder 5 % Dividende. Die AB. Svenska Elektrokoncessionen in SSSR-ASEA mit 10 Mill Kr Aktienkapital erscheint in der Bilanz des Mutterhauses mit 1 Kr; auch die weiteren Investierungen in Rußland, namentlich in der Fabrik Jaroslawl, dürften in entsprechender Form gebucht sein. Die in Rußland gesammelten Erfahrungen werden als gut bezeichnet, wenn auch in den eigenartigen Verhältnissen des Landes begründete Schwierigkeiten sich nicht vermeiden ließen. Die norwegische Fabrik AS. Per Kure zeigte einen erhöhten Gewinn von 0,232 Mill Kr (0,219 i. V.). Über den in der Tagespresse erwähnten Erwerb der Aktienmehrheit der Finska Elektriska AB. Gottfr. Strömberg in Helsingfors enthält der Bericht der ASEA keine Angaben. — Der Umsatz der Telefonaktiebolaget L. M. Ericsson, Stockholm, betrug 1929 in der Telephonfabrik Stockholm, den Kabelwerken Älvsjö und Sievert sowie in der Svenska Radio AB. 49,2 Mill Kr (42,4 i. V.), von denen 26,4 Mill Kr auf die Telephonfabrik entfielen (25,9 i. V.). Die Gesamtzahl der Angestellten ist von 3825 i. V. auf 4607 gestiegen. Der Umsatz der ausländischen Herstellungs- und Verkaufsgesellschaften betrug 40,0 Mill Kr (35,7 i. V.). Bei der Vertriebsgesellschaft Förenade Signalverkstädernas Försäljnings AB., deren Aktien Ericsson fast ganz übernommen hat, stellte er sich in Eisenbahnsignalanlagen auf 0,99 Mill Kr. Neu erworben wurde die AB. Alpha in Sundbyberg, die sich mit der Herstellung von Isoliermaterial, Kondensatoren, Materialprüfgeräten usw. befaßt. Für das elektrische Uhrengeschäft gründete Ericsson zusammen mit der C. Theodor Wagner AG., Wiesbaden, eine gemeinsame Vertriebsgesellschaft. Sämtliche Fabriken waren gut beschäftigt. Der Konzern bemüht sich nach wie vor um Konzessionen in allen Weltteilen und wird sich, wie hier kürzlich mitgeteilt worden ist[1], auch an der S & H erteilten Konzession in Griechenland beteiligen. Der Ertrag von 11,3 Mill Kr (7,0 i. V.) setzt sich aus 8,6 Mill Kr Bruttogewinn (5,5 i. V.), 1,8 Mill Kr Dividenden (1,4 i. V.) und 0,9 Mill Kr Zinsen (0,01 i. V.) zusammen. Aus 7,1 Mill Kr Reingewinn (3,8 i. V.) verteilte die Gesellschaft 8 % Dividende; sie hat neue Investierungen in größtenteils ausländischen Unternehmungen mit etwa 5 Mill Kr vorgenommen. *Hldv.*

[1] ETZ 1930, S. 788.

Die Konzession der ASEA in der UdSSR. — Über diese oben erwähnte Konzession wird uns folgendes berichtet: Am 1. IV. 1930 hat man in Jaroslawl (Wolgagebiet) die neue Motorenfabrik der AB. Svenska Elektrokoncessionen in SSSR-ASEA eröffnet. Ihr Bau wurde noch in der Weltkriegszeit begonnen, nach der Revolution aber eingestellt und erst jetzt auf Grund eines 1927 vereinbarten Konzessionsvertrags mit der Sowjetregierung beendet. Die Jaroslawler Werke sind für eine Jahreserzeugung bis 30 000 Drehstrommaschinen (Generatoren und Motoren) nebst Zubehör eingerichtet, deren Wert 15 Mill Rbl überschreiten wird. Die Arbeiterzahl soll bei über 100 Beamten und Ingenieuren 1200 erreichen. Die Errichtung der Fabrik mit den neuesten Werkzeugmaschinen und Einrichtungen kostete der ASEA etwa 14 Mill Rbl. Diese schwedische Gesellschaft hat bedeutenden Anteil an der Elektrisierung der UdSSR; erwähnt seien ihre Lieferungen von 4 Generatoren und Großtransformatoren (115 kV) für das Wolchowwasserkraftwerk, von Hochspannungsapparaten und Transformatoren für die MOGES sowie Aufträge auf Turboaggregate für die Kraftwerke Osinstroi (Weißrußland), Okulowka u. a. G. Sekej.

Frankreichs elektrotechnischer Außenhandel[1]. — Nach den in der Rev. Gén. de l'El.[2] von J. Reyval veröffentlichten Angaben über den französischen Außenhandel im Jahr 1929 ergibt sich für die Einfuhr, wie die Zahlentafel zeigt, im Vergleich zu 1928 eine Zunahme um 88 615 dz (56 %) bzw. 206,824 Mill Fr (49 %). Diese betraf im wesentlichen Dynamos, Elektromotoren und Transformatoren sowie Apparate, Glühlampen, Akkumulatoren und Kondensatoren, Isolationsteile aus Porzellan usw. und Leitungsmaterial, soweit es nicht mit Gummi usw. isoliert war. Die Ausfuhr ist gegen das Vorjahr um 1885 dz zurückgegangen, u. zw. in der Hauptsache bei Dynamos, Elektromotoren und Transformatoren sowie elektrotechnischen Kohleerzeugnissen, während die übrigen Warengruppen z. T. eine merkliche Erhöhung aufweisen und der Exportwert im ganzen auch um 32,587 Mill Fr (8 %) gestiegen ist. Mengenmäßig ergibt sich ein Überschuß des Exports von 70 008 dz (160 508 i. V.), wertlich aber ein Überwiegen der Einfuhr um 176 164 dz (1927 i. V.).

Erzeugnisse	Einfuhr				Ausfuhr			
	dz		1000 Fr		dz		1000 Fr	
	1929	1928	1929	1928	1929	1928	1929	1928
Dynamos, Elektromotoren, Transformatoren . .	59 135	29 587	117 178	66 077	66 739	85 833	85 664	108 226
Apparate	57 751	36 136	270 398	172 769	58 253	57 613	147 411	136 960
Teile von Dynamos, Motoren usw. sowie Magnete	7 602	7 603	29 894	23 711	24 320	17 523	41 306	32 195
Glühlampen	8 693	7 349	100 706	83 748	7 098	6 753	31 363	25 414
Bogenlampen und Teile solcher	28	28	193	178	613	202	1 509	659
Kohlen für industrielle Zwecke	15 311	13 540	14 466	12 472	22 940	36 165	22 326	30 472
Akkumulatoren, Elemente, Kondensatoren . . .	14 549	6 200	12 282	6 574	34 765	26 099	38 272	25 512
Material aus Porzellan, Steingut, Glas usw. . .	11 058	3 012	9 567	3 425	44 724	35 234	20 131	14 454
Drähte und Kabel	72 517	54 574	74 791	53 697	57 200	53 115	65 329	46 832
Insgesamt. .	246 644	158 029	629 475	422 651	316 652	318 537	453 311	420 724

Aus der Geschäftswelt. — In das Handelsregister wurden eingetragen: Signal Funk G. m. b. H., Essen (20 000 RM): Herstellung, Kauf und Verkauf von elektrischen Apparaten und Anlagen, auch solchen der Funk- und Signaltechnik; Kraftwerk Reckingen AG., Reckingen (2 Mill RM): Bau und Betrieb elektrischer Kraftwerke, u. zw. zunächst des Kraftwerks Reckingen a. Rh., sowie Verwertung der erzeugten elektrischen Energie. Gründer der Gesellschaft sind die Lonza Elektrizitätswerke und Chemische Fabriken AG., Basel, Lonza-Werke Elektrochemische Fabriken G. m. b. H., Waldshut, Metallgesellschaft AG., Frankfurt a. M., Schweizerischer Bankverein, Basel und eine weitere Baseler Firma; Schneider & Co. G. m. b. H., Bremen (25 000 RM): Großhandel mit Elektromaterial; Allgäuer Überlandwerk G. m. b. H., Kempten (1,5 Mill RM): Erzeugung und Verteilung elektrischer Energie aus eigenen oder fremden Anlagen, Erwerb von Konzessionen usw., Ausnutzung von Wasserkräften, Elektrizitätswerken usw.

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 808.
[2] Bd. 27, 1930, S. 504.

Abschluß des Heftes: 30. August 1930.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Selbstkühlende Großtransformatoren.

Mitteilung der AEG.

In den letzten Jahren ist man mehr und mehr dazu übergegangen, große Leistungstransformatoren rein selbstkühlend auszuführen. Man nimmt hierbei die höheren Öltemperaturen der selbstkühlenden Transformatoren gegenüber den umlaufgekühlten in Kauf, um die Betriebsführung zu vereinfachen.

In Amerika, wo die Forderung nach großen selbstkühlenden Typen zuerst erhoben wurde, erreichte man die Abführung der Verlustwärme dadurch, daß man einmal die spezifischen Verluste möglichst herabsetzte; ferner baute man große selbstkühlende Einheiten in Kammern ein, die an hohe Zentralen-Gebäude angelehnt, die Anordnung sehr hoher Abzugschlote ermöglichten. Hierbei sind dann die Betriebsverhältnisse in der Kammer ähnlich denen bei künstlicher Kammerbelüftung.

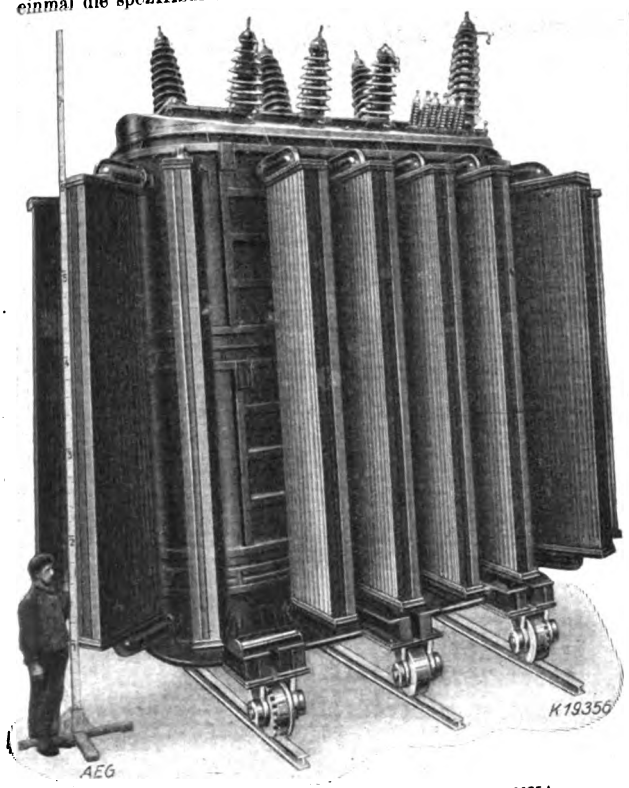


Abb. 1. Dreiwicklungstransformator 20/20/10 MVA.

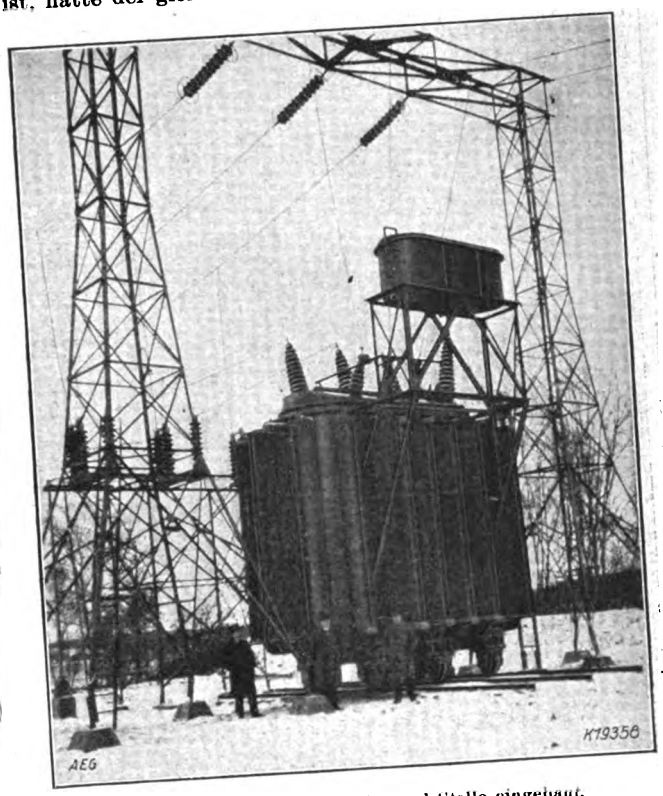


Abb. 2. Transformator an Ort und Stelle eingebaut.

Die AEG hat bei den von ihr entwickelten großen selbstkühlenden Typen gleichfalls den Grundsatz aufgestellt, die Transformatoren mit möglichst gutem Wirkungsgrad zu bauen, um die Verlustwärme leichter abführen zu können. Da meist Freiluft-Transformatoren in Betracht kommen, so müssen bei der Bemessung der Kühlfläche die Abkühlungsverhältnisse der Freiluft-Aufstellung berücksichtigt werden.

Ein sehr großer selbstkühlender Transformator wurde von der AEG kürzlich nach Schweden geliefert und ist dort als Dreiwicklungstransformator für 132 ÷ 126 ÷ 120/60/6,6 kV mit Leistungen von 20 000/20 000/10 000 kVA in Betrieb. Die Gesamt-Abkühlungsverluste betragen im ungünstigsten Betriebsfall etwa 160 kW; sie sind also für einen Dreiwicklungstransformator, dessen Typenleistung 25 000 kVA beträgt, sehr gering. Die Abführung der Wärme geschieht durch 18 angebaute Radiatoren (Abb. 1), mit denen sich bei Dauerlast eine Übertemperatur des Öles von 48° ergab. Auf die Ölübertemperatur von 60° bezogen, die in den RET für selbstkühlende Transformatoren zugelassen ist, hätte der gleiche Radiatorenkasten einen Dreiwicklungstransformator von etwa 24 000/24 000/12 000 kVA aufnehmen können; dies würde einer Typenleistung von etwa 30 000 kVA entsprechen.

Die Aufstellung des Transformators an Ort und Stelle ist aus Abb. 2 zu ersehen. Die Radiatoren sind einzeln abnehmbar, und zwar kann der Öl-ein- und -austritt durch Spezialklappen dicht abgeschlossen werden. Der Kasten des Transformators besteht aus drei Schüssen; Kern und Wicklung sind in den beiden unteren Schüssen untergebracht; nach Abnahme der Radiatoren und des oberen Schusses konnten sie in Öl mit dem aufgesetzten Deckel des Transformators verfrachtet werden. Abb. 3. Für eine etwaige Untersuchung des Transformators wäre es möglich, auch den mittleren Schuß abzuheben und so ohne Anheben des Kernes bequem an den Transformator heranzukommen.

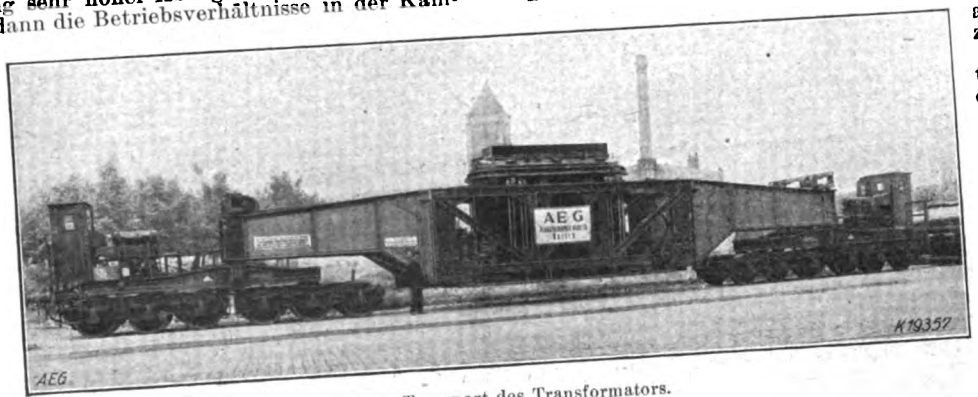


Abb. 3. Transport des Transformators.

Digitized by Google

Warnung vor Patentverletzungen

Wir sind Inhaber der **Alleinlizenz für Deutschland** der nachfolgenden Deutschen Reichspatente:

No. **392 183**
418 055
437 533
446 998
448 201
456 082
490 257

Diese schützen die Kondensation von **Harnstoff** und **Harnstoff**-Derivaten, wie z. B. **Thioharnstoff** mit Formaldehyd, unter Anwendung von Säuren oder Basen als Kondensationsmittel, sowie ohne Anwendung eines Kondensationsmittels.

Ferner haben wir das **Alleinlizenzrecht** der Deutschen Reichspatente

No. **418 055** und **484 972**

welche die Herstellung von **Formstücken** aus **Kondensationsprodukten** von **Harnstoff** bzw. **Thioharnstoff** mit **Formaldehyd**, unter **Anwendung** von **Druck** und **Hitze**, unter Schutz stellen.

Wir **warnen** hiermit vor der Herstellung und dem Bezuge von Harnstoff- bzw. Thioharnstoff-Preßmassen, die unter Verletzung der oben angezogenen Patente hergestellt sind.

Ferner **warnen** wir vor der Verarbeitung zu Formstücken, Veräußerung und Ankauf derselben. Die in Frage stehenden Preßmassen und Formstücke kennzeichnen sich u. a. durch **weiße und leuchtend bunte Farbeffekte.**

Wir werden gegen jede Verletzung unnachsichtlich vorgehen.

Wir machen hiermit unseren Geschäftsfreunden die Mitteilung, daß wir selbst die Fabrikation der Stoffe nach den obigen Patenten aufgenommen haben und bitten um Einforderung unserer Angebote in

lichtechten weißen und farbigen TROLITAN »H« Preßmassen und Formstücken.

Rheinisch-Westfälische Sprengstoff-Actien-Gesellschaft
Abteilung Kunststoffe
Troisdorf (Bezirk Köln)

Digitized by Google

SEP 25 1930

E T Z

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

INHALT

Die Stromwendung des Wechselstrom-Bahnmotors. Von K. Töfflinger. 1285

Die elektrowirtschaftliche Bedeutung der Werkstatt-Lichtwerbung. Von A. G. Arnold. 1288

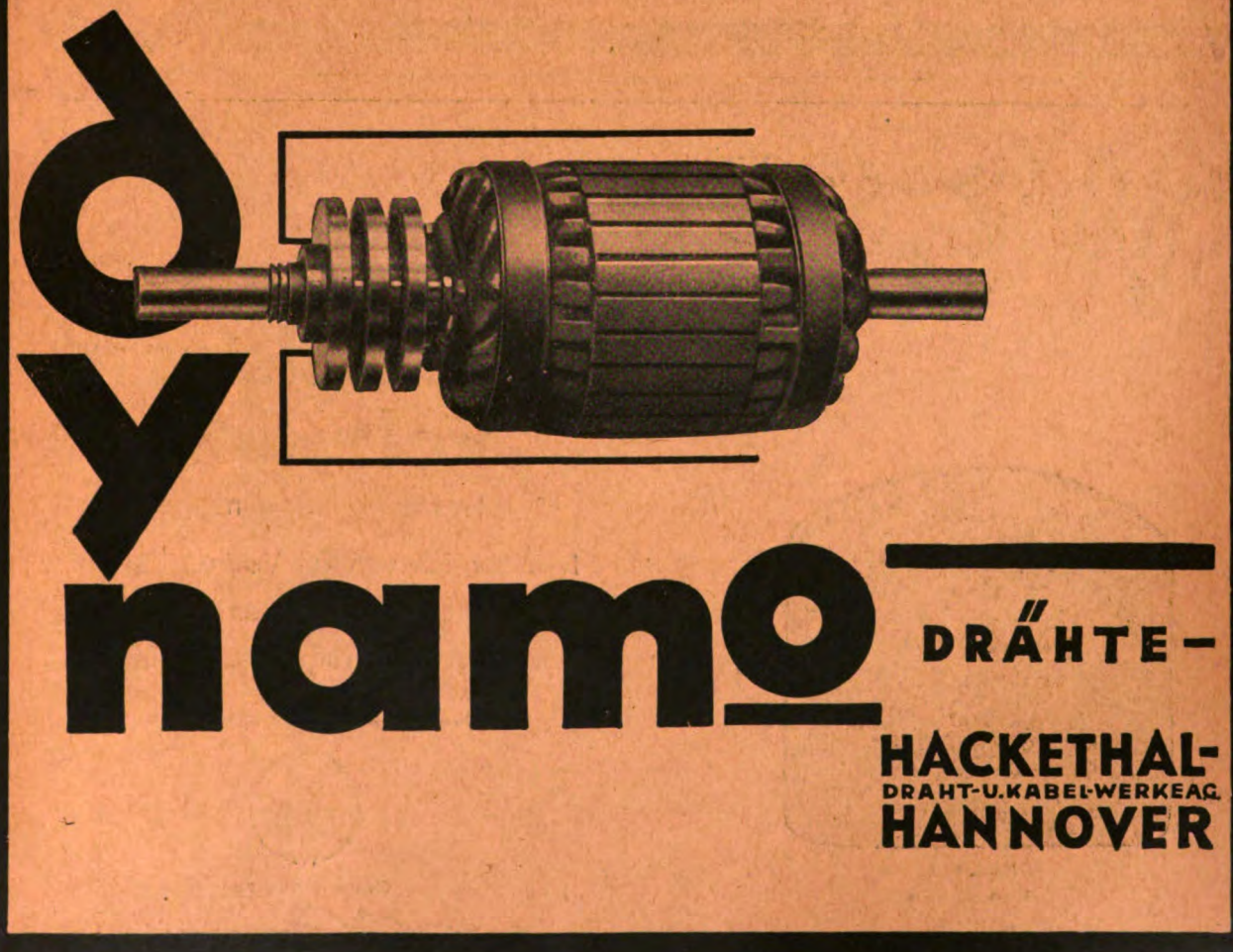
Anforderungen und Fortschritte beim Bau elektrischer Fördermaschinen. Von W. Philippi. (Schluß.) 1293

Wälzlager für Elektromotoren. (Aussprache.) 1298

Deutschlands Elektroaußenhandel im Rahmen des Welt-Elektroaußenhandels. Von G. Becker. 1302

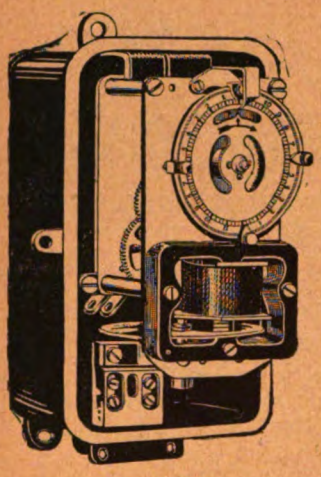
Rundschau:

Prüfmuffe für Blitzschutz- und Erdungsanlagen. 1305
Leistungsverstärker für Meßzwecke. 1305
Das Fernkabel Emden—Groningen. 1306
Durchschlag von flüssigen Isolatoren. 1306
Untersuchung des Skineffektes in Drähten mit komplexer magnetischer Permeabilität. 1307
Der Thyrit-Überspannungsableiter. 1307
Beobachtung von Gewitterüberspannungen mit dem Kathoden-Oszillographen. 1308
2. Forschungsheft der Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen. Isolierstoffe. Februar 1930. 1309
Studien über Isolieröle. 1309
Vakuumölreinigungsanlage. 1310
Energiewirtschaft. 1311
Rechtspflege. 1312
Vereinsnachrichten. 1313 **Bekanntmachung des VDE.** 1314
Sitzungskalender. 1314
Persönliches. A. Schuchardt, A. Korn. 1314
Briefe a. d. Schriftl.: L. Tschiassny / A. Herczeg. 1314
Literatur: K. Töfflinger, O. Vas. 1315
Geschäftl. Mitteilungen. 1316



37. HEFT · 51. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9
(1285-1316) 11. SEPTEMBER 1930

Digitized by Google



Type E. Z.
mit elektr. Ferraris-Aufzug

Wir liefern auf Grund langjähriger Erfahrungen:

Uhren und Schalter

für Straßen-, Schaufenster- und Reklamebeleuchtung, sowie zur Schaltung von Heizstromkreisen

Elektrizitätszähler

für alle Stromarten, Tarife und Zwecke

FIRCHOW-LANDIS & GYR
BERLIN SW 61

Weston

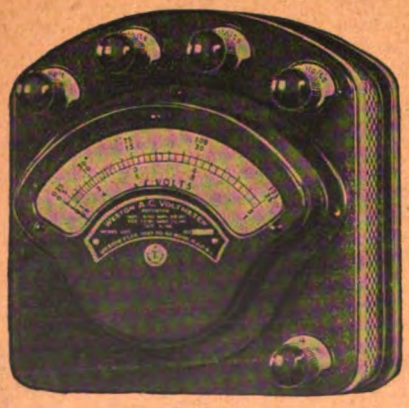
Wechselstrom-Voltmeter

für niedrige Spannungen

Meßbereich von 0,5 Volt an bei einer Empfindlichkeit von 20 Ω/V

Verwendbar für Frequenzen bis 3000 Hz.

Man verlange Spezialliste Nr. 2



Mod. 482
Thermo-System
Mod. 330
Ferrodynam. Meßwerk

Generalvertrieb:
Dipl. Ing. D. Bercovitz & Söhne
BERLIN-SCHÖNEBERG

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

51. Jahrgang **Berlin, 11. September 1930** **Heft 37**

Die Stromwendung des Wechselstrom-Bahnmotors.

Von Dr.-Ing. K. **Töfflinger**, Berlin.

Übersicht. **Sämtliche Berechnungsverfahren, denen die alte Annahme zeitlich genau sinusförmigen Verlaufs aller Wechselstromgrößen zugrundeliegt, liefern beim neuzeitlichen Wechselstrom-Bahnmotor Ergebnisse, die den heutigen Ansprüchen nicht mehr vollkommen genügen. Es erwies sich daher als notwendig, ein neues Berechnungsverfahren zu entwickeln, das die Ermittlung der zeitlichen Kurvenformen ermöglicht. Dieses Verfahren selbst, seine Anwendung und die wichtigsten der mit seiner Hilfe gewonnenen neuen Erkenntnisse sind an anderer Stelle veröffentlicht[1]. Hier sollen lediglich einige Erscheinungen eingehender besprochen werden, die auf die Stromwendungseigenschaften des heutigen Wechselstrom-Bahnmotors von maßgebendem Einfluß sind, aber bisher mit Hilfe des Vektordiagrammes oder entsprechender anderer Berechnungsverfahren weder erklärt noch vorausberechnet werden konnten.**

Infolge der weiteren Verbreitung des Wechselstrom-Bahnbetriebs stehen heute Einphasen-Hauptbahnmotoren der verschiedensten Ausführungsformen in so großen Baureihen im Dienst, daß sich genug Gelegenheit bietet, ihre Betriebseigenschaften zu beobachten und sie mit denen zu vergleichen, die auf Grund der heute üblichen theoretischen Anschauungen und der daraus abgeleiteten Berechnungsverfahren erwartet werden müssen. Man wird an der wirtschaftlichen und wissenschaftlichen Bedeutung solcher Vergleiche nicht zweifeln, wenn man den großen Geldwert der heute im Dienst befindlichen Vollbahnmotoren kennt und erwägt, daß schließlich überall in der Technik erst der Betrieb den endgültigen Nachweis dafür erbringt, ob die übliche Theorie einer Maschine alle praktisch wichtigen Eigenschaften genügend scharf erfaßt hat oder nicht.

Wie nach den großen Erfolgen, die der Wechselstrom-Hauptbahnbetrieb heute für sich buchen darf, zu erwarten war, ergeben zwar derartige Beobachtungen im allgemeinen noch eine ausreichende Übereinstimmung zwischen den tatsächlichen und den vorausberechneten Eigenschaften des Einphasen-Bahnmotors. Trotzdem müssen gewisse Ausnahmen auffallen, und zwar namentlich bei den Stromwendungsvorgängen, wie sich schon daraus entnehmen läßt, daß auch heute noch weitere Kreise die rechnerische Beherrschung dieses wichtigen Gebiets für etwas schwierig halten, und daß man sogar besondere Richtlinien ausgebildet hat, nach denen man durch planmäßige Messungen im Prüffeld die günstigste Einstellung des Wendepols und seiner Wicklung ermittelt[2]. Derartige Versuche bedingen einen großen Aufwand an Zeit und Geld, ohne daß sie den Erfolg unbedingt gewährleisten. Gelingt es, sie durch ein zuverlässigeres Berechnungsverfahren unnötig zu machen, so ist zweifellos ein großer wirtschaftlicher Vorteil gewonnen.

Für den Hauptbahnbetrieb kommt heute von den vielen Schaltungsarten des Wechselstrom-Kommutatormotors nur noch die einfachste, nämlich der reine Reihenschlußmotor in Betracht. Abgesehen von wenigen Ausnahmen wird stets Wendepol- und Kompensationswicklung angewandt. Oft werden beide Wicklungen mit der Erregerwicklung zu einem einzigen System vereinigt; damit ändert sich nur das Aussehen des Motors, aber nicht seine Arbeitsweise. In sich kurzgeschlossene Kompensationswicklungen verwendet man nicht mehr.

Von den vielen Kunstschaltungen, die man zur Verbesserung der Stromwendung erdacht hat, ist wenig übriggeblieben. Selbst Widerstandsverbindungen führt man bei den Motoren für 16⅔ Hz kaum noch aus, da sie grundsätzlich eine gegen jede Überlastung empfindliche Stelle bilden und doch keine günstigere Bemessung der Maschine ermöglichen. Nur noch die Parallelschaltung eines ohmschen Widerstandes zur Wendepolwicklung wird viel angewandt.

Theoretisch erscheinen die Stromwendungsvorgänge beim Einphasen-Reihenschlußmotor zunächst nicht schwierig. Zwischen den in Stromwendung begriffenen Kommutatorstegen treten die Reaktanzspannungen auf, die aus der Theorie der Gleichstrommaschine bekannt genug sind, und außerdem noch die dem Wechselstrommotor eigentümlichen sogenannten Transformatorspannungen, die vom Wechselfluß des Hauptpols induziert werden. Da die Erfahrung mit den Gleichstrommaschinen lehrt, daß man heute durchaus in der Lage ist, die Reaktanzspannungen durch entsprechend bemessene Wendepole mit genügender Sicherheit unschädlich zu machen, darf man von vornherein vermuten, daß von allen bei der Stromwendung auftretenden Unstimmigkeiten zwischen den vorausberechneten und den tatsächlichen Erscheinungen die Ursache hauptsächlich in einer bei der Vorausberechnung der Transformatorspannung begangenen Ungenauigkeit zu suchen ist.

Zur Berechnung der Transformatorspannung pflegt man vorauszusetzen, daß sich der Hauptpolfluß zeitlich sinusförmig ändert. Erreicht er als Maximalwert Φ Mega-Maxwell, so induziert er in jeder kommutierenden Ankerwindung eine effektive Transformatorspannung von $0{,}740\,\Phi$, wenn die Netzfrequenz $16^2/_3$ Hz beträgt. Auch die zwischen benachbarten, in Stromwendung begriffenen Kommutatorstegen induzierte Spannung ist gleich $0{,}740\,\Phi$ zu setzen, weil fast alle heutigen Wechselstrom-Bahnmotoren eine reine Schleifenwicklung mit einer Windung je Kommutatorsteg besitzen. Erfahrungsgemäß können die besten der heute bei Bahnmotoren im Gebrauch befindlichen Kohlebürstensorten noch eine Transformatorspannung von etwa 3 V funkenfrei bewältigen. Man baut daher die Motoren so, daß beim Stundenstrom der Hauptpolfluß nicht viel größer als 4 Mega-Maxwell wird.

Wirtschaftliche Gründe zwingen beim Bahnmotor immer zu einer hohen magnetischen Ausnutzung des aktiven Eisens. Für die größeren Stromstärken verläuft daher die Magnetisierungskurve so flach, daß bei vielen Motoren im Betrieb mit doppeltem Stundenstrom der Hauptpolfluß nur rd. 20 % größer als beim Stundenstrom selbst wird. Arbeitet also der Motor unter Stundenstrom mit 3 V Transformatorspannung einwandfrei, so ist für die doppelte Stromstärke eine Transformatorspannung von etwa $1{,}2 \cdot 3 = 3{,}6$ V und demgemäß auch noch kein starkes Bürstenfeuer zu erwarten. Im Gegensatz dazu beobachtet man jedoch ein mit zunehmendem Strom so starkes Anwachsen der Funken, daß mancher Motor nicht einmal kurzzeitig bis zum doppelten Stundenstrom ausgenutzt werden kann. Die gleiche Erscheinung beobachtet man auch bei niedrigen Drehzahlen. Das Feuern kann daher nicht auf eine zu hohe Reaktanzspannung zurückgeführt werden, weil diese der Drehzahl proportional ist, sondern muß den Transformatorspannungen zugeschrieben werden. Dabei zeigt die gute Übereinstimmung zwischen berechneter und gemessener Drehzahl, daß die Größe des Hauptpolflusses richtig ermittelt wurde. So bleibt nur noch die eine Schlußfolgerung übrig, daß die Transformatorspannung dem Haupt-

[1] K. Töfflinger, Der Einphasenbahnmotor, Kritik und Ersatz seines Vektordiagramms. Verlag R. Oldenbourg, München 1930. Besprechung auf S. 1315 dieses Heftes.

[2] Krauß, Kommutierungsversuche an Einphasen-Reihenschlußmotoren, ETZ 1925, S. 1803.

Digitized by Google

polfluß eben nicht proportional ist, sondern bei großen Stromstärken schneller als dieser wachsen kann.

Noch einige andere Beobachtungen führen zu dem gleichen Ergebnis. Es ist schon seit einer Reihe von Jahren in weiteren Kreisen bekannt, daß der Einphasen-Reihenschlußmotor in seiner Stromwendung höchst empfindlich wird, wenn sein Luftspalt eine bestimmte Grenze unterschreitet. Er feuert dann bereits bei Stromstärken, die bei richtigem Luftspalt noch keinerlei Schwierigkeiten ergeben, und kann sogar zu Rundfeuer neigen, obwohl jeder neuzeitliche Motor mit so niedrigen Segmentspannungen der Berechnung nach arbeitet, daß eigentlich eine ungewöhnlich große Rundfeuersicherheit gewährleistet sein sollte. Man könnte auf den Gedanken kommen, diese Störungen den Nutenoberschwingungen zuzuschreiben, zu denen bekanntlich der Einphasen-Reihenschlußmotor in besonders hohem Maße neigt. Diese Vermutung trifft jedoch nicht ganz zu, denn das beobachtete Bürstenfeuer zeigt sich nahezu unabhängig von der Drehzahl, während die Nutenoberschwingungs-Spannungen etwa proportional der Geschwindigkeit gesetzt werden müssen. Außerdem ist die gleiche Störung auch schon in Fällen beobachtet worden, in denen der Nachweis erbracht wurde, daß Nutenoberschwingungen von gefährlicher Größe nicht auftraten. Ebensowenig führt die sehr naheliegende Erklärung zum Ziel, daß durch eine Verkleinerung des Luftspaltes der Hauptpolfluß und proportional mit ihm die Transformatorspannung wachsen, denn sowohl die Nachrechnung als auch die Beobachtung ergeben sofort, daß man infolge der hohen Eisensättigung der heutigen Bahnmotoren bei großen Stromstärken durch Verkleinern des Luftspaltes immer nur eine unbedeutende Vergrößerung des Hauptpolflusses erreichen kann, die zur Begründung der auffallenden Verschlechterung der Stromwendung in keiner Weise ausreicht, selbst wenn man berücksichtigt, daß das Bürstenfeuer nicht etwa proportional den Kommutierungspannungen gesetzt werden darf.

Auch der umgekehrte Fall ist sehr bekannt: Man hat schon oft Wechselstrom-Bahnmotoren, die schlecht kommutierten, allein durch Vergrößern des Luftspaltes zu einwandfreier Stromwendung gebracht, ohne daß dabei der Hauptpolfluß um mehr als wenige Prozente verringert zu werden brauchte, so daß Drehzahl, Drehmoment und Leistungsfaktor wenigstens für die hohen Stromstärken praktisch die alten blieben. Diese Erfahrung hat viele Hersteller veranlaßt, grundsätzlich eine Bearbeitung von Ständerbohrung oder Ankerumfang vorzunehmen, um die richtige Luftspaltgröße gewährleisten zu können. Die Zunahme der Eisenverluste, die dabei theoretisch durch Überbrücken der Blechisolation entstehen kann, ist bei sachgemäßer Arbeit so verschwindend klein, daß man sie gegenüber den großen erreichten Vorteilen gern in Kauf nehmen kann.

Es liegt nun nahe, zu untersuchen, ob man bei hochgesättigter Maschine auch durch eine kleine Hauptpolflußverstärkung, die man durch Vermehrung der Anzahl der Erregerwindungen verwirklicht, eine starke Zunahme des Bürstenfeuers erreicht. Bei kleinen Motoren ist dieser Versuch leicht auszuführen und liefert immer das erwartete Ergebnis, wenn die Maschine nur hoch genug gesättigt ist. Verdoppelt man z. B. bei einem Motor, der bereits im Knie seiner Magnetisierungskurve arbeitet, aber dabei mit 3 V Transformatorspannung noch einwandfrei kommutiert, die Anzahl der Erregerwindungen, so wird sich nach der üblichen Berechnungsart eine Transformatorspannung von rd. 3,6 V ergeben. Trotzdem wird der Motor unerträglich feuern, obwohl man an der geringfügigen Änderung von Drehzahl, Drehmoment und Leistungsfaktor erkennt, daß tatsächlich nur eine unbedeutende Vergrößerung des Hauptpolflusses eingetreten ist.

Bei größeren Bahnmotoren werden solche Versuche naturgemäß recht umständlich. Zufällig ist jedoch gerade der größte z. Z. überhaupt im Betrieb vorhandene Einphasen-Bahnmotor mit einer Umsteuerung durch Bürstenverschiebung versehen und besitzt einen so breiten Wendepolbereich, daß man bei ihm die Anzahl der Erregerwindungen einfach durch anderes Einstellen der Bürsten ziemlich stark ändern kann, ohne daß sich dabei die wirksame Windungszahl der Kompensationswicklung viel vergrößert oder verkleinert. Auch hier bestätigt sich die erwartete starke Zunahme des Bürstenfeuers mit steigender Erregung. Es war bei dieser Gelegenheit interessant, festzustellen, daß man im Betrieb schon längst diejenigen Motoren, welche zufällig einen kleineren Luftspalt besaßen, mit solcher Bürstenstellung arbeiten zu lassen pflegte, die einer schwächeren Erregung entsprach. Man hatte also im Betrieb schon längst herausgefunden, daß man den ungünstigen Einfluß eines zu kleinen Luftspaltes durch schwächere Erregung wieder ausgleichen kann.

Wie schon erwähnt wurde, schaltet man gern einen ohmschen Widerstand der Wendepolwicklung parallel, um wenigstens für eine bestimmte Drehzahl die Transformatorspannung in der kommutierenden Ankerspule auszugleichen. Die Berechnung solcher Widerstände ist in der Literatur schon so häufig behandelt worden, daß hier nicht weiter auf sie einzugehen ist. Es hat sich aber gezeigt, daß ihre Ergebnisse oft so wenig zufriedenstellend ausfallen, daß man glaubt, auf besondere Prüffeldversuche nicht verzichten zu dürfen[3].

Bereits die hier mitgeteilten Erfahrungen genügen vielleicht, um dem Leser einen Begriff von den Schwierigkeiten zu geben, die dem Berechner entgegentreten, wenn er darauf angewiesen ist, die Güte der Stromwendung nach einer Transformatorspannung zu beurteilen, die einfach dem Hauptpolfluß proportional gesetzt wird, wie es das Vektordiagramm lehrt. Es entsteht damit die Frage, in welcher Beziehung die heute üblichen Berechnungsverfahren auf Voraussetzungen aufgebaut sind, welchen der neuzeitliche Bahnmotor nicht mehr genau genug entspricht.

Aus den Beobachtungen geht hervor, daß eine in dieser Weise berechnete Transformatorspannung nur dann nicht zur Kennzeichnung des Stromvorganges genügt, wenn der Motor hoch gesättigt, d. h. weit über das Knie seiner Magnetisierungskurve hinaus beansprucht ist. Man weiß längst, daß die zeitlichen Kurvenformen aller elektrischen und magnetischen Größen des Motors nur dann Sinuslinien sein können, wenn die Magnetisierungskurve eine gerade Linie ist, d. h., wenn das aktive Eisen vollkommen ungesättigt bleibt[4]. Je mehr die Magnetisierungskurve gekrümmt ist, desto spitzer wird der zeitliche Verlauf der Stromkurve und desto stumpfer derjenige des Hauptpolflusses. Denkt man daran, wie stark die Magnetisierungskurve des heutigen Einphasen-Bahnmotors von der geraden Linie abweicht, so wird man entsprechende Verzerrungen der zeitlichen Kurvenformen erwarten müssen und vom Vektordiagramm oder einem daraus abgeleiteten Berechnungsverfahren auch keine in allen Punkten zuverlässige Beschreibung der Vorgänge im Motor mehr verlangen.

Man kann den Effektivwert der Transformatorspannung offenbar nur dann ohne weiteres gleich $0{,}740\,\Phi$ setzen, wenn ein sinusförmiger Verlauf der Transformatorspannung gewährleistet ist; in allen anderen Fällen bleibt schließlich nichts anderes übrig, als auf die Momentanwerte der Transformatorspannung einzugehen. Diese sind proportional dem Differentialquotienten $\frac{d\Phi'}{dt}$, wenn Φ' einen Momentanwert des Hauptpolflusses und t die Einheit der Zeit bedeuten. Kennt man die zeitliche Kurve des Hauptpolflusses, so hat man diese zu differentiieren, um den zeitlichen Verlauf der Transformatorspannung zu erhalten.

Es wurde schon angedeutet, daß die Kurve des zeitlichen Hauptpolflußverlaufs beim hochgesättigten Motor nicht ebenso spitz wie die Sinuslinie, sondern sogar trapez- oder rechteckähnlich gestaltet sein kann. Die Differentiallinien solcher Figuren zeigen aber eine ausgeprägt spitze Form. Daraus geht hervor, daß die Maximalwerte der Transformatorspannungen beim hochgesättigtem Einphasen-Reihenschlußmotor stets weit höher liegen müssen als die Größe, welche man auf Grund der Voraussetzung sinusförmigen Kurvenverlaufs errechnet, nämlich als $\sqrt{2} \cdot 0{,}740\,\Phi$. Mit zunehmender Eisensättigung, also steigender Stromstärke, werden alle Kurvenverzerrungen immer größer, also besteht die Möglichkeit, daß der Maximalwert der Transformatorspannung selbst dann noch erheblich ansteigt, wenn der Hauptpolfluß und der Effektivwert der Transformatorspannung nur wenig zunehmen. Maßgebend für die Funkenbildung ist gerade bei den hohen Kommutator-Umfangsgeschwindigkeiten der heutigen Bahnmotoren und der niedrigen Netzfrequenz nicht der Effektivwert, sondern der Maximalwert der Transformatorspannung. Damit ist bereits klargelegt, daß die Stromwendungsbedingungen beim hochgesättigten Motor wesentlich andere, und zwar ungünstigere, werden können, als man auf Grund der Annahme zeitlich sinusförmigen Kurvenlaufs errechnet.

Nachdem so die große Bedeutung des zeitlichen Kurvenverlaufs der einzelnen elektrischen Größen feststeht, ist nach einem Verfahren zu suchen, das die Berechnung aller Momentanwerte und damit auch der zeitlichen Kurvenformen der wichtigsten elektrischen Größen des Einphasen-Reihenschlußmotors mit ausreichender Genauigkeit gestattet. Diese Aufgabe ist graphisch ohne besondere Schwierigkeiten gut lösbar, wenn man einen etwas größeren Zeitaufwand in Kauf nimmt. Hier würde es je-

[3] Krauß, wie Fußnote 2.
[4] Gerstmeyer, Wechselstrom-Bahnmotoren, S. 44. Berlin 1919.

Digitized by Google

doch zu weit führen, näher auf dieses Verfahren einzugehen.

Die Abb. 1 zeigt Beispiele vom zeitlichen Kurvenverlauf des Hauptpolflusses. Sie stammen von einem neuzeitlichen, aber noch nicht übermäßig hoch im Eisen gesättigten und sich daher im praktischen Betrieb bestens bewährenden Bahnmotor und können ein Bild von den magnetischen Verhältnissen geben, wie man sie schon im normalen betriebsmäßigen Zustand zu erwarten hat. Daß bei schweren Überlastungen oder bei zu hoch ausgenutzten Maschinen noch viel unregelmäßigere Kurvenformen auftreten müssen, ist selbstverständlich. Da hier nicht die absoluten Momentanwerte jeder Kurve, sondern nur ihre Form von Interesse ist, wurden als Ordinaten in der Abbildung nicht die Momentanwerte des Flusses selbst, sondern ihr Verhältnis zum sogenannten theoretischen Maximalwert, d. h. zum $\sqrt{2}$fachen Effektivwert jeder Kurve aufgezeichnet. Auf diese Weise wird der Vergleich der einzelnen Kurvenformen untereinander bedeutend erleichtert. Die flachste der drei gezeichneten Kurven gilt etwa für den Stundenstrom

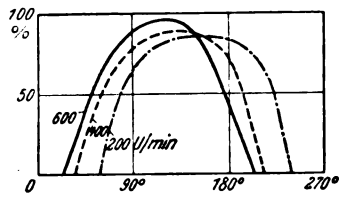


Abb. 1. Zeitlicher Verlauf des Hauptpolflusses bei einem neuzeitlichen Einphasen-Reihenschluß-Bahnmotor.

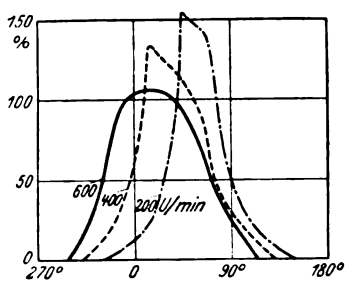


Abb. 2. Zeitlicher Verlauf der Transformatorspannungen bei einem neuzeitlichen Einphasen-Reihenschluß-Bahnmotor.

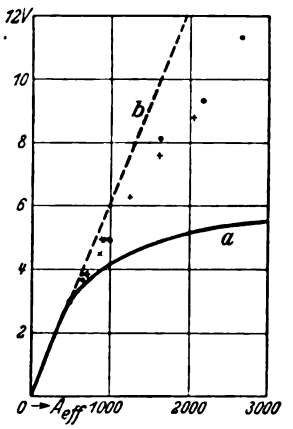


Abb. 3. Vergleich zwischen den tatsächlichen (×, +, •) und den unter Annahme sinusförmigen Kurvenverlaufs errechneten (——) Spitzenwerten der Transformatorspannung bei einem neuzeitlichen Einphasen-Reihenschluß-Bahnmotor.

Man erhält die Kurven des zeitlichen Verlaufs der Transformatorspannung, wenn man die Differentiallinien zur Abb. 1 konstruiert. Das Ergebnis zeigt Abb. 2. Auch hier sind die Ordinaten wieder nicht die momentanen Transformatorspannungen selbst, sondern zeigen das Verhältnis des Momentanwertes zum theoretischen Maximalwert an, so daß sich die Kurvenformen miteinander besser vergleichen lassen. Es ergibt sich, daß bei dem hier betrachteten Motor schon beim Stundenstrom der wirkliche Maximalwert der Transformatorspannung um etwa 50 % über dem theoretischen liegt. Die Formen dieser Kurven sind also von Sinuslinien nicht nur etwas, sondern sogar ganz erheblich verschieden und man kann sich danach ein Bild davon machen, wie große Maximalwerte die Transformatorspannung bei höheren Eisensättigungen annehmen kann.

Wenn man zunächst einmal die Effektivwerte der Transformatorspannung auf Grund des tatsächlichen Kurvenverlaufs ausrechnet und sie mit denen vergleicht, die sich nach den üblichen Berechnungsverfahren bei Voraussetzung durchweg sinusförmigen Kurvenverlaufs ergeben, so findet man im allgemeinen noch keine allzugroßen Unterschiede. Bei dem Motor z. B., von dem die Abb. 1 und 2 stammen, beträgt der Unterschied beim Stundenstrom nur etwa 7 %, bei der 1,5fachen Stromstärke allerdings schon etwa 20 %. Vielleicht erscheinen solche Abweichungen für viele praktische Fälle noch gerade erträglich, aber sie lassen doch bereits deutlich erkennen, in wie hohem Maße bei starker Eisensättigung die Fehler zunehmen können, die man durch die Annahme sinusförmigen Kurvenverlaufs begeht.

Viel interessanter ist es, die Spitzenwerte der Transformatorspannungen mit denen zu vergleichen, die sich bei sinusförmigem Kurvenverlauf ergeben würden, wo sie bekanntlich für den normalen Bahnmotor bei $16^2/_3$ Hz gleich $\sqrt{2} \cdot 0{,}740\,\Phi$ zu setzen sind. Diese letzteren Werte zeigt in der Abb. 3 die ausgezogene Kurve *a*, während die einzelnen Punkte tatsächliche Maximalwerte darstellen. Der Stundenstrom dieses Motors beträgt etwa 1900 A und die Stromwendung erfolgt dabei noch vollkommen funkenfrei, obwohl man für diesen Zustand nach den alten Berechnungsverfahren eine effektive Transformatorspannung von etwa 3,5 und eine maximale von 4,95 V ermittelt; tatsächlich betragen jedoch diese Spannungen rd. 3,7 und 8 V. Danach erscheint also eine funkenfreie Stromwendung noch möglich, wenn die momentane Transformatorspannung den Wert von 8 V nicht übersteigt. Beim 1,5fachen Stundenstrom erreicht die maximale Transformatorspannung bereits 12 V. Hier zeigt der Motor auch schon Bürstenfeuer, aber immer noch in einem für den kurzzeitigen Betrieb durchaus zulässigen Grade. Es ist dabei noch zu bemerken, daß der Motor keinerlei Einrichtungen zum Ausgleich der Transformatorspannungen, insbesondere keinen Parallelwiderstand zur Wendepolwicklung besitzt.

Untersucht man an Hand von Oszillogrammen, welche Momentanwerte z. B. die Kommutierungsspannungen an anderen Maschinen, etwa an Gleichstrommaschinen aufweisen können, ohne daß sich Bürstenfeuer einstellt, so kommt man, die Benutzung hochwertiger Kohlebürsten ebenso wie beim Einphasen-Bahnmotor vorausgesetzt, trotz aller Unterschiede im elektrischen Verhalten doch auf ganz ähnliche Werte: Meistens findet man, daß erst bei Spannungen, die über 6 ... 7 V liegen, Bürstenfeuer zu befürchten ist. Daß beim Bahnmotor scheinbar etwas höhere Werte zulässig sind, läßt sich in verschiedener Weise erklären[5]. Es ist dabei sicherlich von Bedeutung, daß im Wechselstrommotor die Kohlebürsten während eines verhältnismäßig großen Teils jeder Periode nur wenig oder gar nicht belastet sind: Man sieht ja an jedem Motor, der mit $16^2/_3$ Hz betrieben wird, schon mit bloßem Auge, wie das Bürstenfeuer im doppelten Takte der Netzfrequenz erscheint und verschwindet.

Abb. 3 zeigt deutlich, in wie hohem Maße das Bürstenfeuer noch zunehmen kann, auch wenn sich bei stärkerem Strom infolge der Eisensättigung der Wert $\sqrt{2} \cdot 0{,}740\,\Phi$ nicht mehr wesentlich erhöht. Damit ist aber bereits die erste der oben mitgeteilten Betriebserfahrungen vollkommen erklärt.

Abb. 3 gibt auch über den Einfluß einer Luftspaltänderung auf den Stromwendungsvorgang Aufschluß. Wenn man nämlich das geradlinige Anfangstück der Kurve *a* verlängert (Linie *b*), so sieht man, daß die tatsächlichen maximalen Transformatorspannungen stets zwischen den Linien *a* und *b* liegen. Der Beweis dieser Tatsache ist nicht schwierig, doch würde es hier zu weit führen, ihn genauer zu behandeln. Läßt man den Ordinatenmaßstab unberücksichtigt, so kann man *a* direkt als die Wechselstrom-Magnetisierungskurve der Maschine betrachten. Wenn man nun den Luftspalt vergrößert, so wird man infolge der hohen Eisensättigung für die großen Stromstärken den Hauptpolfluß nur wenig verringern, so daß dort die Linie *a* nur wenig tiefer verlegt wird. Der Anstieg der Linie *b* dagegen wird erheblich flacher als vorher, und da die tatsächlichen Transformatorspannungen immer zwischen *a* und *b* liegen müssen, so werden sie durch das Vergrößern des Luftspaltes ganz bedeutend herabgedrückt, und zwar am allermeisten für die großen Stromstärken. So bestätigt sich die alte Betriebserfahrung, daß man für diejenigen Stromstärken, bei denen das Eisen schon zu hoch gesättigt ist, durch Vergrößern des Luftspalts die Stromwendung wirksam verbessern kann, ohne dabei Hauptpolfluß, Drehzahl oder Leistungsfaktor wesentlich abzuändern. Beim Bahnmotor, der ja kurzzeitig hohe Drehmomente abgeben muß, sind aber gerade die Eigenschaften, welche er in hoch überlastetem Zustande zeigt, von besonderer praktischer Bedeutung, so daß sie bei der Berechnung nicht vernachlässigt werden dürfen.

Es ist nun leicht, auch den Einfluß zu erklären, den die Änderung der Windungszahl der Erregerwicklung auf die Stromwendung ausüben kann. Verringert man beispielsweise die Windungszahl auf die Hälfte ihres früheren Wertes, so wird der gleiche magnetische Zustand, der vorher bei 1000 A herrschte, nunmehr erst bei 2000 A erreicht. Man sieht sofort, daß jetzt auch der Verlauf der Kurven *a* und *b* in Abb. 3 derselbe wird, wie wenn man an Stelle der Änderung der Windungszahl eine Verdoppelung des Luftspaltmaßes ausgeführt hätte. Allgemein hat also innerhalb der hier betrachteten Gesichtspunkte eine Änderung der Erregerwindungszahl im Verhältnis $1 : n$ denselben Einfluß auf die Stromwendung wie eine Änderung des Luftspalts im Verhältnis $n : 1$. Damit ist auch zugleich die

[5] Vgl. W. Heinrich, Das Bürstenproblem im Elektromaschinenbau, S. 150. Verlag R. Oldenbourg, Berlin 1930.

Digitized by Google

Erfahrung erklärt, daß sich die Nachteile einer zu starken Erregung durch größeren Luftspalt ausgleichen lassen und umgekehrt.

Wenn man die Transformatorspannung wenigstens für eine einzige bestimmte Drehzahl durch einen phasenverschobenen Vektor des Wendeflusses restlos ausgleichen will, so muß dieser Teilfluß genau die gleiche zeitliche Kurvenform besitzen wie die Transformatorspannung, also mit zunehmender Eisensättigung eine immer schärfer werdende Spitze aufweisen. Diese Bedingung wird aber von keiner der hier in Frage kommenden Wendepolschaltungen erfüllt, auch nicht von dem ohmschen, parallel zur Wendepolwicklung liegenden Widerstand. Er liefert immer nur ein verhältnismäßig gut sinusförmiges Wendefeld. Selbst wenn es also gelingt, durch den Wendefluß in den kommutierenden Ankerwindungen eine Spannung zu induzieren, deren Effektivwert genau gleich dem der Transformatorspannung ist und deren Phasenlage auch vollkommen die richtige ist, so müssen doch immer noch Restspannungen von ganz unregelmäßiger Kurvenform übrig bleiben, die beim hoch gesättigten Motor offenbar immer noch groß genug sein können, um Bürstenfeuer hervorzurufen. Das Vektordiagramm gibt überhaupt keinen Einblick in den Verlauf der zeitlichen Kurvenformen und liefert, wie oben angedeutet wurde, bei starker Eisensättigung nicht einmal die Effektivwerte der Transformatorspannung so genau, wie man es oft fordern muß. Es stellt also gerade für die schwierigsten Stromwendungsfälle, die vor allem bei einem Bahnmotor der Nachrechnung bedürfen, nicht mehr als eine je nach den Umständen gute oder schlechte Annäherungsmethode dar, und es erscheint durchaus verständlich, daß man es schon teilweise für notwendig befunden hat, erst im Prüffeld die endgültigen Angaben für die Wicklung und Einstellung des Wendepols zu ermitteln.

Wenn man aber die größere Berechnungsarbeit in Kauf nimmt, welche durch den Verzicht auf die Voraussetzung durchweg sinusförmigen Kurvenverlaufs bedingt ist, so scheint man stets eine vollkommen ausreichende Übereinstimmung zwischen den vorausberechneten und den tatsächlichen Stromwendungseigenschaften der Maschine zu erreichen. Bisher war es jedenfalls bei keiner der in dieser Weise behandelten Maschinen notwendig, nach dem Befund im Prüffeld oder im Betrieb auch nur die geringsten Änderungen an den Stromwendungseinrichtungen vorzunehmen.

Ebenso wie die Berücksichtigung der zeitlichen Kurvenformen einen besseren Einblick in die Vorgänge der Stromwendung ermöglichte, lieferte sie auch wertvolle Hinweise auf die Hilfsmittel, die geeignet erscheinen, die Stromwendung der Motoren zu verbessern, die wegen zu weit getriebener Eisensättigung feuern. Das einfachste und dabei doch noch ziemlich wirksame Mittel scheint ein ohmscher Widerstand zu sein, den man der Erregerwicklung parallelschaltet, um wenigstens die schärfsten, also gefährlichsten Spitzen der Transformatorspannung abzuschleifen. Im Prüffeld lieferte er meistens vorzügliche Ergebnisse.

Wenn es auch möglich ist, durch solche Hilfsmittel eine wesentliche Verbesserung mancher Maschine zu erreichen, so wird man im allgemeinen doch eher bestrebt sein, nur solche Motoren zu bauen, die derartiger Mittel nicht erst bedürfen. Beim Entwurf neuer Maschinen läßt sich dann viel Zeit sparen, wenn eine Möglichkeit besteht, sich ohne große Berechnungsarbeit einen Überblick darüber zu verschaffen, ob die magnetische Beanspruchung des Motors noch die Verwendung des gewohnten Vektordiagramms ohne weitere Vorsichtsmaßnahmen gestattet oder ob bereits so große Abweichungen in den zeitlichen Kurvenformen befürchtet werden müssen, daß ihre Berücksichtigung erforderlich erscheint. Zur Entscheidung dieser Frage braucht man nur die Wechselstrom-Magnetisierungskurve des betreffenden Motors aufzuzeichnen und ihr geradliniges Anfangstück zu verlängern, dann besitzt man bereits ein der Abb. 3 entsprechendes Diagramm und weiß, daß die Abweichungen aller Kurvenformen von der Sinuslinie um so größer werden, je weiter für die betreffende Stromstärke die Ordinaten der Linien *a* und *b* auseinander liegen. Es mag als ganz ungefährer Anhalt dienen, daß die Zuverlässigkeit des Vektordiagramms schon für die Berechnung eines Bahnmotors etwas zu gering sein dürfte, wenn die Ordinate von *b* doppelt so groß wird wie die von *a*.

Die Abweichungen der zeitlichen Kurvenformen von der Sinuslinie bedingen selbstverständlich nicht nur in der Stromwendung besondere Erscheinungen, sondern machen sich auch in fast allen anderen Eigenschaften des Einphasen-Reihenschlußmotors bemerkbar. Vor allem ergeben sie eine Erhöhung der wattlosen Spannungen und bewirken dadurch eine Verringerung des Leistungsfaktors. Nicht einmal die Klemmenspannung kann man beim heutigen Einphasenmotor sinusförmig voraussetzen, denn sie zeigt gelegentlich eine ziemlich abgestumpfte Form, die zwar eine Verringerung der Eisenverluste, aber auch eine weitere Erschwerung der Stromwendung, wenn auch noch keine bedeutende, darstellt.

Der Entschluß, grundsätzlich auf die alte Annahme zu verzichten, daß sich alle Wechselstromgrößen stets zeitlich genau sinusförmig ändern müssen, hat sich bei der Untersuchung und Berechnung neuzeitlicher Einphasen-Reihenschluß-Bahnmotoren als recht fruchtbar erwiesen. Vielleicht lassen sich heute auch auf anderen Gebieten der Wechselstromtechnik in ähnlicher Weise Fortschritte erreichen.

Die elektrowirtschaftliche Bedeutung der Werkstatt-Lichtwerbung.

Von Dipl.-Ing. **A. G. Arnold**, Berlin.

Übersicht. Das Rationalisieren ist in der Industrie zum Schlagwort geworden. Das Handwerk, das einen schweren Stand gegenüber der Großfabrikation hat, muß daher ebenfalls auf höchste Wirtschaftlichkeit der Erzeugung sehen, wenn der wirtschaftliche Rückgang vermieden werden soll. Eine der wichtigsten Voraussetzungen für rationalisierte Arbeit in der Werkstatt ist die Schaffung guter Beleuchtung. Daher ist von der Vereinigung der Elektrizitätswerke e. V., dem Reichsverband des deutschen Elektro-Installateurgewerbes e. V., dem Verband des Beleuchtungs- und Elektro-Einzelhandels Deutschlands e. V. und der Werbegemeinschaft der Glühlampen-Industrie sowie der Arbeitsgemeinschaft zur Förderung des Elektro-Installateur- und Beleuchtungs-Gewerbes (A. F. I.) die Zentrale für Lichtwerbung mit der Werkstatt-Lichtwerbung beauftragt worden. Aus der großen Zahl der Werkstätten des Handwerks hat man lebensnotwendige, kaufkräftige und möglichst gleichmäßig über das Reich verteilte Betriebe gewählt. Gefördert wird diese Lichtwerbung vom Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit, Berlin, und vom Deutschen Handwerks-Institut, Hannover. Aufgabe des Folgenden ist es, die technische und wirtschaftliche Bedeutung des erhöhten Beleuchtungstromverbrauches dieser Betriebe für die Elektrizitätswerke darzulegen und auf den Ausbau der Werbeabteilungen der Werke hinzuwirken.

1. Einleitung.

Das Auge ist das wertvollste Sinnesorgan des Menschen. Ihm gegenüber haben wir also die Pflicht, für solche Sehbedingungen zu sorgen, daß seine Fähigkeiten voll ausgenutzt und zugleich erhalten werden. Bedenken wir nun, daß sich die Beleuchtungstärke des Tageslichtes in der Größenordnung von 10 000, 20 000 Lux und mehr bewegt, während unsere künstliche Beleuchtung 10 bis einige 100 Lux erreicht, so folgt, daß in der Erhöhung der Beleuchtungstärke bedeutende Aufgaben unser warten. Aber die Lichtfülle allein bedeutet noch keine gute Beleuchtung. Zunächst muß natürlich die Beleuchtungstärke einen angemessenen Wert haben. Vor allem aber darf das Auge nicht geblendet werden, u. zw. weder durch die Lampen oder Geleuchte selbst noch durch Reflexe von beleuchteten Gegenständen. Ferner soll die Beleuchtungstärke eine gewisse Gleichmäßigkeit im Raum aufweisen und Licht und Schatten, sowohl Eigen- als auch Schlagschatten sollen richtig verteilt sein. Die Farben müssen deutlich unterschieden werden können, wenn auch oft auf den gleichen Farbeneindruck wie bei Tageslicht verzichtet werden kann. Schließlich muß von einer guten Beleuchtung eine zeitliche Gleichmäßigkeit verlangt und auch die Güte der Beleuchtung mithin auf ein höheres Niveau gehoben werden. Erst in jüngster Zeit hat man systematische Aufklärungen und Werbungen auf diesem Gebiete zum allgemeinen Nutzen durch die Lichtwirtschaft eingeführt.

Als erste Werbung wurde im Deutschen Reich die Schaufenster-Lichtwerbung durchgeführt, also der Handel erfaßt. Hierauf folgte eine Haushalt-Lichtwerbung, die sich auf die Wohnungen erstreckte. Heute wendet sich die Zentrale für Lichtwerbung an das Handwerk. Bei der

Digitized by Google

Wahl der Werbegebiete war der Gesichtspunkt der Erfassung neuer Konsumkreise maßgebend, um nicht durch wiederkehrende finanzielle Belastung derselben Abnehmer etwa eine Abneigung gegen Werbungen überhaupt hervorzurufen, auch sollen im Laufe der Jahre alle Kreise erfaßt werden.

Welche Bedeutung dem deutschen Handwerk zukommt, ersehen wir am besten aus der Angabe, daß jährlich 200 000 junge Menschen in die Handwerkslehre eintreten. 1,3 Mill selbständige Handwerksbetriebe mit 3,476 Mill darin Beschäftigten haben wir im Deutschen Reiche. In der wirtschaftlichen Auseinandersetzung des Handwerks mit den z. Z. geltenden Machtfaktoren — Kapital und Arbeit — unterstützend zu wirken und damit die Stellung des Handwerks in dem Zeitalter der Zentralisation der Herstellung zu fördern, sehen wir eine wichtige Aufgabe.

Erst die Versorgung mit elektrischer Arbeit erschloß die Möglichkeit der Dezentralisation und gab damit einen neuen Nährboden für die kleinen Betriebe. Bucerius[1] will die Betriebswirtschaftslehre auch im Handwerk an erste Stelle gerückt wissen und damit wie in der Industrie den Rationalisierungswillen als Unkostenverminderungsfaktor bei möglichster Leistungsteigerung vorherrschend machen. Hier soll die Werkstatt-Lichtwerbung fördernd eingreifen.

Die maßgebenden Gesichtspunkte für den Werbeplan sind nun folgende. Es ist bekannt, daß gewisse Gewerbe außerordentlich von der Konjunktur und damit der Erfolg einer Werbung von nicht vorauszusehenden Umständen abhängig sind. Das ganze Handwerk zu erfassen, wäre deswegen nicht angängig, weil es sich um zu viele Einzelobjekte handeln würde, so daß für jedes nur eine verhältnismäßig kleine Zeit übrig bliebe, ganz abgesehen von der notwendigen Verschiedenheit der Einzelgewerbe. Man mußte sich daher entschließen, nicht nur die Anzahl der zu bearbeitenden Gewerbe herabzusetzen, sondern außerdem nur diejenigen Gewerbe auszuwählen, welche lebensnotwendige und daher kaufkräftige sowie möglichst konjunkturunabhängige Betriebe darstellen. Die Wahl fiel nach eingehenden statistischen Erhebungen, die sich z. T. auf die seit Juli 1928 bestehende Konjunkturforschung im Handwerk gründeten, auf Fleischer, Bäcker und Konditoren, Schneider, Friseure, Schuhmacher, Putzmacher und Kürschner. Die Anzahl dieser Betriebe ist: 763 569 mit 1 343 000 Beschäftigten. Nach der Betriebszählung vom Juni 1925 sind 200 000 Motorenbetriebe im Handwerk mit 2 Mill PS elektrischem Anschlußwert vorhanden. Rund 51 % der Fleischereibetriebe und 40 % der Bäckereibetriebe (Betriebe von einer bis zu fünf beschäftigten Personen sind erfaßt) sind zum Motorenbetrieb übergegangen. Im Zeitalter der Maschinen sehen wir also den Berufstand des Handwerkers sich behaupten, der unter Dienstbarmachung der elektrischen Maschine sich einen „goldenen Boden" und innere Zufriedenheit durch Anpassung an die neuste Betriebswirtschaft zu erringen sucht. Eine Erhaltung dieses Standes, der zwischen dem Kapital und der Arbeit eine vermittelnde Rolle übernimmt und dessen zivilisatorische Bedeutung unbestritten bleibt, muß allen angelegen sein. So erhalten wir uns die seit Jahrhunderten durch mündliche und praktische Tradition geschulte hochwertige Werkskraft und tragen zur Erhaltung und dem Ruhm der deutschen Qualitätsware bei.

2. Wirtschaftliche und technische Bedeutung der Werkstatt-Lichtwerbung.

Die Betriebswirtschaftslehre, die heute zum Lehrfach an unseren Hochschulen geworden ist, befaßt sich auch mit der Beziehung zwischen der Beleuchtung und der menschlichen Leistung. Sie betrachtet daher „das Licht als Werkzeug" im Betrieb. Ist der Wert der künstlichen Beleuchtung erkannt, so wird der einzelne Handwerker sie nicht mehr als Nebensache behandeln und sparsam mit ihr umgehen, sondern er muß auf die Verbesserung dieses produktiven Hilfsmittels bedacht sein. Dies wird im allgemeinen zu einer Vergrößerung der Anlage führen. Ein Nutzen kann sich auch daraus ergeben, daß er seinen Betrieb unabhängig von der natürlichen Beleuchtung bis weit in die Nacht hinein rationell auszudehnen vermag, wodurch einmal eine Erhöhung der Benutzungsdauer der Beleuchtung — natürlich im Rahmen der Gewerbeordnung — und zweitens gleichzeitig eine Erhöhung der Benutzungsdauer der gewerblichen Motoren usw. dem Elektrizitätswerk willkommenen Mehrabsatz an Strom bieten wird. Natürlich tritt auch eine Erhöhung der Kraftwerks-Höchstbelastung auf, für deren Deckung, soweit sie Spitzencharakter trägt, heute eine Reihe von technischwirtschaftlichen Lösungen vorhanden ist. Ganz abgesehen davon, daß das Licht erst die Möglichkeit der Kraftanwendung gibt, so bedeutet auch der Verkauf von besonders hoch zu bewertendem Beleuchtungstrom eine recht erhebliche Einnahmequelle der Elektrizitätswerke. An die bekannten amerikanischen Zahlen sei nur beiläufig erinnert. Auch in Deutschland gibt es große Werke, die 60 % (einschl. Kleinkraft) ihrer gesamten Bruttoeinnahme aus der Abgabe von Beleuchtungstrom ziehen.

Interessant ist in diesem Zusammenhang eine Veröffentlichung von Dr. M. Rehmer[2]: „Nun findet in den von dem Elektrizitätswerk . . . versorgten Gebieten der ganz überwiegende Teil des Stromabsatzes für Licht- bzw. Haushaltszwecke Verwendung, während bei der BEWAG sehr erhebliche Teile der gesamten Stromabgabe an die Industrie und Verkehrsunternehmungen abgegeben werden. Man sollte auch wissen, daß für Industrie- und Traktionstrom leider nicht die gleichen Preise zu erzielen sind wie für Haushalts- und Beleuchtungstrom. Wir müssen daher auch für die Zukunft mit der unangenehmen Tatsache rechnen, daß die BEWAG bei der Zusammensetzung ihrer Kundschaft nie zu den gleichen Einnahmen je kWh kommen wird, wie das Elektrizitätswerk ... Entsprechend muß der Gewinn und auch die aus dem Gewinn an die öffentliche Hand ausschüttbaren Beträge je kWh stets niedriger sein, als bei dem Elektrizitätswerk ..."

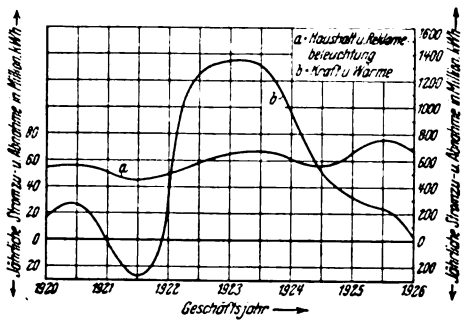


Abb. 1. Schwankungen der Stromabnahme durch Haushaltungen und Beleuchtung sowie durch Kraft- und Heizstrom bei den öffentlichen Elektrizitätswerken Italiens.

In der großen Anzahl der erfaßten lebensnotwendigen Handwerksbetriebe liegt zugleich eine wesentliche Sicherung der Stetigkeit der Stromversorgung im Gegensatz zu der starken Konjunkturabhängigkeit der Elektrizitätswerke von der angeschlossenen Großindustrie. Es handelt sich, wie erwähnt, um 763 569 Handwerksbetriebe, die etwa gleichmäßig über das Deutsche Reich verteilt sind und zugleich als Beispiel für die anderen Handwerksbetriebe wirken. Ferner wird der vom Vorteil guter Beleuchtung einmal überzeugte Meister diese auch in seinem Laden, Schaufenster und Heim anwenden. Der häufig vorkommende Kleinbetrieb — neben dem Haushalt — ist es, der dem Elektrizitätswerk ein sicheres Ausgleichsbecken für die starken Konjunkturschwankungen des Stromabsatzes an die Großindustrie liefert. Als Beispiel führen wir die Stromversorgung Italiens (Abb. 1) an, die es uns leicht macht, nach Kraftstrom- und Beleuchtungsstromverbrauch — wegen Verteuerung des letzteren durch kommunale und staatliche Besteuerung — zu unterscheiden. Eine etwa 60 Mill kWh im Durchschnitt betragende stetige jährliche Zunahme des Beleuchtungstromes ist seit Jahren in Italien zu verzeichnen, während der überwiegend für die Großindustrie gelieferte Strom jährliche Schwankungen von — 200 Mill kWh bis + 1330 Mill kWh gebracht hat (Kurve *a* linker Maßstab, Kurve *b* rechter Maßstab). Die rd. 17 % Mehrverkauf an elektrischem Strom in dem konjunkturrückgängigen Jahre 1929 dürften zum überwiegenden Teil auf die Kleinabnehmer und unter diesen auf die gewerblichen Betriebe zurückzuführen sein. In diesem Zusammenhang sei auf die Parallele der Gasversorgung hingewiesen. Die Gaswerke beliefern in Deutschland nur zum kleinen Teil die Großabnehmer (rd. 25 %). Hieraus erklärt sich, daß die Gasversorgung erfahrungsgemäß nur in ganz geringem Maße unter Konjunkturschwankungen der Industrie zu leiden hat. Man dürfte kaum fehlgehen, wenn man dagegen den Konsum der Großindustrie in der Stromversorgung Deutschlands mit rd. 75 % bewertet, während der Verbrauch von Haushalt- und Kleingewerbestrom etwa 25 % beträgt. Die Konjunkturabhängigkeit der Stromversorgung von der Großindustrie dürfte damit genügend gekennzeichnet sein.

[1] W. Bucerius, Der Rationalisierungsgedanke im Handwerk. Verlag des Forschungsinstituts für rationale Betriebsführung im Handwerk, Karlsruhe 1929.

[2] Dt. Allg. Zg. vom 2. III. 1930.

Digitized by Google

Ein weiterer Vorteil der elektrischen Beleuchtung bei Wechsel- oder Drehstromversorgung ist der, daß die Glühlampe den Leistungsfaktor 1 hat und der oft schlechte Leistungsfaktor der Kleinmotoren mithin bei größeren Beleuchtungsanlagen wesentlich verbessert wird.

Die Elektroindustrie hatte 1929 i. a. einen nicht unbefriedigenden Auftragsbestand und die Stromversorgung, wie oben erwähnt, eine recht bedeutende Mehrlieferung zu verzeichnen. Die Ursache für den außerordentlich schwankenden Beschäftigungsgrad des Elektroinstallateurgewerbes liegt darin, daß im Herbst bis in den Winter hinein eine Hochkonjunktur in Neuanschlüssen, Erweiterungen usw. eintritt. Da im Sommer fast keine künstliche Beleuchtung gebraucht wird, bringen die Auftraggeber dann kein Interesse für diese auf und versäumen daher, ihre Anlage rechtzeitig ausführen oder modernisieren zu lassen. Eine Stadt wie Berlin z. B. hat doppelt so hohe Installationsbelastung im Winter wie im Sommer, also eine deutliche Arbeitspitze. Hier liegt eine allerdings recht schwere Aufgabe der Gemeinschaftsarbeit, diese Spitze möglichst zu beseitigen, indem versucht wird, einen Teil der Aufträge in der toten Zeit, im Sommer, hereinzuholen. Eine derartige Umdisposition der Kundschaft würde auch den Vorteil haben, daß die Sorgfalt der Arbeit, die rasche Ausführung und damit die Befriedigung der Kunden durch diese Maßnahme natürlich bedeutend gefördert würden.

3. Die Bedeutung der Werbeabteilungen und ihre Hilfsmittel.

Die Werbung ist eine der bedeutendsten Aufgaben, die wir z. Z. in der Stromversorgung haben. Die Werbetendenz in der Welt zielt fraglos mehr und mehr auf die Gruppenwerbung hin, d. h. man versucht, ungesunde Einzelkonkurrenz der Glieder einer Erwerbsgruppe möglichst auszuschalten und die gleichgerichteten Interessen durch eine zentrale Werbeorganisation zu vertreten. Dies ist auf dem Gebiete der elektrischen Beleuchtung in der „Zentrale für Lichtwerbung“ geschehen. Der Hauptwert eines derartigen Vorgehens ist, daß der Wirkungsgrad der Werbung bedeutend erhöht wird.

Wir unterscheiden hier die drei interessierten Gruppen: Installateure und Beleuchtungskörperhändler, Elektrizitätswerke und Elektroindustrie. In Abb. 2 sehen wir den Werbeplan der Werkstatt-Lichtwerbung vor uns und bemerken, daß auch örtlich die drei Gruppen zur Elektro-Gemeinschaft zusammengefaßt sind. Der überragenden Stellung, Bedeutung und dem Interesse des Elektrizitätswerkes wird es nun entsprechen, daß es die Leitung und damit die Hauptaufgaben der Werbung übernimmt. Das Fundament für jede Werbung ist natürlich die Gründung und der Ausbau der Werbeabteilung.

Fragen wir nun nach dem Umfang und dem einfachsten Aufbau einer Werbeabteilung für Lichtwirtschaft eines Elektrizitätswerkes, so sehen wir diesen in der Abb. 3 a angegeben. Neben dem Werbeingenieur steht ein ihm beigegebener Techniker, der die Registratur und Karteien wartet und Entwürfe und Messungen ausführt. In Abb. 3 b ist die Werbeabteilung um eine Werbedame er-

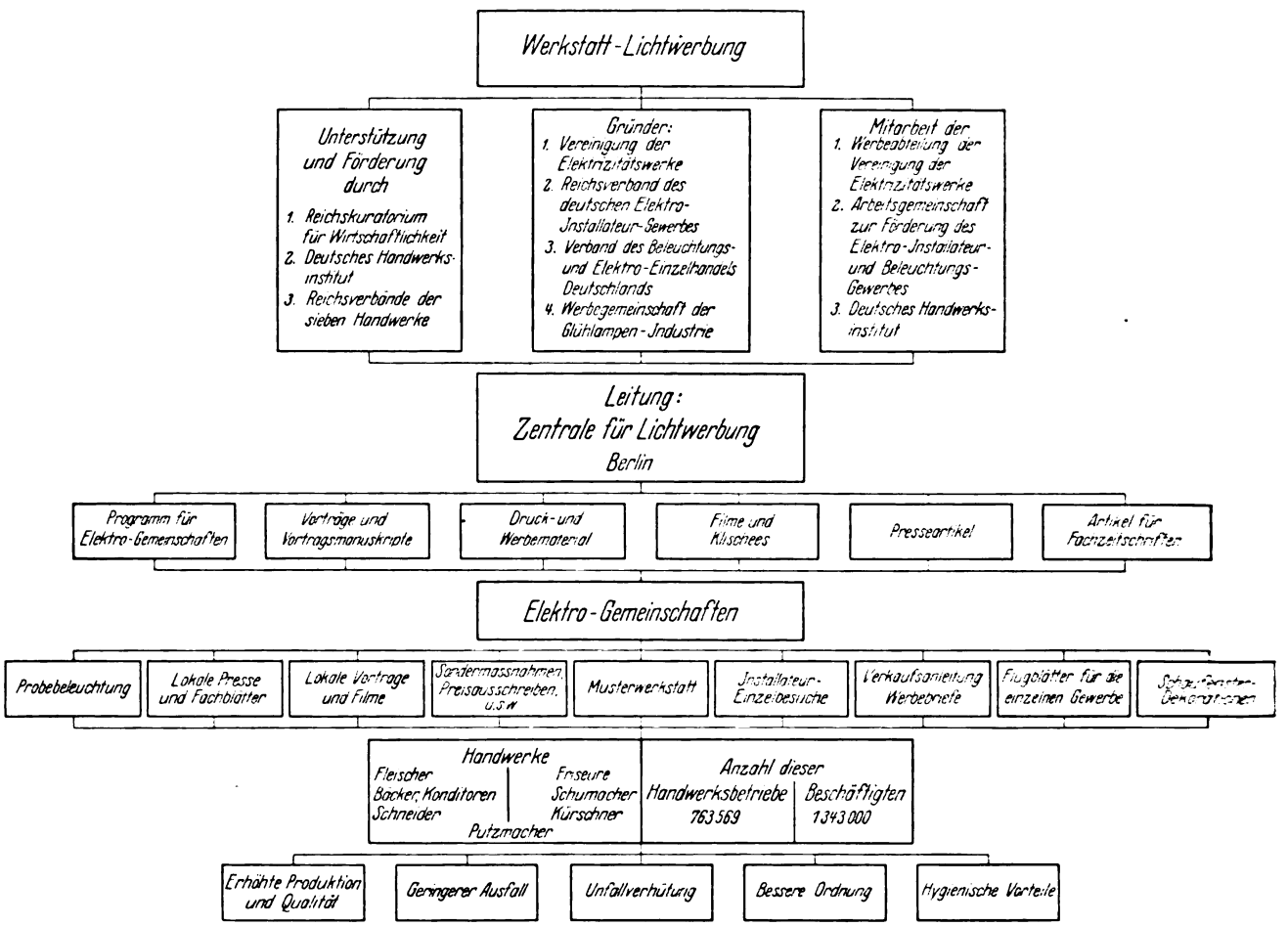


Abb. 2. Werbeschema und Organisationsplan.

weitert. Gerade die Hilfe einer redegewandten Dame erscheint uns besonders wichtig, da der Vorführungsraum sonst kaum seinen höchsten Wirkungsgrad erreichen wird. Aber auch die finanziellen Mittel sind an eine untere Grenze gebunden, die man nicht überschreiten darf, wenn nicht alle aufgewandten Mittel umsonst ausgegeben sein sollen. Als Parallele führen wir die Maschinenindustrie an. Der Reklameetat bei den Maschinenfabriken liegt im allgemeinen bei 2 ... 3 % ihres Bruttojahresumsatzes. Die Einnahme der deutschen öffentlichen Elektrizitätswerke betrug im Jahre 1929 etwa 2,5 Mrd RM. Bei nur 2 % würden wir also 50 Mill RM jährlich für Werbung zur Verfügung haben. Die Mittel, die z. Z. aufgewendet werden, sind nur ein kleiner Bruchteil dieser Summe. Das Jahresbudget der in Abb. 3 b skizzierten kleinen lichtwirtschaftlichen Werbeabteilung, welche gerade eben für ein mittleres städtisches Werk ausreichend ist, schätzen wir auf 22000 RM. Wie die kommunale Verwaltung nun einmal aufgezogen ist, wird es nötig sein, sich den Werbeetat im Haushaltplan im voraus bewilligen zu lassen.

Ein Beispiel der Auswirkung planmäßiger Werbung auf dem Gebiete der Lichtwerbung sehen wir in Abb. 4.

Digitized by Google

Schon aus diesem Beispiel folgt, daß endgültig der Standpunkt verlassen werden muß, wie ein rückständiger Kaufmann hinter dem Ladentisch abzuwarten, bis die Kundschaft selbst zum Einkauf kommt. Dieser Standpunkt kann in gewissem Grade durch die Monopolstellung der Werke historisch erklärt werden. Wir besitzen das schöne Werbemotto „Elektrizität in jedem Gerät", und dieses soll in diesem Jahre erneut zu dem Leitmotiv: „Elektrizität im Leuchtgerät" abgewandelt werden.

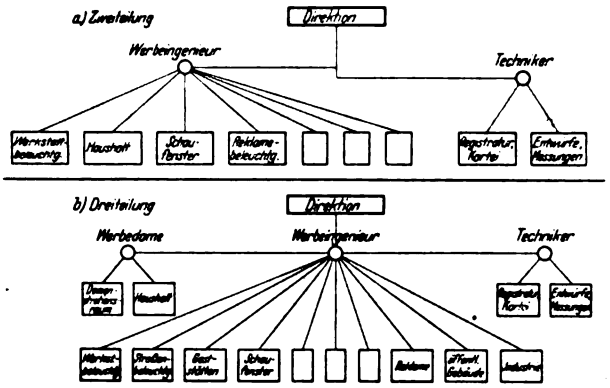
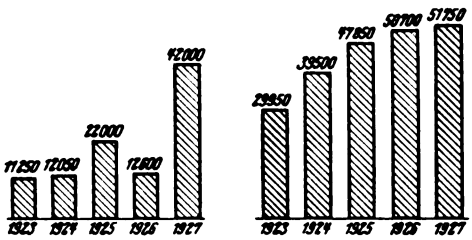


Abb. 3. Organisationsentwurf einer lichtwirtschaftlichen Werbeabteilung eines Elektrizitätswerkes.

Welche Hilfsmittel stehen der Werbeabteilung zur Verfügung? An erste Stelle setzen wir den Vorführungsraum[3], der gute und schlechte Beleuchtung nebeneinander zeigt und die verschiedensten Geräte in ihrer Anwendung vorzuführen gestattet. Außer der Vorführung, die sich auch mit örtlichen Ausstellungen, Wanderausstellungen, dem Abc der Stromwerbung, durch Vorträge belebten Filmen, stets bewährt hat, kommen als wichtige Allgemeinmittel zur Weckung des Interesses die Presse und Druckschriften in Frage. Wir erinnern hier nur an die Nachrichtenblätter der Elektrizitätswerke, den von der VdEW herausgegebenen „Stromverbraucher", die verschiedenen Druckschriften der Elektrofirmen und die lichtwirtschaftlichen Broschüren der Osram G. m. b. H.



22 000 Zähler in Betrieb

1923 nur Bez.-Ingenieur, kein lichtwirtschaftlicher tätig
1924 nur Bez.-Ingenieur
1925 Lichtwirtschaftler mit Unterbrechung tätig
1926 kein Lichtwirtschaftler bis im Spätherbst
1927 Lichtwirtschaftler tätig

35 000 Zähler in Betrieb

Lichtwirtschaftler dauernd tätig

Abb. 4. Durch lichtwirtschaftliche Werbung erzielte jährliche Umsätze in Elektrizitätswerken (Zahlenangaben in Dollar).

Wird durch die sinnfällige Vorführung das Interesse an der Sache sowie der Wunsch ihres Besitzes geweckt, so zeigt sich oft, daß den Interessenten die wirtschaftlichen Mittel fehlen, sich das betreffende Elektrogerät und die dazugehörige Installationsanlage zu beschaffen. Über diese Schwierigkeiten hilft der Anschaffungskredit hinweg (siehe E³-System, Eltgas usw.).

Ein weiteres unentbehrliches Hilfsmittel, auf dem die Werbeabteilung fußen muß, ist die Kostenanalyse, die wir wenigstens in diesem Zusammenhange streifen wollen. Sie allein ist imstande, die Grundlagen für das Bild vom Nutzen einer Werbung zu liefern und gibt dem Tarifingenieur die Möglichkeit, sein Preisangebot zu überprüfen und werbend zu gestalten. Die Kostenanalyse verlangt ein Buchungsschema, das selbstbilanzierende Einzelelektrizitätswerke für die Einzelgruppen der Abnehmer und Aufteilung der Betriebsgemeinschaften vornimmt. Nicht unwesentlich ist in diesem Zusammenhang die Umlage der festen Kosten auf die einzelnen Kundengruppen, die nicht nach dem auftretenden Kundenmaximum zu erfolgen hat[4]. Hierher gehört auch der Einfluß der Werbung auf das Belastungsgebirge, der wohl erwogen werden muß. Es ist bekannt, daß die Kostenanalyse erst die Grundlage für die Beurteilung der Tarife des betreffenden Werkes gibt und der Tarif bekanntlich eines der wertvollsten und wirksamsten Werbemittel ist. Ein erfolgreicher Werbeleiter wird kaum ohne gründliche Tarifkenntnisse auf die Dauer auskommen.

Äußerst wichtig ist ferner die Kundenkartei, die zur Voraussetzung natürlich ein Stromverbrauchregister im Elektrizitätswerk hat; es wäre sehr zu begrüßen, wenn eine gewisse Einheitlichkeit in den Karteien der einzelnen Elektrizitätswerke geschaffen würde, weil erst so ein vergleichbarer Maßstab für die Elektrisierung bzw. für die Auswirkung einer Werbung möglich wäre. Der Versuch, eine ungefähre Bilanz festzustellen, zeigt am besten, mit welchen unzulänglichen Unterlagen zu rechnen ist.

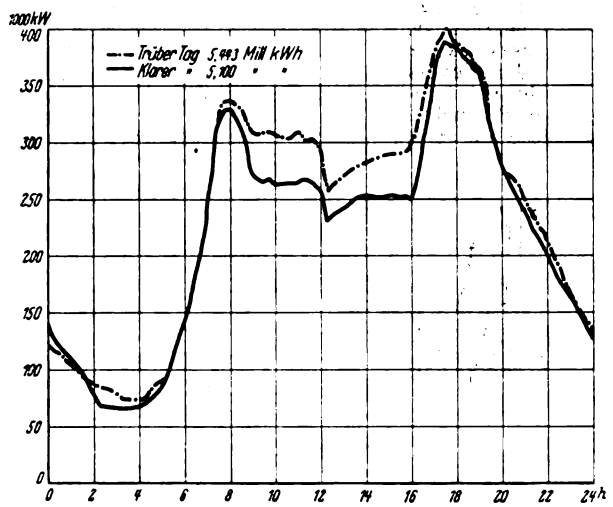


Abb. 5. Belastung an einem trüben und einem klaren Wintertage.

Auch die Beamten der Werke, vor allem die Zählerableser, können die Werbung gut unterstützen, vorausgesetzt, daß sie von dem Werbeleiter eingehend unterwiesen sind. Der Kontakt, den der Zählerableser mit den Abnehmern hat, sollte also ausgenutzt werden, um zufriedene Kunden und zugleich einen höheren Kilowattstundenverkauf zu schaffen. Wir müssen, wenn wir auf Erfolg der Werbung rechnen wollen, uns stets vor Augen halten, daß Werbung und Kundendienst gleichbedeutend sein sollen.

4. Finanzielle Auswirkung verbesserter Werkstattbeleuchtung.

Gerade die Werkstatt-Lichtwerbung ist in der Lage, dem Elektrizitätswerk eine bedeutende Steigerung des Stromabsatzes für Beleuchtung während der Arbeitstunden, also während des Tages, zu bringen. Aus Abb. 5, welche uns freundlicherweise von einem der größten Elektrizitätswerke Deutschlands zur Verfügung gestellt wurde, ersehen wir, daß bereits die Witterung auf die künstliche Beleuchtung und damit auf die Tagesstromabgabe einen bedeutenden Einfluß (fast 7 %) ausübt. Eine Vergrößerung der Spitze (3 %) ist natürlich auch eingetreten, die jedoch prozentual recht erheblich (rd. 4 %) unter der prozentualen Mehrabnahme elektrischer Arbeit liegt, die wohl einzig auf Mehrabgabe von Beleuchtungsstrom zurückzuführen ist. Ferner zeigt die Abb. 5, daß trübes Wetter besonders während der Dauer des Tales in der Tagesbelastungskurve eine erhebliche Mehrabgabe an elektrischer Arbeit zur Folge hat. Bedenkt man nun, daß ein nicht unbedeutender Teil von zusätzlichem künstlichen

[3] In England hat rd. die Hälfte aller öffentlichen Elektrizitätswerke Vorführungsräume. Siehe C. F. Wells The Electrician Bd. 104, S. 390 (1930).

[4] Siehe z. B. „Die Umlage der festen Kosten bei den Elektrizitätswerken", Elektrizitäts-Verwert. Bd. 2, H. 5, und Eisenmenger/Arnold „Die Stromtarife der Elektrizitätswerke", S. 170...180. Verlag R. Oldenbourg, Berlin 1929.

Digitized by Google

Tageslicht in den Handwerksbetrieben durch die Werkstatt-Lichtwerbung eingeführt wird und für künstliches Tageslicht rd. doppelte Wattstärken wie für gewöhnliches künstliches Licht notwendig sind, um den ungefähren Angleich an die bedeutenden Beleuchtungstärken des weißen Lichtes (Tageslicht) zu gewähren, und daß ferner die Benutzungsdauer, in der Natur der Sache liegend, sehr hoch ist, so können wir folgern, daß eine bedeutende finanzielle Auswirkung zum Vorteil der Elektrizitätswerke hiermit verbunden sein muß, wenn es uns auch nicht möglich ist, sie zahlenmäßig im voraus zu erfassen.

Eine Schätzung der gewerblichen Anschlußwerte für Beleuchtung in Deutschland steht uns leider nicht zur Verfügung, für die V. S. Amerika sind uns solche Zahlen aber bekannt. Dort beträgt dieser Anschlußwert rd. 4,2 Mill kW (für Elektromotoren rd. 11,6 Mill kW) und man erwartet nach vorsichtigen Schätzungen 11 Mill kW (für gewerbliche Motoren 39,4 Mill kW). Der Entwicklungsgrad des elektrischen Anschlußwertes für Beleuchtung liegt nach vorstehenden Zahlen in Amerika bei etwa 38 %, für Elektromotoren bei 34 %. O. v. Miller sagt in seinem Gutachten[5]: „Der Kleingewerbestrom beträgt in den Städten zur Zeit etwa 30 kWh je Einwohner. Eine Annahme von 50 kWh je Einwohner erscheint im Hinblick auf die immer neu entstehenden Anwendungen in der Elektrizität keineswegs zu hoch." Und ferner: „In den Städten beläuft sich der jährliche Verbrauch für Beleuchtungszwecke zur Zeit auf durchschnittlich 30 kWh je Kopf der Bevölkerung. Es ist anzunehmen, daß der Lichtverbrauch in wenigen Jahren sowohl durch Verstärkung der Beleuchtung als auch durch Vermehrung der Anschlüsse auf 50 kWh je Kopf der Bevölkerung steigen wird."

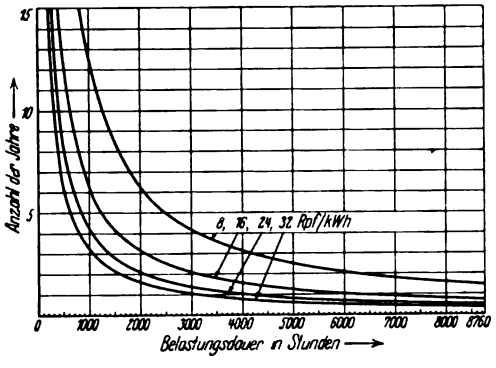


Abb. 6. Umschlag des Kapitals in der Stromversorgung.

Was bisher erreicht worden ist auf dem Gebiete der Niederspannungs-Licht- und -Kraftabnahme, ersehen wir aus folgenden Zahlen aus dem Jahre 1928[6]. Die Abnahme von Niederspannungs-Licht- und Kraftstrom je Kopf der Bevölkerung betrug in:

Hamburg	101,7 kWh
Berlin	108,3 „
Zürich	325 „
Detroit	367 „

In diesen Zahlenangaben sind ausdrücklich nicht enthalten der als Hochspannung für industrielle und gewerbliche Großabnehmer gelieferte Strom sowie der Bedarf der an Schienenwege gebundenen öffentlichen Verkehrsunternehmungen. Bedenkt man nun, daß der Strompreis für Kleinkraft und Beleuchtung nicht unbedeutend und eine Erhöhung der Belastungsdauer, auf die es vor allem in der Elektrizitätswirtschaft ankommt, mit der Werkstatt-Lichtwerbung verbunden ist, so trägt die durch Mehrabsatz elektrischer Arbeit erzielte Mehreinnahme auch zur Verkürzung der Umschlagdauer des in der Stromversorgung investierten Kapitals bei. Wie rasch der Umschlag dieses Kapitals im Jahre in Abhängigkeit von der Belastungsdauer und dem Strompreis ist, zeigt die Abb. 6. Das angenommene investierte Kapital von 1000 RM/kW dürfte unseren deutschen städtischen Verhältnissen etwa Rechnung tragen; gerade für den Niederspannungsabnehmer ist das Kapital im Übertragungsnetz bedeutend, und daher ist gerade dort erhöhte Rentabilität so erwünscht, weil diese Abnehmer alle Gemeinschaftsanlagen benutzen, aber darüber hinaus noch Sonderanlagen für die Niederspannungsversorgung benötigen. Betrachten wir die Elektrizitätswirtschaft der V. S. Amerika, die oft als Musterbeispiel angeführt wird, so dürften folgende Zahlen ein Schlaglicht auf die Gründe für den langsamen Kapitalumschlag werfen, der dort durch die großen Entfernungen gegeben ist. Im Jahre 1922 betrug das investierte Kapital das 4,72fache der jährlichen Einnahmen; 1928 aber war diese Ziffer n i c h t gefallen, sondern auf 5,58 gestiegen. Das Einkommen hat also nicht gleichen Schritt mit der Kapitalinvestition gehalten, sondern ist bedeutend hinter ihr zurückgeblieben. Der Verkauf von Kilowattstunden als „Abfallstrom" ist nicht ein Mittel zur Hebung der Rentabilität der Werke, ganz besonders nicht, wenn zur Energieübertragung lange Leitungen notwendig werden.

5. Ausblick in die Zukunft.

Die Möglichkeit, individuelle Forderungen der Abnehmer bei hoher Qualität der hergestellten Waren zu erfüllen, ferner örtlich eng begrenzte Absatzgebiete bei kurzen Lieferterminen zu versorgen, und schließlich das Gebiet der Reparaturen sichern dem Handwerk auf weite Sicht eine Existenz und dem Elektrizitätswerk die Handwerker als Abnehmer. Aus innerer Kraft und der Überzeugung seiner Bedeutung schuf das Handwerk sich zu seiner Interessenwahrung den Reichsverband des deutschen Handwerks, dem das Deutsche Handwerks-Institut (allein mit 200 gewerblichen Zeitschriften usw.) angegliedert worden ist. Dieses Institut erblickt seine Hauptaufgabe darin[7], „die bestmögliche Anpassung der handwerklichen Gütererzeugung an die praktischen und wissenschaftlichen Fortschritte in Technik und Wirtschaft zu vollziehen und ihre Wirtschaftlichkeit planmäßig zu heben". Das Reich hat schon früher dem Handwerk durch das im Juli 1897 herausgebrachte Handwerks-Schutzgesetz geholfen, das durch die Handwerkskammern ausgeübt wird und die Möglichkeit der Einführung von Zwangsinnungen vorsieht. Heute haben wir 67 deutsche Handwerks- und Gewerbekammern mit der Spitzenorganisation des Deutschen Handwerks- und Gewerbekammertages in Hannover, ferner 11 000 Zwangsinnungen. Die unbeugsame Kraft des Handwerks und seine geistige Regsamkeit zeigen sich in dem Schlußstein seiner Organisationsbewegung, dem Internationalen Kongreß des Handwerks, der im Mai 1930 in Rom getagt hat.

In der Betriebswirtschaftslehre, die wir an die Spitze unserer Betrachtungen stellten, spielt unter anderen Faktoren „das Licht als Werkzeug" eine nicht unbedeutende, die Leistung des Menschen steigernde Rolle. Wir helfen durch die Werkstatt-Lichtwerbung einem Stande mit ungeschmälerter Selbständigkeit in dem Zeitalter der Maschinen und Abhängigkeiten. In den Wirkungskreis der Werbung reiht sich als doppeltbeteiligte Handwerksgruppe das Installateurgewerbe ein. Bessere Werkstattbeleuchtung wird der Installateur (und das Elektrizitätswerk) zunächst bei sich selbst einrichten, um ein gutes Beispiel zu geben. Darüber hinaus wird der Installateur vom Werk als gegebener Akquisiteur zu betrachten und entsprechend zu erziehen sein. Hier liegt m. E. einer der Gründe für die leichtere Ausführbarkeit der Werkstatt-Lichtwerbung im Verhältnis zur Haushalt-Lichtwerbung. Dem Installateur wird es leicht fallen, einen anderen Meister über die Vorteile guter Beleuchtung für den Werkstattbetrieb aufzuklären. Ferner sind die Handwerksgewerbe zu Innungen, die Innungen zu Bezirksverbänden und diese zum eingangs erwähnten Reichsverband zusammengeschlossen. Die Förderung durch das Deutsche Handwerks-Institut mit seinen vielen Fachzeitschriften und 17 Bezirksverbänden ist eine große und wertvolle Hilfe. Da der Handwerksbetrieb im harten Wettbewerb des heutigen Wirtschaftslebens steht, ist es ein Gebot der Zeit, ihm außer dem kraft- und zeitsparenden Elektromotor auch richtige und ausreichende Beleuchtung zu bringen, welche zur Rationalisierung der Herstellung, ja zur Erhaltung der Volksgesundheit notwendig ist. Zugleich lohnt sich für alle beteiligten Kreise — Elektrizitätswerke, Elektroindustrie sowie Beleuchtungskörperhändler und Installateure — besonders die Werkstatt-Lichtwerbung, da ein bedeutender Mehrverbrauch an Strom bei erhöhter Benutzungsdauer notwendig folgt.

[5] Gutachten über die Reichselektrizitätsversorgung, VDI-Verlag G.m.b.H., Berlin 1930. Vgl. ETZ 1930, S. 904.

[6] Jahrbuch der Verkehrsdirektion der BEWAG, 1929.

[7] Siehe Jahrbuch des Deutschen Handwerks, Hannover 1929.

Digitized by Google

Anforderungen und Fortschritte beim Bau elektrischer Fördermaschinen*.

Von Prof. Dr.-Ing. E. h. W. Philippi, Berlin.

(Schluß von Seite 1257.)

III. Ausgeführte Anlagen.

Nachdem im vorstehenden die wichtigsten Hilfsmittel zur Erzielung höchster Sicherheit der Fördermaschinen einerseits und höchster Leistungsfähigkeit anderseits behandelt worden sind, sei an Hand von Beispielen auf wichtige Ausführungseinzelheiten eingegangen. Dabei sollen zuerst Maschinen mit Antrieb durch einen Gleichstrommotor in Leonard-Schaltung und hinterher solche mit Antrieb durch einen gewöhnlichen Asynchron-Drehstrommotor behandelt werden.

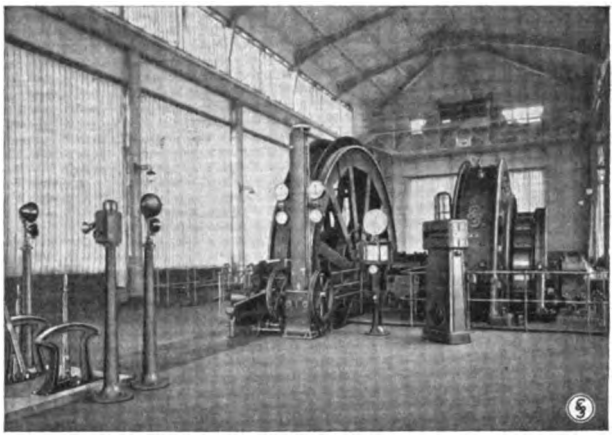


Abb. 7. Turmförderanlage auf Schacht Emil Kirdorf der Zeche Minister Stein.

Von den großen Gleichstrom-Fördermaschinen muß zunächst eine Anlage genannt werden, die in den letzten Jahren bereits häufig erwähnt und beschrieben und daher in weiten Kreisen bekannt ist. Es ist die Turmfördermaschine auf dem Schacht Emil Kirdorf der Zeche Minister Stein bei Dortmund[1]. Sie ist in Abb. 7 dargestellt. Die Maschine fördert in Körben mit je 3 Stockwerken 12 Wagen je Zug mit einer größten Geschwindigkeit von 16 m/s aus einer Schachtteufe von etwa 390 m. Die Nutzlast bei Kohlenförderung beträgt rd. 9000 kg.

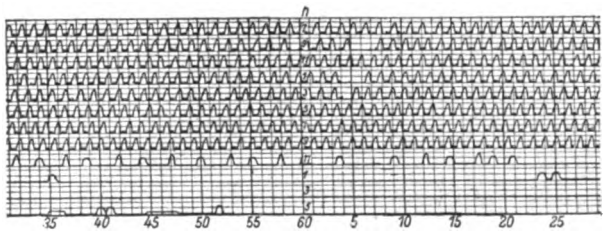


Abb. 8. Ausschnitt aus einem Diagrammstreifen des Karlik-Tachographen der Förderanlage Minister Stein.

Das Bemerkenswerteste an dieser Anlage ist die außerordentlich starke, ganz gleichmäßige Inanspruchnahme. Abb. 8 gibt einen Teil aus einem täglichen Förderdiagrammstreifen, aufgeschrieben an einem Karlik-Tachographen. Er zeigt, mit welcher Regelmäßigkeit ein Zug dem anderen folgt. Da das Wechseln der Wagen über und unter Tage nur an einer einzigen Abzugbühne vorgenommen wird, wie es bei fast allen großen Förderanlagen in Deutschland üblich ist, so muß zum Wechseln der in 3 Stockwerken stehenden Wagen zweimal umgesetzt werden. Einschließlich dieses zweimaligen Umsetzens beträgt die Pause zwischen 2 Förderzügen nur 30 s. Natürlich sind über und unter Tage maschinelle Wagen-Aufschiebevorrichtungen vorhanden, mit denen die Wagen auf den Förderkorb aufgestoßen werden. Trotzdem erfordert dieses stundenlange gleichmäßige Arbeiten mit derart kurzen Pausen große Übung aller mit der Förderanlage beschäftigten Leute und ist vor allen Dingen ein Zeichen einer vorzüglichen Organisation der gesamten Betriebe unter Tage.

Mit Hilfe von Zeitschreibern sind an dieser Anlage genaue Aufnahmen der verschiedenen Arbeitsvorgänge während einer Pause zwischen 2 Zügen gemacht worden. In Abb. 9 sind die auf die einzelnen Arbeitsvorgänge entfallenden Zeiten in Schaulinien wiedergegeben.

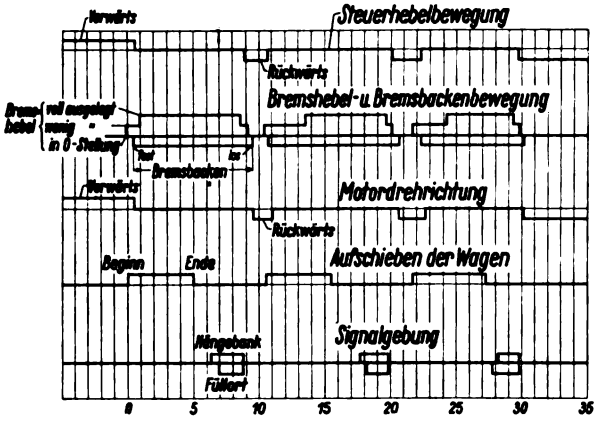


Abb. 9. An der Förderanlage Minister Stein aufgenommene Zeiten für Wagenaufschieben und -abziehen, Umsetzen usw.

Beobachtet sind bei den Aufnahmen:

a) die Signale von der Sohle und der Hängebank,
b) die Bewegungen des Steuerhebels und des Fahrbremshebels,
c) die Bewegungen des Förderkorbes,
d) das Aufschieben der leeren Wagen, mit denen die vollen herausgestoßen werden.

Die auf ein Signal entfallende Zeit beträgt 2 ... 3 s und ist reine Verlustzeit, da während der Signale Arbeit nicht geleistet wird. Nach Erhalt des Fertigsignals legt der Maschinist den Steuerhebel aus und löst die Fahrbremse. Darauf setzt sich die Maschine in Bewegung und hebt den Korb um die Höhe eines Stockwerkes an. Noch während der Korb in Bewegung ist, wird bereits die Wagen-Aufschiebevorrichtung in Gang gesetzt, damit, sobald die neue Bühne des Korbes sich in Schienenhöhe befindet, die leeren Wagen sofort die vollen aus dem Korb herausstoßen und an ihre Stelle fahren können.

Die neueste große Turmfördermaschine in Westfalen ist Anfang dieses Jahres auf der Zeche Hannibal I der Fried. Krupp AG. in Betrieb gebracht worden. Sie ist von der AEG gebaut und für folgende Verhältnisse ausgeführt worden:

	bei 750 m,	bei 1000 m Teufe
Stündl. Fördermenge	250 t	213 t
Fördergeschwindigkeit bei Güterförderung	18 m/s	18 m/s
Fördergeschwindigkeit bei Seilfahrt .	12 m/s	12 m/s
Nutzlast bei Güterförderung	5600 kg	5600 kg
Nutzlast bei Seilfahrt (64 Pers.) . .	4800 kg	4800 kg
Anzahl der Wagen im Korb . . .	8	8
Anzahl der Stockwerke im Korb . .	4	4
Anzahl der Abzugbühnen	2	2

Ebenso wie die Maschine der Zeche Minister Stein wird die Köpescheibe unmittelbar durch einen Gleichstrommotor angetrieben, der in Leonard-Schaltung im Anschluß an einen schwungradlosen Umformer gesteuert wird. Von den gegenüber der Anlage Minister Stein abweichend ausgeführten Einzelheiten seien die folgenden beiden erwähnt.

Der Steuerhebel wird, wie aus Abb. 10 zu erkennen ist, durch einen besonderen kleinen Motor, einen in Leonard-Schaltung von einem besonderen Umformer gespeisten Gleichstrommotor, angetrieben. Der Zweck dieser Anordnung besteht darin, zu erreichen, daß die Beschleu-

* Vortrag, gehalten im Elektrotechnischen Verein am 29. IV. 1930. Besprechung auf S. 1313 dieses Heftes.

[1] ETZ 1927, S. 1426, 1666.

Digitized by Google

nigungskurve unabhängig vom Maschinisten genau der bei der Berechnung bestimmten Kurve entspricht sowie einer Ermüdung des Maschinisten bei angestrengter Förderung vorgebeugt wird.

Der Motor treibt über ein Schnecken- und Planetengetriebe ein kleines Zahnrad in stets gleicher Drehrichtung an, das mit zwei Zahnsegmenten, die mit dem Steuerhebel starr verbunden sind, in Eingriff steht. Das eine Zahnsegment besitzt Innen-, das andere Außenverzahnung, so daß die erforderliche Vor- und Rückbewegung des Steuerhebels stets bei gleicher Drehrichtung des Motors erreicht wird. Bei jedesmaligem Anfahren legt der Maschinist den Steuerhebel in der gewünschten Fahrtrichtung entsprechend dem Totgang im Antriebsgestänge etwas aus und drückt gleichzeitig auf einen am Handgriff des Steuerhebels befindlichen Druckknopf, wodurch das Ritzel mit dem einen Zahnsegment in Eingriff gebracht wird. Solange auf den Druckknopf gedrückt wird, wird der Steuerhebel selbsttätig bis in seine äußerste Stellung bewegt unter Einhaltung der gewünschten Beschleunigung. Die Geschwindigkeit der Auslegung des Steuerhebels wird durch Änderung der Ankerspannung der ihn speisenden kleinen Steuerdynamo geregelt. Sobald der Steuerhebel in seine Endstellung gekommen ist, wird die Antriebsvorrichtung durch einen Endschalter selbsttätig ausgeschaltet.

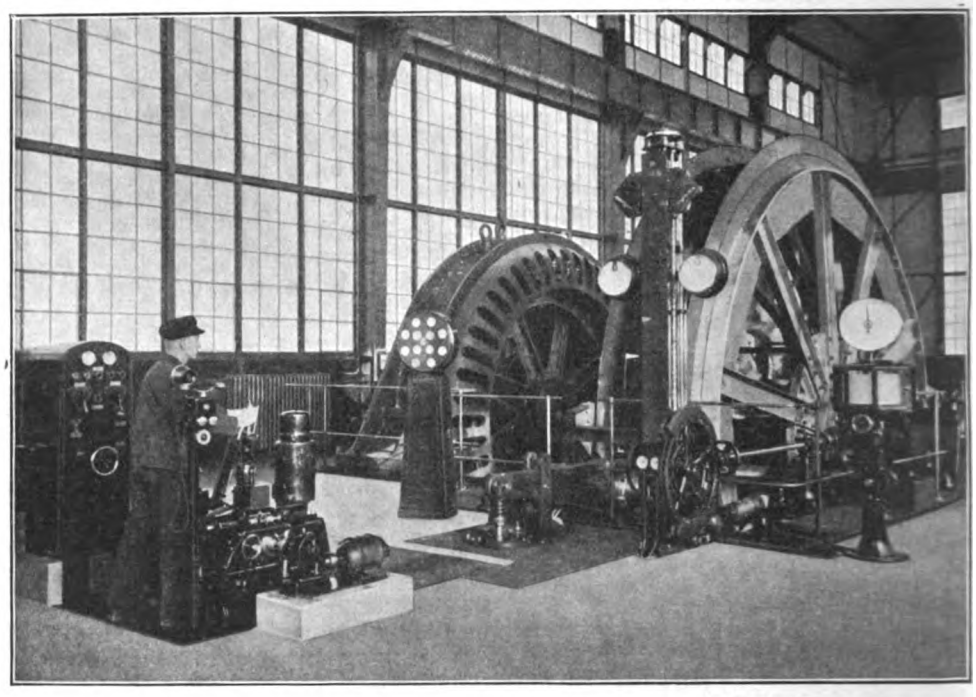


Abb. 10. Förderanlage der Zeche Hannover-Hannibal der Fried. Krupp AG.

Mit dem Teufenzeiger ist eine Einrichtung verbunden, um diesen über einen kleinen Gleichstrom-Nebenschlußmotor vom Führerstande aus nach Bedarf einstellen zu können. Die Teufenzeiger-Antriebswelle kann über ein in diese eingefügtes selbstsperrendes Schnecken- und Differential-Umkehrgetriebe in beiden Drehrichtungen angetrieben werden. Die Einschaltung des Motors erfolgt über Umschaltschütze und kann einmal von Hand durch den Maschinisten und anderseits durch eine am Teufenzeiger angebrachte selbsttätig wirkende Kontakteinrichtung ausgeführt werden. Der Zweck der Anordnung ist, dem Maschinisten die Möglichkeit zu geben, wenn der Teufenzeiger infolge Seilrutsches nicht mehr genau anzeigt, ihn von seinem Führerstande aus wieder richtig einzustellen. Außerdem kann die richtige Einstellung des Teufenzeigers durch die mit diesem verbundene besondere Kontaktvorrichtung am Schluß des Zuges selbsttätig ausgeführt werden.

Interessant ist es, mit großen deutschen Fördermaschinen einmal eine große ausländische Anlage zu vergleichen, um zu erkennen, nach welchen Gesichtspunkten die letzteren berechnet und ausgeführt werden. Im Ausland werden große Fördermaschinen sehr häufig mit bizylindrisch-kegligen Trommeln ausgeführt. Die größte in der letzten Zeit im englisch-amerikanischen Schrifttum beschriebene Fördermaschine dieser Art ist eine im vergangenen Jahre für Schacht 4 der City Deep, Ltd., Südafrika, von der Metropolitan-Vickers Electrical Co., Manchester, ausgeführte Gefäßförderanlage mit bizylindrisch-kegligen Trommeln für folgende Verhältnisse:

Teufe	1350 m
Nutzlast eines Zuges	9400 kg
stündliche Zügezahl	31,4
stündliche Schachtarbeit	398 Sch.-tkm
größte Fördergeschwindigkeit	18,3 m/s
Trommeldurchmesser	5,3/10,6 m
Gewicht der Förderschale mit Gefäß	**10 700 kg**
Zahl der Motoren	**2**
Gewicht eines Motors	**150 t**
Gewicht eines Motorankers mit Welle	**69 t**
Gewicht der Trommeln	**350 t**
Gewicht der Trommelwelle	**59 t**
Seilgewicht	13,3 kg/m
Gesamtgewicht der bei jedem Zuge zu beschleunigenden Massen rd.	620 t.

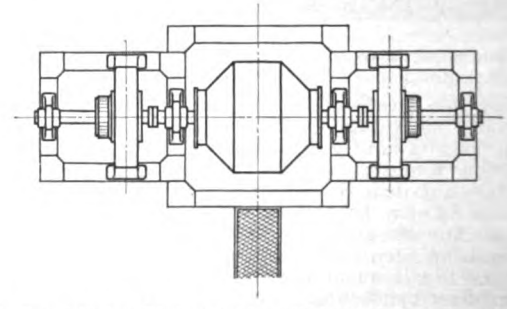


Abb. 11. Grundriß einer Fördermaschine mit bizylindrisch-kegligen Trommeln und zwei Motoren.

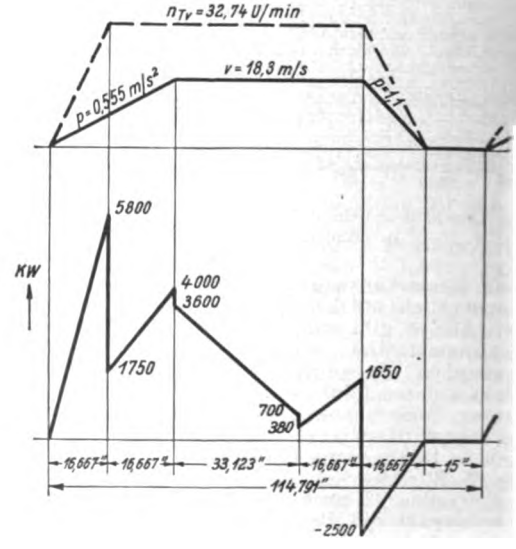


Abb. 12. Geschwindigkeits- und Leistungsdiagramm der Förderanlage der City Deep, Ltd., Südafrika.

Die Summe der Schwungmomente der sich drehenden Maschinenteile ergibt sich zu etwa $6 \cdot 10^6$ kgm², das Effektivmoment der Fördermotoren nach dem Diagramm zu

Digitized by Google

91 500 kgm und die Effektivleistung der Motoren zu 3090 kW. Der Energieverbrauch für 1 Schacht-PS berechnet sich zu etwa 1,35 kW.

Der Vorteil der Maschinen mit bizylindrisch-kegligen Trommeln — Abb. 11 zeigt den Grundriß einer solchen unter Fortlassung der Apparate — liegt darin, daß beim Anfahren das statische Moment, weil sich die ersten Seilwindungen auf einen kleinen Durchmesser aufwickeln, nur gering ist und erst nach Ausführung von einigen Umdrehungen, wenn also die sekundliche Drehzahl schon

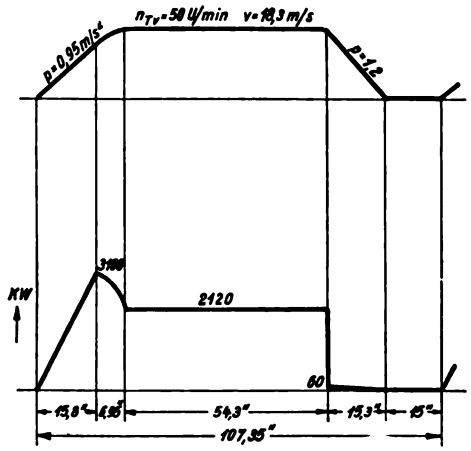


Abb. 13. Geschwindigkeits- und Leistungsdiagramm der Förderanlage der City Deep, Ltd., Südafrika, bei Ausführung als Köpemaschine.

einen prozentual erheblichen Teil der größten Drehzahl erreicht hat, durch Überleitung des Seiles über den kegligen Trommelteil auf den zylindrischen Teil mit großem Durchmesser bis zum höchsten Betrag anwächst. Umgekehrt wickelt sich das Seil, an dem der niedergehende Kübel hängt, zunächst vom großen Trommeldurchmesser ab, was gleichfalls dazu beiträgt, daß die zu Anfang aufzuwendenden Drehmomente herabgedrückt werden. Die großen Beschleunigungsmomente fallen also mit kleinen statischen Momenten zusammen, so daß die höchste Spitze am Leistungsdiagramm verhältnismäßig niedrig liegt, wie Abb. 12 erkennen läßt.

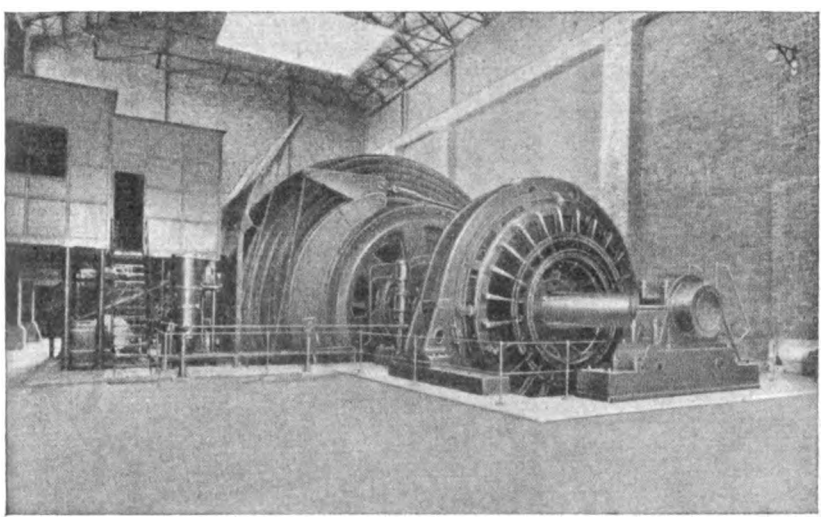


Abb. 14. Fördermaschine der City Deep, Ltd., Südafrika.

Von erheblichem Nachteil sind jedoch bei dieser Fördermaschinenart die großen Massen, die während eines jeden Zuges beschleunigt und verzögert werden müssen. Einmal ergeben die außerordentlich großen Gewichte solcher Maschinen sehr große Reibungsverluste und erhebliche Stromwärmeverluste, so daß der Wirkungsgrad der Anlage verhältnismäßig niedrig wird, und weiter sind die Beschleunigungs- und Verzögerungszeiten verhältnismäßig groß, so daß die gesamte Dauer eines Zuges unnötig groß ausfällt. Wie günstig eine Köpemaschine gerade für Anlagen dieser Größe, insbesondere einer so großen Teufe, ausgefallen wäre, zeigt eine Berechnung der gleichen Anlage bei Wahl dieser Maschinenart. Gleiche Höchstgeschwindigkeit, gleiche Nutzlast und gleiche Gewichte der Fördergefäße und des Seiles vorausgesetzt, ergibt die Berechnung folgende Einzelheiten:

Fördermenge		315 t/h
Zahl der Motoren		1
Gewicht des Motors		75 t
Gewicht der Treibscheibe von 7 m Dmr. mit Welle	etwa	35 t
Gesamtgewicht der mit jedem Zuge zu beschleunigenden Massen	etwa	150 t
Summe der Schwungmomente der sich drehenden Maschinenteile	etwa	850 000 kgm²
Effektivmoment des Motors		43 000 kgm
Effektivleistung des Motors		2 220 kW.

Der Energieverbrauch ergibt sich bei einer Köpemaschine zu etwa 1,25 kW/Schacht-PS. Das Leistungsdiagramm des Motors ist in Abb. 13 wiedergegeben. Wie daraus zu ersehen ist, würde die größte Motorleistung nur 3100 kW gegenüber 5800 kW bei Ausführung der Anlage mit bizylindrisch-kegligen Trommeln sein. Die Köpemaschine würde insgesamt etwa 150 t wiegen, während das Gesamtgewicht der letzteren nach der darüber gegebenen Veröffentlichung 747 t, also etwa das 5fache, beträgt. Die Anlagekosten der beschriebenen Trommelmaschine werden also das Vielfache einer gleichwertigen Köpemaschine gewesen sein.

Auch in der Übersichtlichkeit des Aufbaues ist die deutsche Köpemaschine den ausländischen Trommelmaschinen unbedingt überlegen. Abb. 14 zeigt das Bild der genannten südafrikanischen Maschine. Der Führerstand ist in einem kleinen, etwa 1 m über Maschinenhausflur liegenden Häuschen untergebracht, wohl weil der Führer alsdann gegen jede von außen kommende Störung abgeschlossen ist, eine Vorsicht, die nach Erfahrungen in Deutschland jedoch unbegründet ist. Der Steuerapparat und die Bremszylinder liegen wie die Schaltanlage mit allen Schaltern und Widerständen über Flur, während bei deutschen Anlagen die für die fortlaufende Bedienung und Überwachung nicht in Frage kommenden Teile in dem natürlich entsprechend hoch und geräumig ausgeführten Keller, also unter Maschinenhausflur, untergebracht sind.

Als Beispiel einer deutschen Gefäßförderanlage sei hier die Anlage der Gewerkschaft Wintershall bei Heringen a. d. Werra genannt, die zum Konzern der Wintershall AG., Kassel, gehört. Sie ist im Jahre 1929 in Betrieb gekommen und für eine Teufe von 486,2 m, eine stündliche Fördermenge von 318 t, eine Nutzlast von 6500 kg und eine größte Fördergeschwindigkeit von 10 m/s ausgeführt worden. Dem elektrischen Teil der Anlage ist mit Rücksicht auf die Größe des Kraftwerks und die übrigen am gleichen Netz hängenden Betriebe, da ein Ausgleich der Belastungschwankungen erwünscht war, das Ilgner-System zugrunde gelegt worden. Das mit dem Drehstrom - Gleichstrom - Motorgenerator, dessen Gleichstrommaschine den Strom zum Betriebe des Fördermotors liefert, verbundene Schwungrad wiegt 16,2 t und ist in der üblichen Weise als volle Scheibe ausgebildet und aus Spezialgußstahl hergestellt. Der Durchmesser der Scheibe beträgt 2,7 m, was bei einer Leerlaufdrehzahl des Umformers von 1000 U/min einer Umfangsgeschwindigkeit von 141,5 m/s entspricht. Der Umformermotor leistet im Mittel 850 kW und ist so groß bemessen, daß er die Anlage mit voller Geschwindigkeit auch ohne Schwungrad betreiben kann, falls dies einmal die Leistungsfähigkeit des Kraftwerks und des Netzes zulassen sollte.

Abb. 15 gibt ein Bild des Umformers. Um seine Drehzahl auch ohne große Verluste regeln zu können, ist mit ihm ein besonderer Regelsatz verbunden, der aus der mit der Umformerwelle unmittelbar gekuppelten Hintermaschine, deren Kommutatorbürsten über den Ständer mit den Schleifringen des Steuermotors verbunden sind, und einem getrennt aufgestellten Erregermaschinensatz be-

Digitized by Google

steht. Letzterer setzt sich aus einer Drehfeld-Erregermaschine, einem an das Netz angeschlossenen Synchronmotor und einer Gleichstrom-Erregermaschine zusammen. Die den Schleifringen des Hauptmotors zugeführte Spannung der Kommutator-Hintermaschine wird mit Hilfe der Erregermaschine so verändert, wie es dem erforderlichen Abfall der Drehzahl des Umformermotors entspricht. Gleichzeitig wird infolge entsprechender Bemessung und Bauart der Hintermaschine und der Erregermaschine die Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung an den Klemmen des Umformermotors aufgehoben, so daß die Anlage annähernd mit $\cos \varphi = 1$ arbeitet, u. zw. auch bei der niedrigsten Drehzahl des Umformers. Parallel zu diesem Regelsatz ist der übliche Flüssigkeits-Schlupfwiderstand geschaltet, so daß man die Drehzahl auch mit diesem regeln kann, allerdings unter Zulassung entsprechend großer Energieverluste.

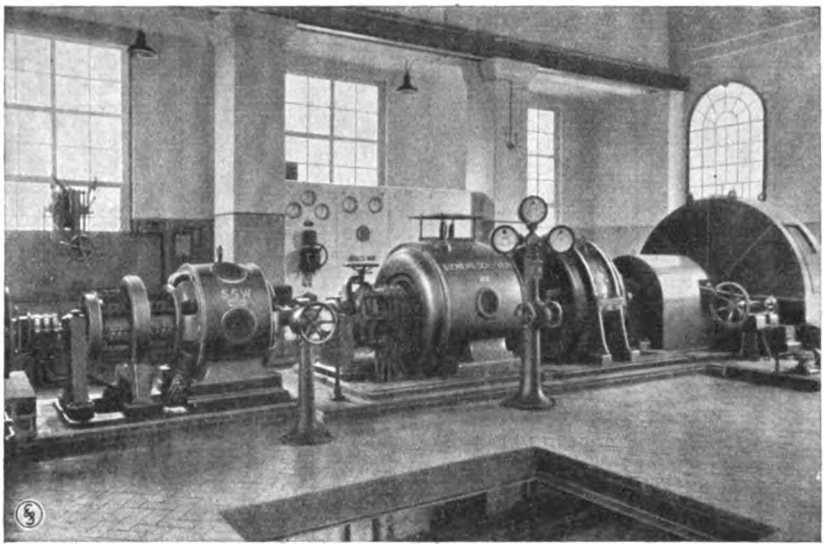


Abb. 15. Schwungradumformer der Förderanlage der Gewerkschaft Wintershall AG. bei Heringen a. d. Werra.

Auf die sonstigen Einzelheiten des Umformers und der Fördermaschine einzugehen, erübrigt sich, da sie in der allgemein üblichen Weise ausgeführt sind. Dagegen dürften einige Angaben über die Gefäßförderung selbst von Interesse sein. Der Umstand, daß das Aufschieben und Abziehen der Wagen am Förderkorb über und unter Tage fortfällt, legt bei derartigen Förderanlagen das Bestreben nahe, auch beim Füllen und Entleeren der Gefäße sowie beim Anlassen und Abstellen der Maschine die Bedienung von Menschenhand durch selbsttätig wirkende Einrichtungen zu ersetzen, also den ganzen Betrieb der Anlage selbsttätig zu machen. Das ist bei der Wintershaller Anlage zum Teil bereits zur Ausführung gekommen. Die Füllung der Gefäße unter Tage und ihre Entleerung über Tage geschehen selbsttätig, und diese Arbeitsvorgänge werden durch die ankommenden Gefäße eingeleitet, um nach Beendigung selbsttätig abgestellt zu werden. Die Gefäße haben Bodenverschluß, eine Anordnung, die gegen die Ausführung als Kippgefäß nennenswerte Vorteile besitzt. Abb. 16 zeigt eines der Fördergefäße mit geöffneter Bodenklappe nach einer in der Werkstatt der Demag AG., Duisburg, gemachten Aufnahme. Die Konstruktion dieser Gefäße rührt von der Skip Co. AG., Essen, her. Die Bodenklappe wird dadurch geöffnet und geschlossen, daß zwei an dem Gestänge der Klappe befestigte Rollen der Öffnungs- und Schließbewegung entsprechend in Führungen, die über Tage am Fördergerüst angebracht sind, bewegt werden. Das aus dem Schacht ankommende Gefäß wird über Tage in einen kleinen Aufgabebunker entleert, aus dem das geförderte Salz auf ein Förderband fällt, das es der unmittelbar angeschlossenen Mahlwerksanlage und chemischen Fabrik zuführt.

Unter Tage ist unmittelbar am Schacht ein Bunker von 600 t Fassungsvermögen angeschlossen. In ihn werden über einen motorisch angetriebenen Kipper die Wagen entleert. Abb. 17 gibt eine Übersicht der Fülleinrichtungen zwischen Hauptbunker und Schacht. Unterhalb des Hauptbunkers sind zwei kleine Meßbunker, je einer für jedes Fördertrum, angebracht, von denen jeder den Inhalt eines Fördergefäßes zu fassen vermag. Aus ihnen wird das Salz unmittelbar in die Gefäße abgelassen. Um die Beschickung der Bunker und der Gefäße selbsttätig dem Schachtbetrieb anzupassen, sind zum Antrieb der Verschlußklappen des Hauptbunkers und des Meßbunkers zwei Motoren eingebaut, die abwechselnd von den ankommenden Gefäßen eingeschaltet und nach Beendigung des Arbeitsvorganges wieder ausgeschaltet werden.

Bis auf die Steuerung der Fördermaschine selbst ist der Betrieb also in allen Teilen vollkommen selbsttätig. Eine Bedienung der Anlage am Schacht unter und über Tage ist, abgesehen von der Wartung der unter Tage aufgestellten Motoren, nicht mehr erforderlich. Der letzte Schritt, auch das An- und Abstellen der Fördermaschine selbsttätig zu machen, würde ohne weiteres möglich sein. Vorläufig scheut man sich aber noch davor und zieht es vor, an dieser Stelle auf die Bedienung durch eine zuverlässige Persönlichkeit nicht zu verzichten.

So alt wie der elektrische Antrieb der Fördermaschinen, so alt ist die Streitfrage, ob es zweckmäßiger ist, den Antrieb unter Verwendung eines Gleichstrom-Nebenschlußmotors in Verbindung mit Leonard-Schaltung oder eines gewöhnlichen asynchronen Drehstrommotors auszuführen, und auch heute ist diese Streitfrage noch nicht so weit entschieden, daß man sagen könnte, daß das Urteil überall, also sowohl im Inlande als auch im Auslande einheitlich wäre. Das ist auch nicht möglich, solange die Anschauungen und Bestimmungen hinsichtlich der Sicherheitseinrichtungen so weit voneinander abweichen, wie das gegenwärtig in Deutschland einerseits und im Ausland anderseits der Fall ist. Wo mit den gleichen Bestimmungen zu rechnen ist, also innerhalb Deutschlands, läßt sich eine Klärung der Frage von Fall zu Fall leicht herbeiführen, wenn auch von vornherein ein für alle Fälle gültiges Rezept nicht gegeben werden kann.

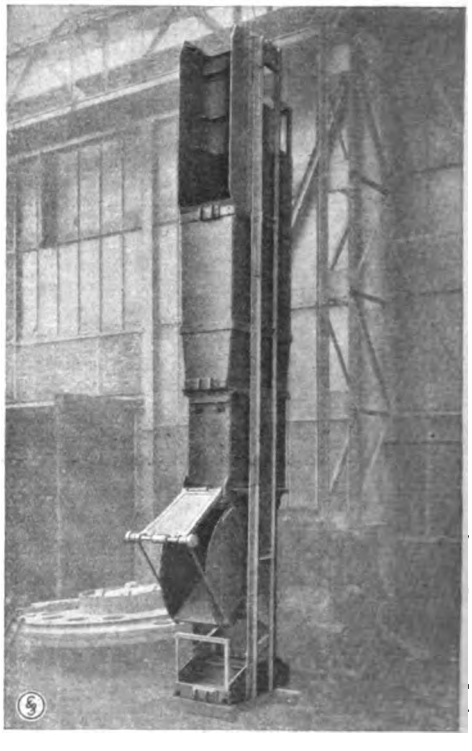


Abb. 16. Fördergefäß der Anlage der Gewerkschaft Wintershall.

Als Beispiele seien die oben schon erwähnten zwei Anlagen mittlerer Leistungsfähigkeit angeführt. Die eine steht auf dem Schacht des Kaliwerkes Gewerkschaft Erichs-

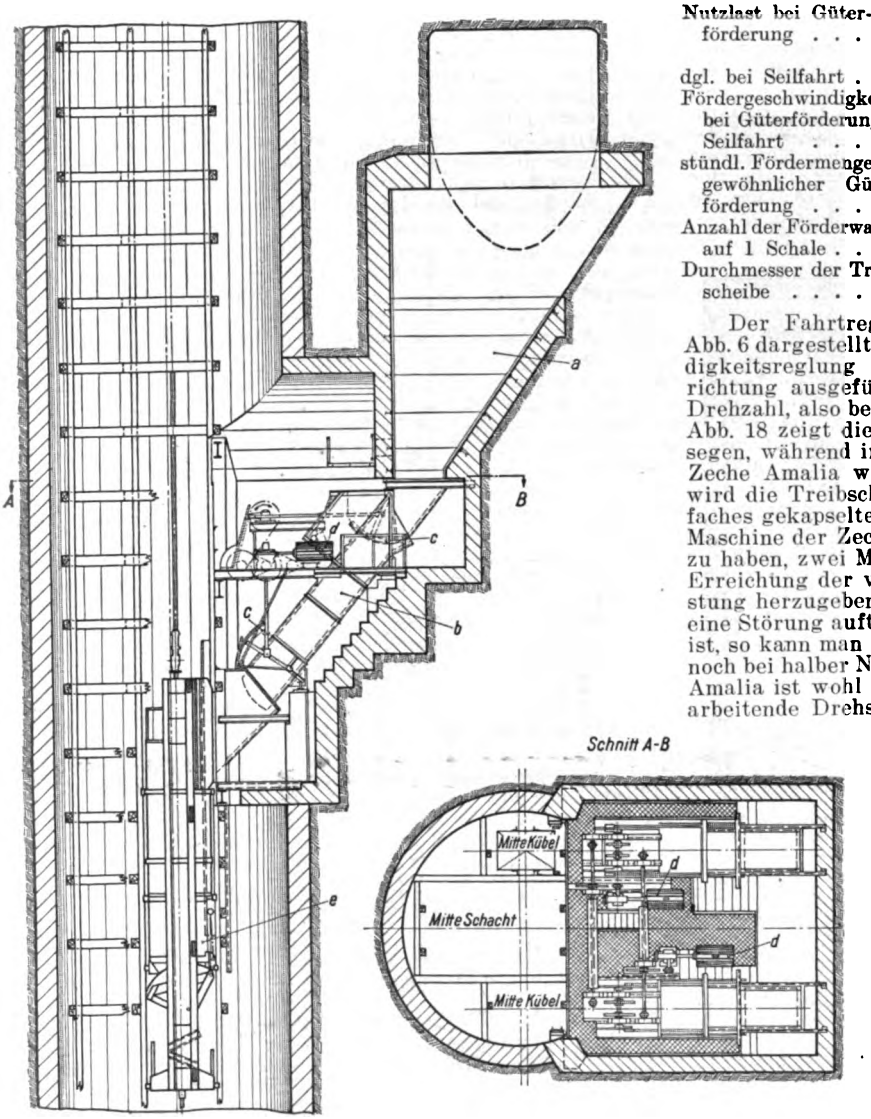
Digitized by Google

segen, Lehrte bei Hannover, die andere auf der bei Dortmund gelegenen Kohlenzeche Amalia der Harpener Bergbau AG. Die wichtigsten Einzelheiten dieser Maschinen sind in Zahlentafel 6 enthalten.

Zahlentafel 6.

	Gewerkschaft Erichssegen	Zeche Amalia 1. Ausbau	Zeche Amalia 2. Ausbau
Teufe	600 m	265 m	375 m
Nutzlast bei Güterförderung	3000 kg	4500 kg Kohle 6000 kg Berge	4500 kg Kohle 6000 kg Berge
dgl. bei Seilfahrt	2400 kg	3825 kg	3825 kg
Fördergeschwindigkeit bei Güterförderung u. Seilfahrt	6 m/s	8 m/s	8 m/s
stündl. Fördermenge bei gewöhnlicher Güterförderung	64,8 t	184 t	157 t
Anzahl der Förderwagen auf 1 Schale	4	6	6
Durchmesser der Treibscheibe	5 m	5,5 m	5,5 m

Der Fahrtregler beider Maschinen ist nach dem in Abb. 6 dargestellten Schaltbild mit hydraulischer Geschwindigkeitsreglung und selbsttätiger Läuferkurzschlußvorrichtung ausgeführt, die bei Erreichung der synchronen Drehzahl, also bei Einhängen von Lasten in Tätigkeit tritt. Abb. 18 zeigt die Förderanlage der Gewerkschaft Erichssegen, während in Abb. 19 der Grundriß der Maschine der Zeche Amalia wiedergegeben ist. Bei beiden Maschinen wird die Treibscheibe vom Drehstrommotor über ein einfaches gekapseltes Zahnradvorgelege angetrieben. Bei der Maschine der Zeche Amalia sind, um eine gewisse Reserve zu haben, zwei Motoren verwandt, die zusammen die nach Erreichung der vollen Teufe von 375 m erforderliche Leistung herzugeben vermögen. Sollte an einem der Motoren eine Störung auftreten, was allerdings kaum zu befürchten ist, so kann man mit dem zweiten Motor die Anlage immer noch bei halber Nutzlast betreiben. Die Maschine der Zeche Amalia ist wohl die größte augenblicklich in Deutschland arbeitende Drehstrom-Fördermaschine.



a Vorratsbunker
b Meßbunker
c Verschlußschieber der Meßbunker
d Antriebsmotoren der Verschlußschieber
e Fördergefäß
Schachtdurchmesser 5,5 m

Abb. 17. Gefäßförderanlage Wintershall. Anordnung der Fülleinrichtungen im Schacht unter Tage.

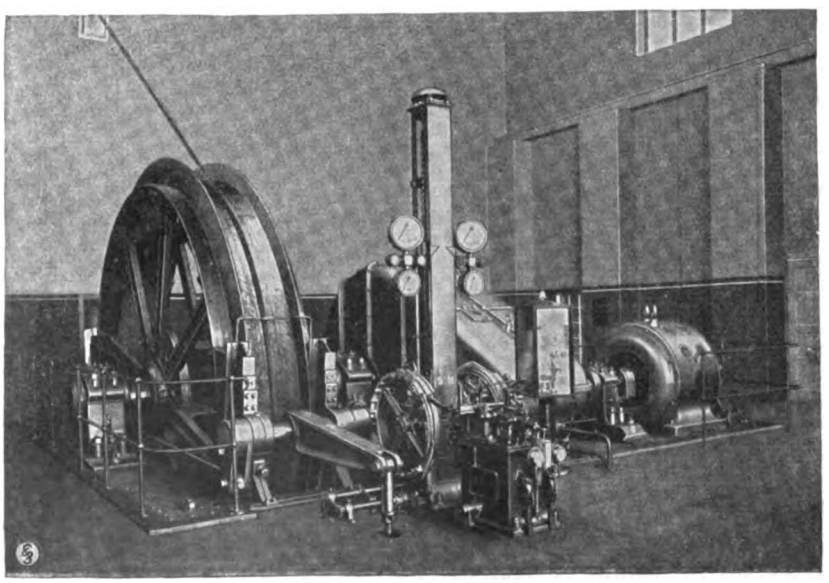


Abb. 18. Drehstrom-Fördermaschine der Gewerkschaft Erichssegen.

Die Gründe, die zur Bevorzugung des Drehstromantriebes geführt haben, sind bei beiden Anlagen ungefähr die gleichen gewesen. Bei beiden Maschinen war von vornherein mit einer geringen Ausnutzung zu rechnen. Die Anlage der Gewerkschaft Erichssegen mußte gebaut werden, um für diese beim Kalisyndikat eine größere Quote bekommen zu können. Gleichzeitig sollte sie Reserve für eine auf einem anderen Schacht vorhandene Gleichstrom-Fördermaschine sein. Sie muß also nur verhältnismäßig selten arbeiten. Die Aufgabe der auf der Zeche Amalia aufgestellten Maschine besteht hauptsächlich in der Ausführung von Seilfahrtzügen, und außerdem soll sie für besondere Zwecke, wie das Einhängen von Holz usw., dienen. Für die eigentliche Kohleförderung braucht sie nur bei Störungen an einer der anderen Fördermaschinen der Harpener Bergbau AG. in Tätigkeit zu treten. Auch diese Maschine wird also nur in geringem Umfange benutzt. Beide Anlagen mußten daher so gebaut werden, daß sie auf der einen Seite alle bei voller Belastung sowie insbesondere bei Seilfahrt in Betracht kommenden Bedingungen erfüllten, auf der anderen Seite

Digitized by Google

möglichst billig wurden, da die für Abschreibung und Verzinsung eines größeren Anlagekapitals erforderliche Ausnutzung nicht zu erwarten war. Diese beiden Forderungen, volle Betriebsicherheit einerseits und niedrige Anlagekosten anderseits, ließen sich bei Verwendung des gewöhnlichen asynchronen Drehstrommotors und der oben näher beschriebenen Sicherheitseinrichtungen am besten erfüllen. Weiter bot der Drehstromantrieb den großen Vorteil, daß der Energieverbrauch praktisch von der Ausnutzung der Anlage unabhängig ist, während bei Antrieb durch einen Gleichstrommotor in Verbindung mit Leonard-Schaltung infolge des nicht unerheblichen Leerlaufverbrauches der Umformeranlage, die auch bei schwacher Ausnutzung der Anlage während des größten Teiles der Schicht arbeiten muß, der Wirkungsgrad der Anlage bei schwacher Ausnutzung verhältnismäßig ungünstig ist.

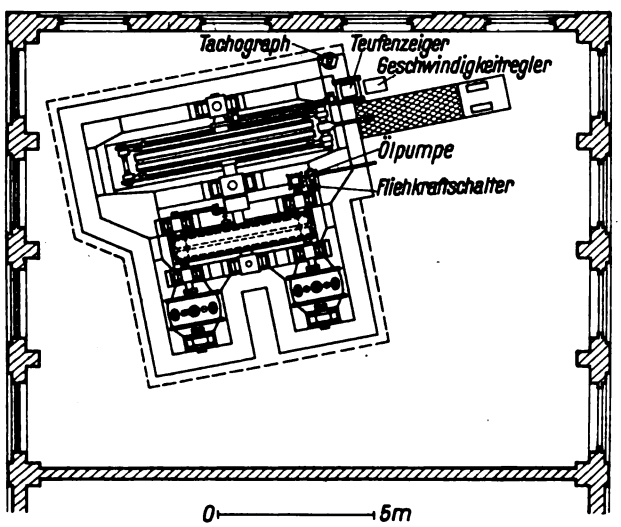


Abb. 19. Grundriß der Drehstrom-Fördermaschine der Zeche Amalia der Harpener Bergbau AG.

Gegen die Bevorzugung des Antriebes durch einen asynchronen Drehstrommotor bestehen grundsätzliche Bedenken vom Standpunkt der Sicherheit aus nicht mehr. Ist das Kraftwerk groß genug, um die großen beim Einschalten des Motors auftretenden Energiestöße aufzunehmen, und ergibt eine genaue Preisberechnung, daß der Drehstromantrieb billiger als der Gleichstromantrieb in Verbindung mit schwungradlosem Umformer ist, so steht nichts im Wege, den Antrieb durch Drehstrommotor zu wählen. Beim Vergleich beider Antriebsarten müssen natürlich gleiche Motordrehzahlen, also auch für den Gleichstromantrieb Verwendung eines einfachen Zahnradvorgeleges angenommen werden. Bei dem Drehstromantrieb sind aber unbedingt folgende Punkte zu beachten:

1. Es dürfen nur beste, nach dem Abwälzverfahren hergestellte Zahnräder genommen werden.
2. Die Zahnräder dürfen nicht erst an Ort und Stelle auf die Wellen aufgekeilt werden, sondern müssen, bevor mit der Fräsarbeit begonnen wird, aufgezogen werden.
3. Das Vorgelege ist in gußeisernem Gehäuse einzukapseln, in dem dauernd Öl in den Zahneingriff gespritzt wird.
4. Die Lager der Zahnradwellen sind organisch mit dem Gehäuse zusammenzubauen.
5. Der Motor ist mit vergrößertem Luftspalt zwischen Läufer und Ständer auszuführen.

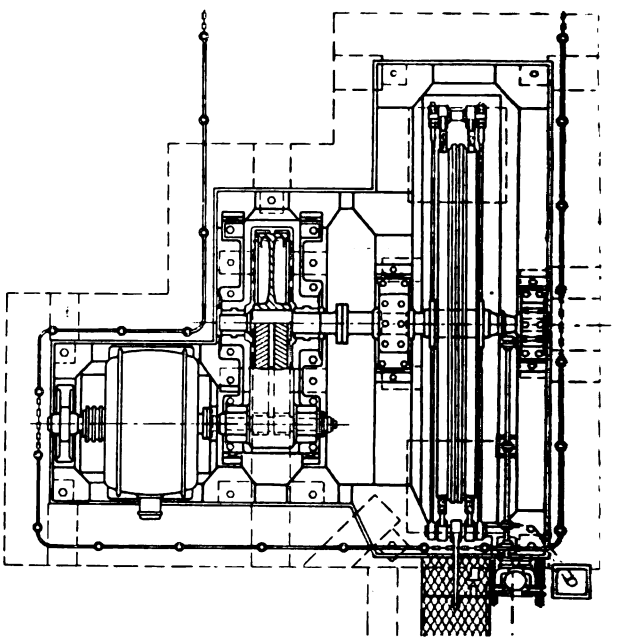


Abb. 20. Grundriß einer Drehstrom-Fördermaschine mit einfachem Vorgelege.

Abb. 20 zeigt einen nach diesen Gesichtspunkten ausgebildeten, vorbildlichen Aufbau einer Drehstrom-Fördermaschine.

Wird das Gesagte sorgfältig beachtet, dann wird bei großen Leistungen der Drehstromantrieb kaum billiger als der Gleichstromantrieb, so daß dann dem letzteren der Vorzug zu geben ist, es sei denn, daß der Energieverbrauch bei jenem günstiger ist, worüber die in jedem Fall anzustellende Wirkungsgradberechnung Aufschluß gibt.

Wälzlager für Elektromotoren.

Zu dem Aufsatz, den Prof. Dr. Unger unter obigem Titel in der ETZ 1929, S. 1317 veröffentlichte, sind eine Reihe brieflicher Äußerungen eingegangen. Diese Zuschriften, die sich besonders mit der Frage des Lagersitzes, der Normung und der Betriebsansprüche befassen, erscheinen geeignet, das von Prof. Unger aufgeworfene Problem des Einbaues von Wälzlagern in Elektromotoren weiterhin zu klären. Wir veröffentlichen daher nachstehend die Zuschriften in der Reihenfolge ihres Einganges vom 26. IX. 1929 ab sowie eine Erwiderung Prof. Ungers auf die ihm gemachten Einwände.

1. Obering. **W. Peineke**, Berlin.

Mit großer Freude habe ich die Arbeit Prof. Ungers begrüßt, die sich einmal mit der rein maschinentechnischen Seite des Elektromotorenbaues befaßt. Leider wird gerade dieses wichtige Gebiet meist durch die elektrischen Fragen in den Hintergrund gedrängt, obgleich es wohl verdient, beachtet zu werden, denn manche Anregung für den allgemeinen Maschinenbau ging gerade von dem Elektromotorenbau aus.

Betrachte ich rückschauend die Entwicklung der letzten 25 Jahre, so muß ich erklären, daß die Wälzlager und ihr Einbau sowohl konstruktiv als auch in der Fertigung solche Fortschritte gemacht haben, daß man heute unbedenklich auf der ganzen Linie zu ihrer Einführung im Elektromotorenbau schreiten kann, denn die Vorteile, die in den meisten Fällen geboten werden und von Prof. Unger angegeben sind, überwiegen bei weitem die geringen Nachteile, die sich bei ganz besonderen Anforderungen ergeben können. Ich denke hier vornehmlich an die Frage der Geräuschbildung, welche sich aber bei zielbewußter Zusammenarbeit von Lagerherstellern und Verbrauchern noch wesentlich verbessern lassen wird.

Hinsichtlich der allgemeinen Einbauregeln kann ich mich Prof. Unger nicht voll anschließen, wenn er für den Innenring „Festsitz" vorschreibt; ich würde empfehlen zu

Digitized by Google

sagen: „Der Innenring soll auf der Welle mit einem festen Sitz aufgebracht werden, dessen Passung von der Größe des Lagers und der Lagerart abhängig ist." Bezüglich des äußeren Ringes stimme ich völlig mit Unger überein, denn auch ich halte für den Außenring der Rollenlager einen „festeren" Sitz für nötig, während bei Kugellagern ein „loserer" Sitz angebracht erscheint, wenn ich auch mit den Ungerschen Angaben „Haft- bzw. Schiebesitz" nicht ohne weiteres einverstanden sein kann. Wie Unger angibt, ist es nötig, für Drehstrommotoren mit Kurzschlußläufern, welche in gewissen Leistungsgebieten heute die Mehrzahl aller gefertigten Elektromotoren darstellen, gleiche Lagerschilde auf beiden Seiten zu verwenden. Die vorstehenden Forderungen geraten aber in Widerspruch mit der Wälzlagernormung, denn diese sieht für Kugel- und Rollenlager-Außenringe die gleichen Abmaße vor. Verschiedene Abmaße für die Außenringe der beiden Lagerarten bereiten aber wesentlich geringere Schwierigkeiten als das Auseinanderhalten sonst gleicher Lagerschilde mit nur verschiedener Bohrungstoleranz. Ich kann also die Wälzlagernormung nur für sehr unglücklich halten. Hierbei muß es besonders befremden, daß gerade der Kugellager-Konzern, welcher früher der eifrigste Verfechter der verschiedenen Außenringsitze war, heute, vermutlich wegen der einheitlichen Fertigungslehren, die Schwierigkeiten in der Herstellung auf die Schultern der Verbraucher abzuwälzen bestrebt ist, indem er sich zum Verteidiger der gleichen Abmaße der Außenringe gemacht hat. Ob dieses auf besserer Erkenntnis beruht, erscheint zumindest zweifelhaft. Außerdem möchte ich hier noch auf eine andere Sache hinweisen. Die Kugellagerfabriken beanspruchen für ihre doch immer als besonders hochwertig gepriesenen Waren einen Toleranzbereich, welcher bei den Lagerbohrungen und Außenringen größer ist als der, welcher im Elektromotorenbau für Wellen und Lagerschildbohrungen üblich ist. Hieraus dürften sich auch manche Schwierigkeiten bezüglich der Geräuschbildung erklären.

Wie ich vorher schon sagte, hat auch der Einbau der Wälzlager so erhebliche Fortschritte gemacht, daß manche der von Unger gezeigten Beispiele heute der Vergangenheit angehören dürften. Wenn er die Forderung aufstellt, daß es für völlig ungeschultes Personal möglich sein soll, einen Motor ohne Gefährdung der Wälzlager auseinanderzunehmen, so glaube ich, daß dies etwas zu weitgehend ist. Zunächst scheiden wohl größere Motoren aus, denn für deren Wartung kommt fast immer geschultes Personal in Frage. Ebenso kann das Abdrehen von Kommutatoren oder Schleifringen kaum in einer Dorfschmiede ausgeführt werden, so daß auch solche Motoren der Forderung nicht unbedingt zu entsprechen brauchen. Es bleiben also nur die Motoren kleinerer Leistung mit Käfigläufer übrig. Hier wäre nun aber die Frage aufzuwerfen: Wie oft oder nach welchen Zeitspannen ist es nötig, solche Motoren auseinanderzunehmen? Ich weiß wohl, daß die den Motoren beigegebenen Bedienungsvorschriften meist empfehlen, nach etwa einem Jahre den Motor und die Lager durch einen Fachmann gründlich reinigen zu lassen. Ebenso weiß ich aber auch, daß diese Vorschriften fast nie beachtet werden, wenn ihre Befolgung auch die Lebensdauer der Motoren wesentlich verlängern dürfte. Praktisch kommt ein Ausbau der Motoren nur dann vor, wenn die Ständerwicklung oder ein Lager Schaden genommen haben. Bei solchen Arbeiten sind aber immer Fachleute erforderlich. Nach meinen Erfahrungen kann ein Motor mit Wälzlagern, wenn gelegentlich die Lager nachgeschmiert werden und ein Ausblasen des Staubes mit den für diese Arbeiten üblichen Mitteln erfolgt, lange Jahre seinen Dienst tun, ohne irgendwie gefährdet zu sein. Ich kann also eine Forderung, daß die Lager beim Ausbau völlig geschützt auf der Welle bleiben sollen, nicht als zwingend nötig erkennen.

Es sei mir nun noch gestattet, aus der Fülle der von Unger gezeigten Einbaubeispiele zwei herauszugreifen und miteinander zu vergleichen. Ich wähle zu diesem Zwecke Ungers Abb. 3, weil sie eine heute sehr übliche Einbauart zeigt, und seine Abb. 11 als seinen Gegenvorschlag[1]. Ich stimme mit Unger überein, wenn er das Rollenlager, wie es Abb. 4 zeigt, als billiger und für diesen Zweck geeigneter vorschlägt. Sonst aber kann ich, besonders nach dem vorher Gesagten, den Einbau als zweckentsprechend bezeichnen. Die Bearbeitung des Lagerschildes ist einschließlich des Aufreibens der Bohrung mit einer Aufspannung möglich, garantiert also größte Genauigkeit. Die Lagerdeckel lassen sich konstruktiv noch vereinfachen und bieten in ihrer Fertigung mit einer Aufspannung keine Schwierigkeiten. Für die Montage ist allerdings der auch von Unger empfohlene Lehrbolzen zu verwenden, um unnötige Schwierigkeiten zu vermeiden.

Betrachtet man dagegen Abb. 11, so erfordert der Lagereinbau eine doppelte Zentrierung, wodurch die Fehlerquellen vermehrt werden, was bei dem geringen einseitigen Luftspalt der Motoren recht unangenehm ist. Bei dem eigentlichen Lagerkörper ist eine Sacklochbohrung zu reiben. Diese Arbeit bietet für die Fertigung und Kontrolle größere Schwierigkeiten als das Durchgangsloch in Abb. 3. Die Befestigung des Lagerkörpers im Lagerschild erfordert aber ebenso Lehrbolzen wie in Abb. 3 der innere Deckel. Einen sehr wesentlichen Nachteil hat aber diese Bauart: sie vergrößert den Durchmesser des Lagerkopfes und beschränkt dadurch den so nötigen Eintritt der Kühlluft in die Motoren. Außerdem erfordert sie für das Abziehen eines beschädigten Lagers eine größere axiale Länge des Motors als Abb. 3. Wenn schon die hier erwähnten Nachteile genügen sollten, um bei dem Einbau nach Abb. 3 zu bleiben, so bitte ich noch zu überlegen, daß für das Abdrehen von Kommutatoren oder Schleifringen es doch nötig sein wird, ein Lager zu öffnen, um an den Körner zu gelangen. Es wären also nur für eine Reinigung des Motors die Lager geschützt, für eine kleine Instandsetzung nicht. Die Schwierigkeiten, die durch die verschiedenen Passungen der Außenringe entstehen, sind aber nicht behoben. Bei einer gründlichen Reinigung des Motors sollten aber auch die Wälzlager ausgewaschen werden, zu welchem Zweck die Lager freigelegt werden sollten. Ich glaube, durch das Gesagte meine Ansicht, daß ich die Ausführung nach Abb. 3 vorziehen würde, genügend begründet zu haben.

[1] ETZ 1929, S. 1318 u. 1319.

2. Obering. **H. G. Mecke**, Berlin.

Im Aufsatz von Prof. Dr. Unger werden konstruktive Vorschläge gemacht, um die Lager auch bei Ausbau des Ankers gekapselt zu erhalten. Es darf jedoch nicht übersehen werden, daß die Wälzlager der Elektromotoren auf Grund praktischer Ergebnisse die heutige Bauform erhalten haben. Bei dem Bau der ersten Wälzlagermotoren erstrebten nämlich die Konstrukteure die Kapselung der Wälzlager (hierzu vgl. Abb. 1 u. 2). Es zeigte sich aber, daß es bei Reparatur oder Überholung der Motoren nach mehrjährigem Betrieb doch notwendig war, die Lager zu reinigen, mit neuem Fett zu versehen und sie zu diesem Zweck auszubauen. Die umständliche und teure Lagerkopfkonstruktion wurde daher aufgegeben und die Lager direkt in die Schilde eingesetzt. Die Passungen der Welle und der Sitz im Schild werden hierbei so gewählt, daß sich keine unzulässigen Klemmungen im Kugellager ergeben. Der Innenring des Kugellagers darf also nicht allgemein mit „Festsitz" auf die Welle gebracht werden; geschieht dies doch, so muß es zu Schäden kommen, denn die Lagerluft der Kugellager reicht für diesen Sitz nicht aus. Für leichte, mittlere und schwere Kugellager sind nämlich die Passungen der Sitze verschieden und für Rollenlager sind noch Sitzarten für Normal und Sonderluft vorgesehen.

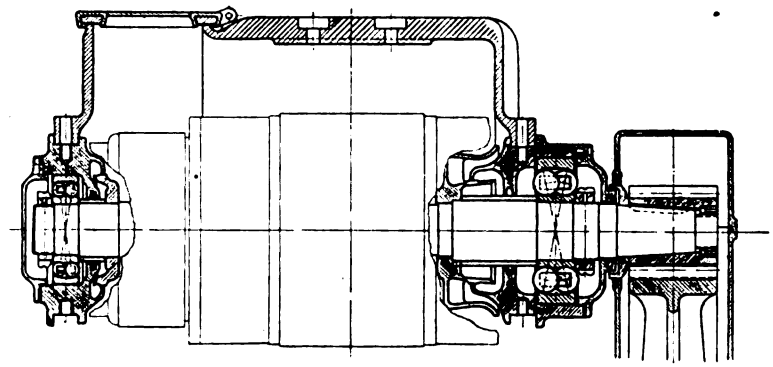


Abb. 1. Straßenbahnmotor mit Pendelkugellagern (Bauart 1912).

Auch die Einführung der Rollenlager mit Außenborden, Abb. 3, ermöglichte es, die Kapselung der Wälzlager zu vermeiden und trotzdem einen leichten Ankeraus- oder

Digitized by Google

-einbau zu erreichen, weil die Rollenlager-Innenringe auf der Welle bleiben können. Bei allen Neukonstruktionen setzt sich diese Art des Rollenlagers mehr und mehr durch, und es wird zweifellos dazu kommen, daß in einiger Zeit

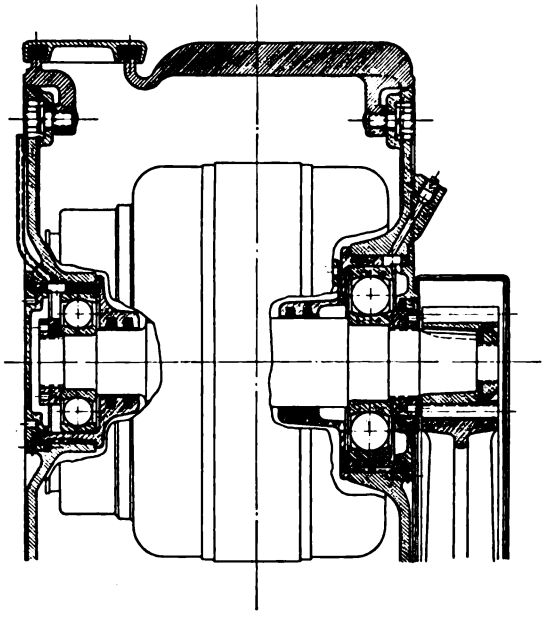


Abb. 2. Grubenmotor mit Kugellagern (Bauart 1918).

im Elektromotorenbau ausschließlich diese Lager mit Außenbord verwendet werden. Vorläufig besteht allerdings die Tatsache, daß diese Lager teurer als diejenigen mit Innenborden (Abb. 4) sind. Bei Verwendung größerer Stückzahlen der Außenbordlager ergibt sich aber auch heute schon ein nur geringer Preisunterschied, der meiner Ansicht nach in naher Zukunft völlig verschwinden wird, weil die Außenbordlager sehr bald den Markt beherrschen werden.

Abb. 3. Rollenlager mit Außenbordring.

Abb. 4. Rollenlager mit Innenbordring.

Ich möchte an dieser Stelle noch darauf hinweisen, daß im Zentralverband der deutschen elektrotechnischen Industrie ein Ausschuß für die Normung der Abmessungen, Toleranzen und Passungen der Kugel- und Rollenlager besteht. Die Arbeiten dieses Ausschusses sind in nächster Zeit abgeschlossen. Die Normblattentwürfe liegen zum großen Teil bereits dem Deutschen Normenausschuß vor.

---

3. **AEG**, Fabriken Brunnenstraße.

Die Begriffe für „Festsitz", „Haftsitz" und „Schiebesitz" sind bereits durch die DI-Normblätter 26, 25 und 24 festgelegt. Hiernach kommt der Festsitz bei Paßteilen zur Anwendung, die unter allen Umständen festsitzen müssen und nur unter Druck zusammengefügt und auseinandergenommen werden können. Haftsitz wird bei Paßteilen angewandt, die gegenseitig festsitzen sollen, aber ohne erheblichen Kraftaufwand mit Handhammer oder Handdornpresse zusammengefügt oder auseinandergenommen werden können. Schiebesitz kommt bei Paßteilen in Frage, die von Hand oder mit Holzhammerschlägen zusammengefügt oder auseinandergenommen werden können.

Von der Anwendung des Haftsitzes an Stelle des Schiebesitzes für den Kugellager-Außenring möchten wir abraten. Außer Schwierigkeiten beim Ein- und Ausbau könnten Verklemmungen im Kugellager auftreten. — Auch wir sind der Ansicht, daß eine Kapselung der Wälzlager unabhängig vom Lagerschild anzustreben ist. Diese Forderung stößt jedoch bei kleineren und mittleren Motoren auf Schwierigkeiten insofern, als der jetzt schon bestehende Preisunterschied zwischen Wälz- und Gleitlagermotoren noch erheblich vergrößert wird, außerdem wird der Zutritt der Kühlluft durch die großen Lagerköpfe bei offenen Motoren ungünstig beeinflußt. Wie man aus Abb. 5, der Zeichnung eines Schildlagers, ersieht, kapselt die AEG die Rollenlager größerer Motoren in einer dem Vorschlag von Unger ähnlichen Weise.

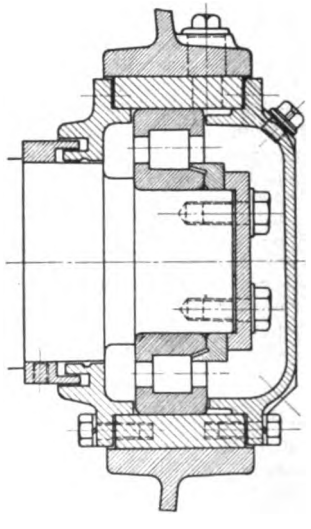


Abb. 5. Rollenlager-Kapselung an einem größeren AEG-Motor.

---

4. Geheimrat Prof. Dr.-Ing. **W. Reichel**, Berlin.

Der Aufsatz von Prof. Dr. Unger enthält m. E. einige beachtenswerte Punkte für Maschinen, die als Massenartikel hergestellt werden, die aber für größere Maschinen weniger ins Gewicht fallen. Ein Grenzgebiet stellen die Bahnmotoren dar, für diese werden Kugellager nicht mehr verwendet. Ausgleichsvorschläge für Verwendungsmöglichkeit von Kugel- oder Rollenlagern kommen also für diese und größere Maschinen auch nicht in Betracht. — Die Abhängigkeit der Toleranzen von den Durchmessern ist durch die DI-Normen 772 ... 775 genügend festgelegt; ebenso sind die Begriffe: Festsitz, Haftsitz und Schiebesitz in DIN 776 ... 778 unter *B* und *W* durch die festgelegten Toleranzmaße hinreichend gekennzeichnet. Wie dieselben zu verwenden sind, ist Sache der Untersuchung im Einzelfall und kann höchstens durch Einzelbeispiele, die als Vergleichsvorbilder dienen können, festgelegt werden, doch kann dies nicht durch Definition geschehen. Bei Motoren, die betriebsmäßig Erschütterungen ausgesetzt sind, wie Bahnmotoren, muß der Innenring so fest sitzen, daß er auch im langen Betrieb sich nicht loshämmert.

Die Forderung der Kapselung spielt bei größeren Maschinen keine besondere Rolle, da deren Anker nur nach aufgetretenen Schäden ausgebaut werden, was ohnedies einer gründlichen Überholung der Maschine gleichkommt, oder der Ausbau erfolgt nach längerer Laufzeit zum Zwecke der Untersuchung der weiteren Betriebsfähigkeit und Nachschmierung der Rollenlager, wozu diese ja gerade geöffnet werden müssen.

Digitized by Google

5. **Erste automatische Gußstahl-Kugelfabrik** vorm. Friedr. Fischer, Schweinfurt a. M.

Verschiedene Sitzarten des Innen- und Außenringes werden nur durch entsprechendes Bemessen des Zapfens bzw. der Gehäusebohrung erreicht. Die Tolerierung der Zapfen nach DIN 2053, 2054 oder 2055 ergibt selbstverständlich beim Zusammenbau mit den Lagern nicht die für diese Wellenlehren auf den entsprechenden DI-Normblättern für Edelpassung angegebenen Sitzarten (Haftsitz, Schiebesitz, Gleitsitz), weil die Lagerbohrungen nicht nach der zugehörigen Bohrungslehre (DIN 18), sondern nach den vom Normenausschuß im Einvernehmen mit den Wälzlagerfabriken festgelegten Kugellagerabmaßen hergestellt sind. Die Toleranzen der Lagerbohrungen liegen im Gegensatz zur Bohrungslehre für Einheitsbohrung nach DIN unter Null. Von einer Angleichung dieser Werte an die DIN-Passung mußte abgesehen werden, weil Kugellager mit den genannten Abmaßen lange vor Schaffung der DI-Normen in Gebrauch waren und eine Änderung der seitherigen Kugellagertoleranzen zu unübersehbaren Schwierigkeiten bei den Verbrauchern geführt hätte.

Eine andere Definition für die Begriffe Festsitz, Haftsitz und Schiebesitz als die vom Deutschen Normenausschuß für die betreffenden Sitze festgelegte können wir nicht geben. Um Mißverständnissen vorzubeugen, halten wir daran fest, einen Paßsitz nur dann nach einer DIN-Sitzart zu benennen, wenn die Passung sowohl in bezug auf Größe der Toleranz als auch hinsichtlich der Lage der Abmaße zur Nullinie bei beiden Paßteilen den DIN-Werten genau entspricht. Deshalb erachten wir es auch für richtiger, von einem „festen Sitz" des Innenringes auf dem Zapfen als von einem „Festsitz" zu sprechen. Es wird hierdurch vermieden, daß ein und dieselbe Bezeichnung für verschiedene Begriffe gebraucht wird.

---

6. **Zentralverband der deutschen elektrotechnischen Industrie**, Berlin.

Die Forderung, Wälzlager nur gekapselt zu verwenden, um Beschädigungen beim Ein- und Ausbau zu vermeiden, rechtfertigt sich allenfalls bei Spezialmaschinen. Abgesehen von höheren Gestehungskosten, die auch bei genormten Lagergehäusen bestehen bleiben würden, können sich bei der vorgeschlagenen gekapselten Ausbildung der Wälzlager zusätzliche Ungenauigkeiten ergeben. Es werden nämlich zwei Zentrierungen notwendig, die Zahl der mechanischen Fehlerquellen wird also vermehrt; demgemäß ist diese Ausführung zu verwerfen.

Eine durchgehende Bohrung des Lagerkopfes für den Sitz des Außenringes ist bei Massenfabrikaten anzustreben. Die Erfahrung hat ergeben, daß die Konstruktion nach Abb. 3 oder 4 des Aufsatzes Unger den normalen Anforderungen der Praxis gerecht wird. Bei notwendig werdender Reparatur oder bei Überholung der Maschine ergibt sich sowieso die Notwendigkeit, die Lager gründlich zu reinigen und mit frischem Fett zu versehen, wozu sie ausgebaut werden müssen. Diese Arbeiten werden auch in landwirtschaftlichen Betrieben nach Betriebsvorschriften der Lieferfirmen nicht durch Unkundige ausgeführt, so daß mit einer sachgemäßen Behandlung auch der Lager gerechnet werden kann.

Von der Konstruktion und Größe der Maschinen wird es abhängen, welche Ausführungsform der Lager — Innenbord- oder Außenbordlager — zur Anwendung zu kommen hat. Dem Außenbordlager ist jedoch der Vorzug zu geben, da diese Ausführungsform einen leichten Läufer-Ein- oder -Ausbau gestattet; bei kleinen Maschinen kann das Innenbordlager in Rücksicht auf den z. Z. geringeren Preis vorteilhafter sein. Bedenken wegen Beschädigungen der Lager-Innenringe vor dem Einbau oder nach erfolgtem Ausbau des Läufers können erfahrungsgemäß zurückgestellt werden, zumal geeignete Umhüllungen zu verwenden sind, wie dies ja auch bei Läufern mit Gleitlagern zum Schutz der Lagerstellen bisher schon üblich war. Die Passungen für den Sitz der Rollen- oder Kugellager auf der Welle und im Schild werden so gewählt, daß ein einwandfreies Arbeiten der Lager gewährleistet ist. Die Passungsfrage an dieser Stelle zu erörtern, würde zu weit führen.

Erwiderung von Prof. Dr. techn. **F. Unger.**

Zu 1, P e i n e k e. — Bezüglich der Definition des Festsitzes kann ich nur auf das verweisen, was mir von seiten der SKF-Norma und der Ersten automat. Gußstahl-Kugelfabrik (Nr. 5) auf meine Anfrage mitgeteilt worden ist. Auch ich bin der Meinung, daß eine Lagerhaltung bei sonst gleichen Schildlagern mit nur verschiedener Bohrungstoleranz für das Rollen- und das Kugellager sehr schwierig ist. Diese Schwierigkeit würde durch meinen Vorschlag der besonderen Kapselung der Lager selbst von vornherein behoben sein, weil für den Sitz der Lagergehäuse in den Lagerschilden für beide Seiten die gleiche Bohrungstoleranz vorgeschrieben werden kann.

Meine Forderung, daß es auch für ungeschultes, wenn auch nicht völlig ungeschultes Personal möglich sein muß, das Lagerschild eines Motors ohne Gefährdung der Wälzlager abzunehmen, gilt natürlich nicht für alle Betriebe, denn in vielen größeren Betrieben ist dazu eigenes, besonders geschultes Personal vorhanden. Auch für solches Personal ist es aber kein Vergnügen, ein Lager zu zerlegen, um nachsehen zu können, ob etwa die Verschmutzung im Innern eines Motors so weit fortgeschritten ist, daß eine gründliche Reinigung notwendig wird, oder ob etwa andere Ursachen das Heißwerden des Motors bedingen. Die Entstaubung ist bei neuzeitlichen Motoren meistens zwecklos, weil bereits der gut saugende Ventilator den Staub herausbläst. In vielen Betrieben nicht nur der Landwirtschaft sondern auch der Industrie können aber auch Verschmutzungen vorkommen, die sich durch Staubsaugen nicht entfernen lassen; es handelt sich hier um klebrige Massen. Solche Verschmutzungen können innerhalb weniger Wochen eintreten, an anderen Stellen dauert es wieder Jahre, bis es so weit ist. Man sollte daher doch an der Forderung festhalten, daß ein Motor mit Wälzlagern sich ebenso leicht auseinandernehmen lassen muß wie ein solcher mit Gleitlagern, nur dann wird die allgemeine Einführung der Wälzlager möglich sein. Ich betone besonders, daß ich n i c h t R e p a r a t u r e n gemeint habe, die natürlich nur von sachkundiger Seite ausgeführt werden sollen. Auch meiner Erfahrung nach können Wälzlagermotoren, die solchen Verschmutzungen nicht ausgesetzt sind, jahrelang laufen, ohne daß man jemals das Lagerschild abnehmen muß. Man müßte demnach, wenn sich die Herstellung solcher gekapselter Lager wirklich wesentlich teurer stellen sollte, zu zwei Typen übergehen.

Bei dem Vergleich zwischen den Abb. 3 und 4 meines Aufsatzes mit der Abb. 11 gebe ich zu, daß durch die Einpassung des Lagergehäuses in das Lagerschild eine weitere Fehlerquelle in die gesamte Passung hineinkommt. Nur sehe ich bei den außerordentlich geringen Toleranzmaßen, die dabei in Frage kommen, keine Gefahr, wenn nur das Lagergehäuse fest im Lagerschild sitzt und keine Bewegungen darin ausführen kann. Selbst bei Drehstrommotoren, bei denen man die Wälzlager schon mit Rücksicht auf den Luftspalt einführen sollte, würde diese Fehlerquelle sich kaum bemerkbar machen. Ich halte das Auseinanderreißen eines Lagers für weit gefährlicher als diesen Mangel.

Für wesentlich halte in den Einwand, daß die Bauart nach Abb. 11 den Durchmesser des Lagerkopfes vergrößert. Sie ist auch nur für Motoren mit Leistungen von 3,5 kW aufwärts geeignet. Für kleinere Motoren habe ich eine Konstruktion nach Abb. 12 vorgeschlagen, die nur eine geringe Durchmesservergrößerung bedeuten würde. Man kann natürlich diese letztere Konstruktion auch für größere Motoren immer dann verwenden, wenn man in bezug auf die Lüftung Schwierigkeiten bekommen sollte. Vergleicht man Abb. 12 mit Abb. 7, so muß man zugeben, daß die erstere Konstruktion gegenüber der Spulenkonstruktion bedeutende Vorteile aufweist.

Selbstverständlich muß man für das Abdrehen der Kommutatoren oder auch nur für die Reinigung des Lagers den Deckel abnehmen. Den Deckel abnehmen heißt aber noch lange nicht, das Lager auseinanderreißen, wie das z. B. nach Abb. 3 nötig wird. Eine Freilegung des Lagers selbst von Zeit zu Zeit, ohne dabei den Motor auseinander zu nehmen, erscheint mir sogar notwendig.

Zu 2, M e c k e. — Nach den Abbildungen zu urteilen, die Herr M e c k e beigegeben hat, scheint er in erster Linie Bahnmotoren zu meinen. Bei Bahnmotoren habe ich aber ausdrücklich eine Ausnahme gemacht, weil solche Motoren stets von fachkundiger Seite nach ganz bestimmten Vor-

Digitized by Google

-einbau zu erreichen, weil die Rollenlager-Innenringe auf der Welle bleiben können. Bei allen Neukonstruktionen setzt sich diese Art des Rollenlagers mehr und mehr durch, und es wird zweifellos dazu kommen, daß in einiger Zeit im Elektromotorenbau ausschließlich diese Lager mit Außenbord verwendet werden. Vorläufig besteht allerdings die Tatsache, daß diese Lager teurer als diejenigen mit Innenborden (Abb. 4) sind. Bei Verwendung größerer Stückzahlen der Außenbordlager ergibt sich aber auch heute schon ein nur geringer Preisunterschied, der meiner Ansicht nach in naher Zukunft völlig verschwinden wird, weil die Außenbordlager sehr bald den Markt beherrschen werden.

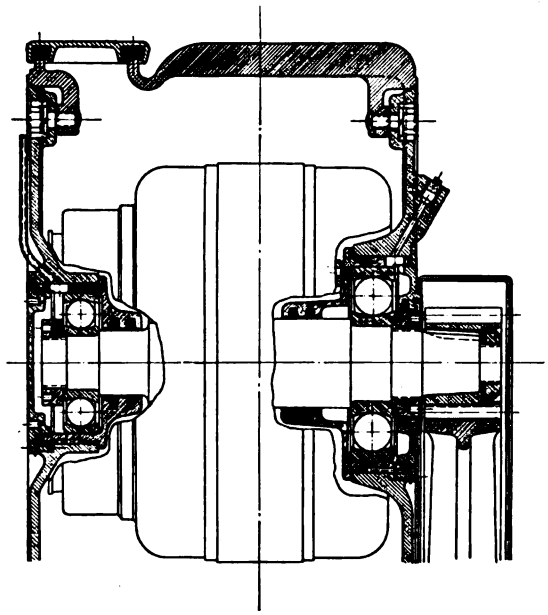


Abb. 2. Grubenmotor mit Kugellagern (Bauart 1918).

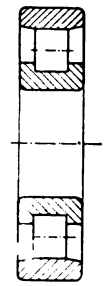


Abb. 3. Rollenlager mit Außenbordring.

Abb. 4. Rollenlager mit Innenbordring.

Ich möchte an dieser Stelle noch darauf hinweisen, daß im Zentralverband der deutschen elektrotechnischen Industrie ein Ausschuß für die Normung der Abmessungen, Toleranzen und Passungen der Kugel- und Rollenlager besteht. Die Arbeiten dieses Ausschusses sind in nächster Zeit abgeschlossen. Die Normblattentwürfe liegen zum großen Teil bereits dem Deutschen Normenausschuß vor.

---

3. **AEG**, Fabriken Brunnenstraße.

Die Begriffe für „Festsitz", „Haftsitz" und „Schiebesitz" sind bereits durch die DI-Normblätter 26, 25 und 24 festgelegt. Hiernach kommt der Festsitz bei Paßteilen zur Anwendung, die unter allen Umständen festsitzen müssen und nur unter Druck zusammengefügt und auseinandergenommen werden können. Haftsitz wird bei Paßteilen angewandt, die gegenseitig festsitzen sollen, aber ohne erheblichen Kraftaufwand mit Handhammer oder Handdornpresse zusammengefügt oder auseinandergenommen werden können. Schiebesitz kommt bei Paßteilen in Frage, die von Hand oder mit Holzhammerschlägen zusammengefügt oder auseinandergenommen werden können.

Von der Anwendung des Haftsitzes an Stelle des Schiebesitzes für den Kugellager-Außenring möchten wir abraten. Außer Schwierigkeiten beim Ein- und Ausbau könnten Verklemmungen im Kugellager auftreten. — Auch wir sind der Ansicht, daß eine Kapselung der Wälzlager unabhängig vom Lagerschild anzustreben ist. Diese Forderung stößt jedoch bei kleineren und mittleren Motoren auf Schwierigkeiten insofern, als der jetzt schon bestehende Preisunterschied zwischen Wälz- und Gleitlagermotoren noch erheblich vergrößert wird, außerdem wird der Zutritt der Kühlluft durch die großen Lagerköpfe bei offenen Motoren ungünstig beeinflußt. Wie man aus Abb. 5, der Zeichnung eines Schildlagers, ersieht, kapselt die AEG die Rollenlager größerer Motoren in einer dem Vorschlag von Unger ähnlichen Weise.

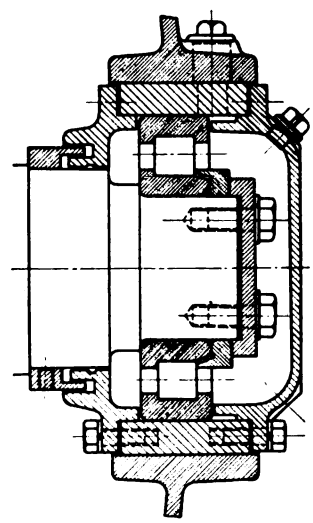


Abb. 5. Rollenlager-Kapselung an einem größeren AEG-Motor.

---

4. Geheimrat Prof. Dr.-Ing. **W. Reichel**, Berlin.

Der Aufsatz von Prof. Dr. Unger enthält m. E. einige beachtenswerte Punkte für Maschinen, die als Massenartikel hergestellt werden, die aber für größere Maschinen weniger ins Gewicht fallen. Ein Grenzgebiet stellen die Bahnmotoren dar, für diese werden Kugellager nicht mehr verwendet. Ausgleichsvorschläge für Verwendungsmöglichkeit von Kugel- oder Rollenlagern kommen also für diese und größere Maschinen auch nicht in Betracht. — Die Abhängigkeit der Toleranzen von den Durchmessern ist durch die DI-Normen 772 ... 775 genügend festgelegt; ebenso sind die Begriffe: Festsitz, Haftsitz und Schiebesitz in DIN 776 ... 778 unter *B* und *W* durch die festgelegten Toleranzmaße hinreichend gekennzeichnet. Wie dieselben zu verwenden sind, ist Sache der Untersuchung im Einzelfall und kann höchstens durch Einzelbeispiele, die als Vergleichsvorbilder dienen können, festgelegt werden, doch kann dies nicht durch Definition geschehen. Bei Motoren, die betriebsmäßig Erschütterungen ausgesetzt sind, wie Bahnmotoren, muß der Innenring so fest sitzen, daß er auch im langen Betrieb sich nicht loshämmert.

Die Forderung der Kapselung spielt bei größeren Maschinen keine besondere Rolle, da deren Anker nur nach aufgetretenen Schäden ausgebaut werden, was ohnedies einer gründlichen Überholung der Maschine gleichkommt, oder der Ausbau erfolgt nach längerer Laufzeit zum Zwecke der Untersuchung der weiteren Betriebsfähigkeit und Nachschmierung der Rollenlager, wozu diese ja gerade geöffnet werden müssen.

Digitized by Google

5. Erste automatische Gußstahl-Kugelfabrik vorm. Friedr. Fischer, Schweinfurt a. M.

Verschiedene Sitzarten des Innen- und Außenringes werden nur durch entsprechendes Bemessen des Zapfens bzw. der Gehäusebohrung erreicht. Die Tolerierung der Zapfen nach DIN 2053, 2054 oder 2055 ergibt selbstverständlich beim Zusammenbau mit den Lagern nicht die für diese Wellenlehren auf den entsprechenden DI-Normblättern für Edelpassung angegebenen Sitzarten (Haftsitz, Schiebesitz, Gleitsitz), weil die Lagerbohrungen nicht nach der zugehörigen Bohrungslehre (DIN 18), sondern nach den vom Normenausschuß im Einvernehmen mit den Wälzlagerfabriken festgelegten Kugellagerabmaßen hergestellt sind. Die Toleranzen der Lagerbohrungen liegen im Gegensatz zur Bohrungslehre für Einheitsbohrung nach DIN unter Null. Von einer Angleichung dieser Werte an die DIN-Passung mußte abgesehen werden, weil Kugellager mit den genannten Abmaßen lange vor Schaffung der DI-Normen in Gebrauch waren und eine Änderung der seitherigen Kugellagertoleranzen zu unübersehbaren Schwierigkeiten bei den Verbrauchern geführt hätte.

Eine andere Definition für die Begriffe Festsitz, Haftsitz und Schiebesitz als die vom Deutschen Normenausschuß für die betreffenden Sitze festgelegte können wir nicht geben. Um Mißverständnissen vorzubeugen, halten wir daran fest, einen Paßsitz nur dann nach einer DIN-Sitzart zu benennen, wenn die Passung sowohl in bezug auf Größe der Toleranz als auch hinsichtlich der Lage der Abmaße zur Nullinie bei beiden Paßteilen den DIN-Werten genau entspricht. Deshalb erachten wir es auch für richtiger, von einem „festen Sitz" des Innenringes auf dem Zapfen als von einem „Festsitz" zu sprechen. Es wird hierdurch vermieden, daß ein und dieselbe Bezeichnung für verschiedene Begriffe gebraucht wird.

---

6. Zentralverband der deutschen elektrotechnischen Industrie, Berlin.

Die Forderung, Wälzlager nur gekapselt zu verwenden, um Beschädigungen beim Ein- und Ausbau zu vermeiden, rechtfertigt sich allenfalls bei Spezialmaschinen. Abgesehen von höheren Gestehungskosten, die auch bei genormten Lagergehäusen bestehen bleiben würden, können sich bei der vorgeschlagenen gekapselten Ausbildung der Wälzlager zusätzliche Ungenauigkeiten ergeben. Es werden nämlich zwei Zentrierungen notwendig, die Zahl der mechanischen Fehlerquellen wird also vermehrt; demgemäß ist diese Ausführung zu verwerfen.

Eine durchgehende Bohrung des Lagerkopfes für den Sitz des Außenringes ist bei Massenfabrikaten anzustreben. Die Erfahrung hat ergeben, daß die Konstruktion nach Abb. 3 oder 4 des Aufsatzes Unger den normalen Anforderungen der Praxis gerecht wird. Bei notwendig werdender Reparatur oder bei Überholung der Maschine ergibt sich sowieso die Notwendigkeit, die Lager gründlich zu reinigen und mit frischem Fett zu versehen, wozu sie ausgebaut werden müssen. Diese Arbeiten werden auch in landwirtschaftlichen Betrieben nach Betriebsvorschriften der Lieferfirmen nicht durch Unkundige ausgeführt, so daß mit einer sachgemäßen Behandlung auch der Lager gerechnet werden kann.

Von der Konstruktion und Größe der Maschinen wird es abhängen, welche Ausführungsform der Lager — Innenbord- oder Außenbordlager — zur Anwendung zu kommen hat. Dem Außenbordlager ist jedoch der Vorzug zu geben, da diese Ausführungsform einen leichten Läufer-Ein- oder -Ausbau gestattet; bei kleinen Maschinen kann das Innenbordlager in Rücksicht auf den z. Z. geringeren Preis vorteilhafter sein. Bedenken wegen Beschädigungen der Lager-Innenringe vor dem Einbau oder nach erfolgtem Ausbau des Läufers können erfahrungsgemäß zurückgestellt werden, zumal geeignete Umhüllungen zu verwenden sind, wie dies ja auch bei Läufern mit Gleitlagern zum Schutz der Lagerstellen bisher schon üblich war. Die Passungen für den Sitz der Rollen- oder Kugellager auf der Welle und im Schild werden so gewählt, daß ein einwandfreies Arbeiten der Lager gewährleistet ist. Die Passungsfrage an dieser Stelle zu erörtern, würde zu weit führen.

Erwiderung von Prof. Dr. techn. **F. Unger.**

Zu 1, Peineke. — Bezüglich der Definition des Festsitzes kann ich nur auf das verweisen, was mir von seiten der SKF-Norma und der Ersten automat. Gußstahl-Kugelfabrik (Nr. 5) auf meine Anfrage mitgeteilt worden ist. Auch ich bin der Meinung, daß eine Lagerhaltung bei sonst gleichen Schildlagern mit nur verschiedener Bohrungstoleranz für das Rollen- und das Kugellager sehr schwierig ist. Diese Schwierigkeit würde durch meinen Vorschlag der besonderen Kapselung der Lager selbst von vornherein behoben sein, weil für den Sitz der Lagergehäuse in den Lagerschilden für beide Seiten die gleiche Bohrungstoleranz vorgeschrieben werden kann.

Meine Forderung, daß es auch für ungeschultes, wenn auch nicht völlig ungeschultes Personal möglich sein muß, das Lagerschild eines Motors ohne Gefährdung der Wälzlager abzunehmen, gilt natürlich nicht für alle Betriebe, denn in vielen größeren Betrieben ist dazu eigenes, besonders geschultes Personal vorhanden. Auch für solches Personal ist es aber kein Vergnügen, ein Lager zu zerlegen, um nachsehen zu können, ob etwa die Verschmutzung im Innern eines Motors so weit fortgeschritten ist, daß eine gründliche Reinigung notwendig wird, oder ob etwa andere Ursachen das Heißwerden des Motors bedingen. Die Entstaubung ist bei neuzeitlichen Motoren meistens zwecklos, weil bereits der gut saugende Ventilator den Staub herausbläst. In vielen Betrieben nicht nur der Landwirtschaft sondern auch der Industrie können aber auch Verschmutzungen vorkommen, die sich durch Staubsaugen nicht entfernen lassen; es handelt sich hier um klebrige Massen. Solche Verschmutzungen können innerhalb weniger Wochen eintreten, an anderen Stellen dauert es wieder Jahre, bis es so weit ist. Man sollte daher doch an der Forderung festhalten, daß ein Motor mit Wälzlagern sich ebenso leicht auseinandernehmen lassen muß wie ein solcher mit Gleitlagern, nur dann wird die allgemeine Einführung der Wälzlager möglich sein. Ich betone besonders, daß ich nicht Reparaturen gemeint habe, die natürlich nur von sachkundiger Seite ausgeführt werden sollen. Auch meiner Erfahrung nach können Wälzlagermotoren, die solchen Verschmutzungen nicht ausgesetzt sind, jahrelang laufen, ohne daß man jemals das Lagerschild abnehmen muß. Man müßte demnach, wenn sich die Herstellung solcher gekapselter Lager wirklich wesentlich teurer stellen sollte, zu zwei Typen übergehen.

Bei dem Vergleich zwischen den Abb. 3 und 4 meines Aufsatzes mit der Abb. 11 gebe ich zu, daß durch die Einpassung des Lagergehäuses in das Lagerschild eine weitere Fehlerquelle in die gesamte Passung hineinkommt. Nur sehe ich bei den außerordentlich geringen Toleranzmaßen, die dabei in Frage kommen, keine Gefahr, wenn nur das Lagergehäuse fest im Lagerschild sitzt und keine Bewegungen darin ausführen kann. Selbst bei Drehstrommotoren, bei denen man die Wälzlager schon mit Rücksicht auf den Luftspalt einführen sollte, würde diese Fehlerquelle sich kaum bemerkbar machen. Ich halte das Auseinanderreißen eines Lagers für weit gefährlicher als diesen Mangel.

Für wesentlich halte in den Einwand, daß die Bauart nach Abb. 11 den Durchmesser des Lagerkopfes vergrößert. Sie ist auch nur für Motoren mit Leistungen von 3,5 kW aufwärts geeignet. Für kleinere Motoren habe ich eine Konstruktion nach Abb. 12 vorgeschlagen, die nur eine geringe Durchmesservergrößerung bedeuten würde. Man kann natürlich diese letztere Konstruktion auch für größere Motoren immer dann verwenden, wenn man in bezug auf die Lüftung Schwierigkeiten bekommen sollte. Vergleicht man Abb. 12 mit Abb. 7, so muß man zugeben, daß die erstere Konstruktion gegenüber der Spulenkonstruktion bedeutende Vorteile aufweist.

Selbstverständlich muß man für das Abdrehen der Kommutatoren oder auch nur für die Reinigung des Lagers den Deckel abnehmen. Den Deckel abnehmen heißt aber noch lange nicht, das Lager auseinanderreißen, wie das z. B. nach Abb. 3 nötig wird. Eine Freilegung des Lagers selbst von Zeit zu Zeit, ohne dabei den Motor auseinander zu nehmen, erscheint mir sogar notwendig.

Zu 2, Mecke. — Nach den Abbildungen zu urteilen, die Herr Mecke beigegeben hat, scheint er in erster Linie Bahnmotoren zu meinen. Bei Bahnmotoren habe ich aber ausdrücklich eine Ausnahme gemacht, weil solche Motoren stets von fachkundiger Seite nach ganz bestimmten Vor-

Digitized by Google

schriften behandelt werden. Der Motor nach Abb. 1 ist eine uralte Ausführung und stellt nur einen Versuch mit untauglichen Mitteln dar. Bei solchen aufklappbaren Motoren muß das Spiel zwischen Motor- und Lagergehäuse größer gehalten werden als bei Flanschpassungen, die Vorteile des Wälzlagers werden durch diese Art der Einpassung wieder aufgehoben. Abb. 2 ist kein Beispiel für ein gekapseltes Lager. Diese Lager können nicht gekapselt ausgebaut werden, man braucht sie nur nicht zu zerreißen. Im übrigen verwendet man längst keine Kugellager mehr für Bahnmotoren.

Was Herr Mecke über die Vorteile der Außenbordlager sagt, unterschreibe ich ohne weiteres; den Hauptvorteil hat er allerdings nicht erwähnt, daß nämlich die Rollen im Lagerschild bleiben, also viel besser geschützt sind als wenn sie sich auf der Ankerwelle befinden. Aus diesem Grunde ist auch die Verwendung von Außenbordlagern bei Bahnmotoren (wie z. B. nach Abb. 6 meines Aufsatzes) den Innenbordlagern vorzuziehen.

Zu 3, AEG. — Ich freue mich, feststellen zu können, daß die AEG bereits gekapselte Lager in einzelnen Fällen verwendet hat. Da die AEG nichts Nachteiliges darüber aussagt, so nehme ich an, daß sich diese Art der Kapselung bewährt hat. Die Schwierigkeiten betreffend Preisunterschied und Zwischentritt der Kühlluft muß ich in beschränktem Maße anerkennen. Ich bin schon in meiner Erwiderung zu Nr. 1 darauf eingegangen.

Zu 4, Reichel. — Auch ich bin der Meinung, daß bei großen Maschinen die Kapselung der Lager in den meisten Fällen nicht unbedingt erforderlich ist, weil für die Wartung solcher Maschinen fast immer geschultes Personal vorhanden ist. Die Festlegung der Grenze für die Maschinengröße möchte ich den ausführenden Firmen überlassen.

Zu 5, Erste automatische Gußstahl-Kugelfabrik. — Auch ich kann mich der Ansicht nur anschließen, daß entsprechend der Einheitsnormung nach DIN unter Festsitz etwas anderes verstanden wird als man unter Festsitz eines Wälzlagerringes versteht, und ich möchte daher auch den Vorschlag, den auch Herr Peineke gemacht hat, unterstützen, an Stelle der Bezeichnung „Festsitz" die Bezeichnung „fester Sitz" zu gebrauchen.

Unter anderem wird darauf hingewiesen, daß auch das Herausnehmen des blanken Zapfens aus dem Gleitlager eine Zerlegung bedeute. Auch ich bin der Meinung, daß die Gefahr einer Verletzung durch Stoß o. dgl. sowohl bei Zapfen als auch bei Laufringen verhältnismäßig gering ist, nur übersieht man vor dem Einsetzen bei Gleitlagern sofort, ob der Zapfen blank ist, und kann ihn leicht reinigen, während bei den vielen Teilen eines Wälzlagers eine Verschmutzung oder Versandung während der Zeit des Ausbaues sehr leicht möglich und eine diesbezügliche Kontrolle außerordentlich schwierig ist.

Bei Straßenbahnmotoren ergeben sich durch die Zerlegbarkeit der Rollenlager in der Längsrichtung erhebliche Vorteile im Ein- und Ausbau. Ich habe in Abb. 6 selbst eine solche neuzeitliche Wälzlagerung eines Straßenbahnmotors gezeigt. Ob diese Art des Ein- und Ausbaues in einigen Jahren nicht anderen, vielleicht auch wieder gekapselten Konstruktionen weichen wird, läßt sich heute schwer übersehen.

Des weiteren wurde ich darauf aufmerksam gemacht, daß es sich in meiner Abb. 1 um die Einbauweise der Kugellager für Kleinmotoren handele. Es wäre auch meiner Ansicht nach hart, bei ganz kleinen Motoren, deren Herstellungskosten außerordentlich gering sein müssen, so strenge Forderungen zu stellen wie bei mittleren Maschinen.

In meiner Abb. 2 ist versehentlich beim Umzeichnen das links befindliche Lager durch Doppelstriche fehlerhaft als Loslager dargestellt. Aus der Beschreibung der Abbildung geht hervor, daß es ein Festlager sein soll, mithin ist die Darstellung des Spieles fehlerhaft. Bei der Beschreibung der Abb. 4 ist versehentlich darauf hingewiesen worden, daß der Ausbau ebenso erfolge wie in Abb. 3. Die Ankerwelle kann in Abb. 4 nur nach rechts herausgezogen werden. Auch der Zentrierrand des rechten inneren Lagerdeckels müßte zweckmäßig gleich dem Außendurchmesser des Rollenlagers gemacht werden.

Zu 6, Zentralverband. — Zur Frage der höheren Gestehungskosten habe ich bereits unter Nr. 1 gesagt, daß ich noch bezweifle, ob sie wirklich höher werden. Immerhin würde man wohl einen kleinen Preisunterschied als tragbar ansehen können, wenn damit Betriebsicherheit und Ausbaufähigkeit wesentlich verbessert werden. — Über die zusätzlichen Ungenauigkeiten habe ich mich schon zu Nr. 1 ausgesprochen. Allerdings wird die Zahl der Fehlerquellen vermehrt, doch ist zu bedenken, daß es sich um außerordentlich geringe Maße handelt und daß jede elektrische Maschine Luftspaltverschiedenheiten von mehreren Prozent ohne irgendwelche Nachteile verträgt. Wenn mein Vorschlag verwerflich wäre, so würden wohl auch die Wälzlagerfirmen dagegen Stellung genommen haben. Aus vorliegenden Erörterungen ist aber zu ersehen, daß gerade die Wälzlagerfirmen eine solche getrennte Kapselung der Lager begrüßen. Mit demselben Recht kann man auch die sog. Spulenkonstruktion (Abb. 7 meines Aufsatzes), die doch längst ausgeführt wird, als verwerflich bezeichnen.

Wenn die Erfahrung wirklich ergeben hat, daß die Konstruktion nach Abb. 3 oder 4 den normalen Anforderungen der Praxis genügt, dann ist das höchstens ein Beweis für die Güte der Wälzlager selbst, nicht aber dafür, daß jeglicher Versuch einer Verbesserung zu verdammen sei. Ich kann nicht einsehen, warum man die Lager, wenn man sie reinigen und neu einfetten will, auseinanderreißen muß. Im allgemeinen genügt doch wohl das Öffnen des Lagerdeckels, um die Reinigung vorzunehmen und etwaige Schäden festzustellen. Betriebsvorschriften der Lieferfirmen nützen nur so lange, als Fachleute sie in die Hände bekommen, was leider vielfach bei der Verwendung der Motoren nicht der Fall ist. Ich habe in meinem Aufsatz nur die besten Lagerkonstruktionen gebracht; es gibt Lagerkonstruktionen, bei denen auch ein tüchtiger Meister stundenlang rätseln muß, bis er sie unbeschädigt aus- und einbauen kann.

Was nun die geeigneten Umhüllungen betrifft, die man beim Aus- und Einbau des Läufers verwenden soll, so werden solche Schutzhüllen allerdings bei Bahnmotoren verwendet. Es mag sein, daß auch für andere Motoren in großen Fabriken solche Schutzhüllen vorhanden sind, allgemein eingeführt sind sie jedenfalls nicht und werden es auch nie werden, da sie im geeigneten Moment bestimmt nicht zur Stelle sind.

Deutschlands Elektroaußenhandel im Rahmen des Welt-Elektroaußenhandels*.

Von Dr.-Ing. **G. Becker**, Berlin.

Die Weltausfuhr an elektrotechnischen Erzeugnissen ist, wie Zahlentafel 1 erkennen läßt, von rd. 1840 Mill RM 1928 auf rd. 2250 Mill RM im Jahr 1929, d. i. um 22 % gestiegen. Den stärksten Zuwachs weisen die Niederlande mit 93 % auf, dann folgen die V. S. Amerika mit 35 %, die Tschechoslowakei mit 29 %, Italien und Ungarn mit je 25 % und Deutschland mit 19 % (von 536.1 auf 637,1 Mill RM). Deutschlands Zuwachs ist also nicht nur hinter dem der V. S. Amerika, seines Hauptkonkurrenten, erheblich zurückgeblieben, sondern hat nicht einmal den durchschnittlichen Zuwachs von 22 % erreicht. Der außerordentliche Anstieg der amerikanischen Ausfuhr[1] hat zwei Hauptgründe. Erstens stehen der amerikanischen Elektroindustrie unbegrenzte Kapitalmengen zur Verfügung, die gestatten, in viel größerem Maß als es Deutschland möglich ist die Elektrisierung des Auslandes durch Gewährung langfristiger Kredite und günstiger Zahlungsbedingungen zu finanzieren. Zweitens können die Amerikaner das Ausland zu sehr niedrigen Preisen beliefern, da sie, geschützt durch Prohibitivzölle[2], auf ihrem ungeheuer großen Inlandsmarkt ein hohes Preisniveau aufrechtzuerhalten in der Lage sind, das etwaige Ausfälle im Ausfuhrgeschäft deckt.

Der Welt-Elektroausfuhr entspricht die Welt-Elektroeinfuhr, deren Verteilung nach Ländern und Erdteilen in Abb. 1 dargestellt ist. Da für 1929 bei den meisten Ländern noch keine verläßlichen Zahlen zu erhalten sind, mußte das Jahr 1928 gewählt werden. Die Gesamtsumme

* Vgl. ETZ 1929, S. 1149.

[1] Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, daß in die amerikanische Elektroausfuhr eine Anzahl von Waren eingerechnet ist, die in der deutschen Elektroausfuhr nicht enthalten sind, so z. B. Haushaltmaschinen, insbesondere Staubsauger, ferner Elektroglas u. a.

[2] Durch die kürzlich in Kraft gesetzte amerikanische Zollnovelle sind die amerikanischen Zölle auf Elektromaterial z. T. noch weiter erhöht worden.

Digitized by Google

der Welt-Elektroeinfuhr gemäß Abb. 1 ist etwas (um rd. 10 %) kleiner als die der Welt-Elektroausfuhr gemäß Zahlentafel 1, da sich nicht alle Länder restlos erfassen lassen. Ferner ist zu bedenken, daß die Statistiken der verschiedenen Länder, wie bereits am Beispiel der V. S. Amerika erläutert, bezüglich des Umfanges des Abschnittes „Elektrotechnik" nicht genau übereinstimmen. Daher kann die Darstellung keinen Anspruch auf absolute Genauigkeit machen, sondern soll nur ein ungefähres Bild der Größenverhältnisse geben.

1. Elektroausfuhr der wichtigeren Ausfuhrländer.

Ausfuhrland	1928 Mill RM	1929 Mill RM	Zuwachs %
Deutschland	536,1	637,1	19
V. S. Amerika	465,1	628,4	35
Großbritannien	373,5	398,4	7
Niederlande	105,8	204,3	93
Schweden	81,7	80,8	— 1
Frankreich	69	74,6	8
Schweiz	66,2	73,9	12
Österreich	41,8	41,8[1]	—
Belgien	38,5	rd. 36,7[2]	— 5
Tschechoslowakei	17	rd. 22[3]	29
Japan	18,5	18,5[1]	—
Italien	15,9	19,9	25
Ungarn	13,6	17,1	25
Insgesamt	1842,7	2253,5	22

[1] Wert von 1928 eingesetzt, da keine Unterlagen für 1929 vorhanden.
[2] Vom Gewicht auf Wert geschlossen.
[3] Geschätzter Wert.

Wie ohne weiteres ersichtlich, entfällt etwa die Hälfte der gesamten Welt-Elektroeinfuhr allein auf Europa; in die andere Hälfte teilen sich alle übrigen vier Erdteile. Unter den europäischen Ländern weisen die größte Einfuhr — im Werte von mehr als 100 Mill RM — Großbritannien und Rußland auf, dann folgen die Niederlande und Frankreich und in ziemlich weiten Abständen die übrigen Länder. In Amerika stehen Kanada und Argentinien allen anderen Einfuhrländern weit voran. Ein sehr bedeutender Absatzmarkt ist Australien mit mehr als 140 Mill RM Einfuhr. Unter den asiatischen Ländern steht Britisch-Indien weitaus an erster Stelle. In Afrika ist eigentlich nur die Südafrikanische Union für den Absatz von Bedeutung.

Aus der Abb. 1 ist auch ersichtlich, in welchem Maße die drei Haupt-Elektroexporteure — Deutschland, V. S. Amerika und Großbritannien — an der Belieferung der einzelnen Länder beteiligt sind. In Europa steht Deutschland an erster Stelle, in Amerika die Union, in Australien, Asien und Afrika Großbritannien. Die genauen prozentualen Anteile der genannten drei Ausfuhrländer an der Belieferung der fünf Erdteile sind in Zahlentafel 2 dargestellt. Man erkennt leicht, daß Deutschlands Elektroausfuhr in den außereuropäischen Erdteilen leider eine recht bescheidene Rolle spielt.

blieben wie im Vorjahr. Die Erzeugnisse der Fernmeldetechnik, d. s. Fernsprecher und Telegraphen, Vorrichtungen für drahtlose Telephonie und Telegraphie sowie

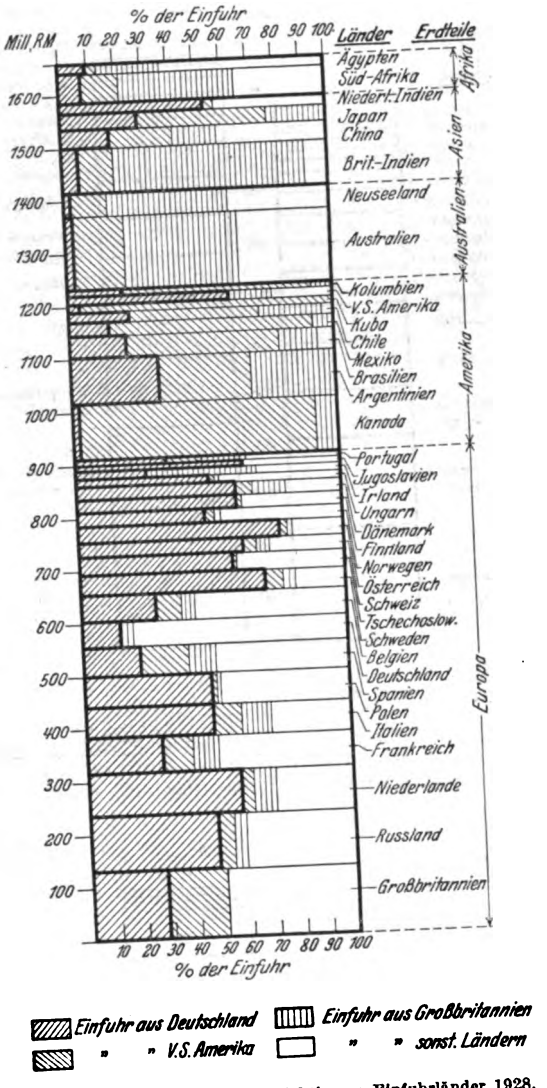


Abb. 1. Elektroeinfuhr der wichtigeren Einfuhrländer 1928.

Sicherungs- und Signalapparate, konnten ihren Anteil an der Gesamtausfuhr ebenso wie in früheren Jahren wieder um einige Prozent verbessern. Im übrigen ist ein be-

2. Elektroeinfuhr nach Erdteilen 1928.

Erdteil	insgesamt Mill RM	davon aus: Deutschland Mill RM	%	V. S. Amerika Mill RM	%	Großbritannien Mill RM	%	sonst. Ländern Mill RM	%
Europa	911,6	386,4	42,4	87,6	9,6	50,3	5,5	387,3	42,5
Amerika	319,6	57,2	18,0	203,1	63,5	53,0	16,6	6,3	1,9
Australien	192,9	3,8	2,0	34,6	17,9	87,3	45,3	67,2	34,8
Asien	165,8	29,9	18,0	34,5	21,0	71,6	43,0	29,8	18,0
Afrika	70,4	5,9	8,4	8,9	12,6	27,3	38,8	28,3	40,2
Summe	1160,3	483,2	29,2	368,7	22,2	289,5	17,4	518,9	31,2

Die Verteilung der deutschen elektrotechnischen Ausfuhr, u. zw. zunächst nach Warengruppen, im Jahre 1929 im Vergleich mit dem Vorjahr zeigt Abb. 2. Den ersten Platz nimmt wieder die Gruppe Vorrichtungen für Beleuchtung und Kraftübertragung (d. s. in der Hauptsache Starkstromapparate) ein; gleich danach folgen Maschinen und Transformatoren und in ziemlich weiten Abständen die übrigen Gruppen. Die Reihenfolge der Gruppen ist annähernd die gleiche gesonders starkes prozentuales Ansteigen oder Zurückbleiben irgendeiner Gruppe nicht feststellbar.

Die Verteilung der Ausfuhr nach Bestimmungsländern im Vergleich mit dem Vorjahr zeigt Abb. 3. In der Reihenfolge der Länder sind verschiedene Änderungen eingetreten. Am auffälligsten ist, daß Rußland vom 1. auf den 9. Platz gesunken ist. Der Grund hierfür ist außer im Fehlen großer deutscher Kredite wohl z. T. darin zu finden, daß Rußland die eigene

Digitized by Google

Elektroproduktion inzwischen nicht unerheblich vermehrt und infolgedessen die Einfuhr eingeschränkt hat. Nächstdem ist bemerkenswert, daß Frankreich seine Elektroeinfuhr aus Deutschland verdoppelt hat und vom 9. auf den 3. Platz aufgerückt ist. Dies hat seinen Grund darin, daß der Wert der deutschen Reparationslieferungen nach

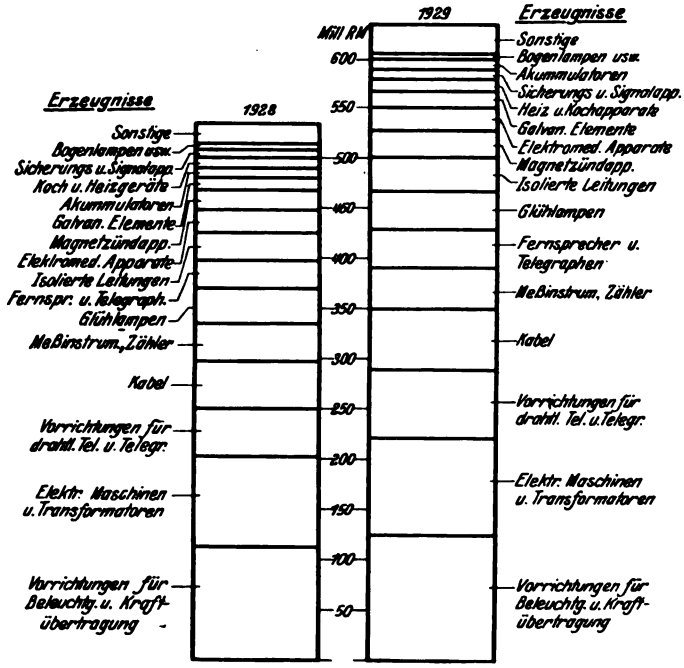


Abb. 2. Deutschlands Elektroausfuhr nach Erzeugnissen.

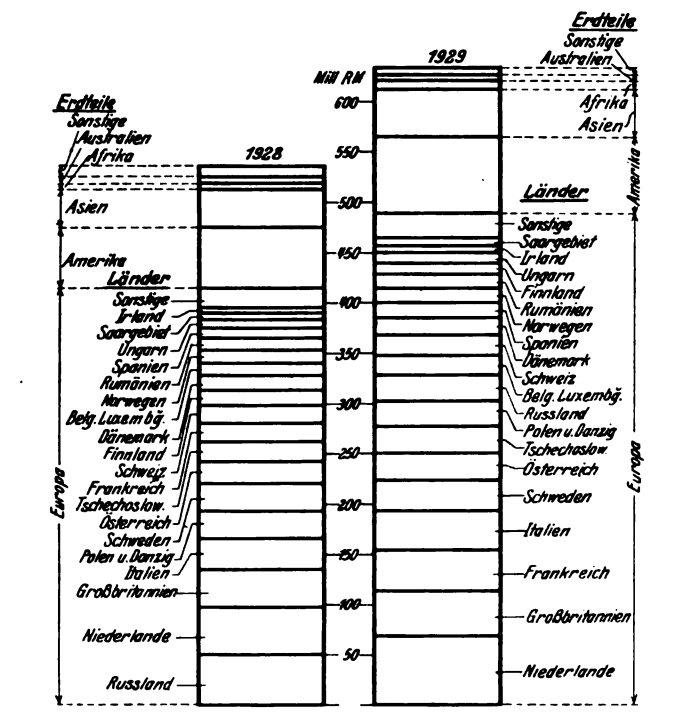


Abb. 3. Deutschlands Elektroausfuhr nach Ländern.

Frankreich 1929 außerordentlich hoch war (25.1 Mill RM). Eine mehr als durchschnittliche Einfuhrsteigerung weisen ferner die Niederlande, Österreich, die Tschechoslowakei, Belgien, Spanien und Irland auf. Ein Rückgang ist außer bei Rußland noch bei Polen und bei Finnland festzustellen. Die außereuropäischen Länder haben annähernd den gleich geringen Anteil an der gesamten deutschen Elektroausfuhr wie im Vorjahr, nämlich nur etwas mehr als ein Fünftel.

Einen Vergleich der Elektroausfuhr Deutschlands im 1. Vierteljahr 1930 mit derjenigen im 1. Vierteljahr 1929 sowie mit der Ausfuhr der Hauptkonkurrenzländer, V. S. Amerika und Großbritannien, bringt Zahlentafel 3. Wie ersichtlich, ist bei allen drei Ländern eine kleine Steigerung bemerkbar.

3. Elektroausfuhr im 1. Vierteljahr 1930.

	1929 Mill RM	1930 Mill RM
Deutschland	144,3	163,9
V. S. Amerika	149,4	155,7
Großbritannien	90,7	101,9

Deutschlands Einfuhr an elektrotechnischen Erzeugnissen ist von 49,1 Mill RM 1928 auf 53,6 Mill RM 1929, also um 10 % gestiegen. Die Verteilung der deutschen elektrotechnischen Einfuhr nach Erzeugnissen und Herkunftsländern zeigen die Abb. 4 u. 5.

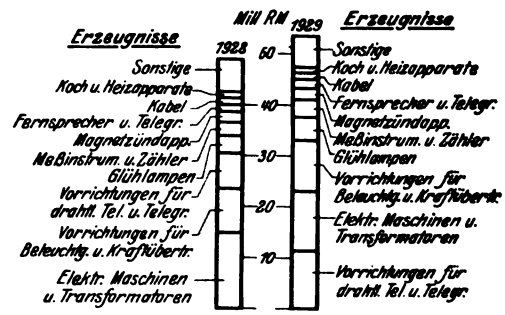


Abb. 4. Deutschlands Elektroeinfuhr nach Erzeugnissen.

Haupteinfuhrwaren sind Maschinen und Transformatoren, Vorrichtungen für drahtlose Telephonie und Telegraphie und Vorrichtungen für Beleuchtung und Kraftübertragung (Starkstromapparate). Die hauptsächlichsten Bezugsländer sind die Niederlande, die V. S. Amerika und die Schweiz.

Das wenn auch noch nicht unmittelbar bedrohliche, so doch nicht unbedenkliche Anwachsen der deutschen Elektroeinfuhr ist, wie schon früher erwähnt[3], zum großen Teil auf den mangelhaften Zollschutz der deutschen Elektroindustrie zurückzuführen. In der kleinen Zollnovelle von 1925 haben die Wünsche der Elektroindustrie auf Erhöhung der damals minimalen deutschen Einfuhrzölle auf elektrotechnische Erzeugnisse nur in höchst unzulänglichem Maße Berücksichtigung gefunden. Sodann sind diese niedrigen deutschen Zölle bei verschiedenen Handelsverträgen teilweise noch weiter herabgesetzt worden, ohne daß die Elektroindustrie etwas dagegen tun konnte. So hat die deutsche Elektroindustrie die Kompensation für die anderen Wirtschaftszweigen zugute kommenden Zugeständnisse des Auslandes tragen müssen.

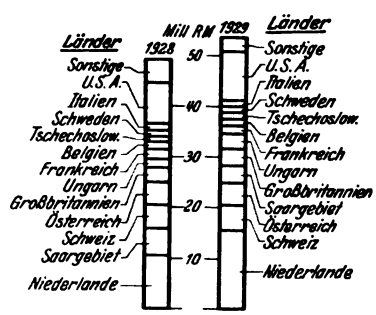


Abb. 5. Deutschlands Elektroeinfuhr nach Ländern.

[3] Vgl. ETZ 1929, S. 1150.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Apparate.

Prüfmuffe für Blitzschutz- und Erdungsanlagen. — Die in Abb. 1 dargestellte Prüfmuffe für Blitzableiter- und Erdungsanlagen besteht aus 2 Teilen. Der oben an der Erdleitung festgeklemmte Teil sitzt mittels Konus auf dem unteren Teil, an dem sowohl die Bodenleitung als auch das Schutzrohr befestigt ist. Durch die Konstruktion wird verhindert, daß sich Regenwasser in dem Schutzrohr ansammeln und infolge von Verunreinigungen und chemischen Substanzen aus dem Erdboden das Leitungseil angreifen kann. Weiter soll die gut leitende Verbindung zwischen dem durchgehenden Leitungseil und dem eisernen Schutzrohr die bei vielen Blitzschlägen beobachtete Drosselwirkung verhindern und so die Entladung oder sonstige Überspannung sicher zur Erde ableiten. Stellt doch das Vorhandensein des eisernen Schutzrohres für die hindurchgehende Entladung eine Selbstinduktionsschleife dar, die infolge der drosselnden Wirkung der EMK der Selbstinduktion bzw. des Selbstinduktionstromes der Blitzentladung einen ganz erheblichen Widerstand entgegensetzt. Abb. 2 stellt die neue Prüfmuffe in Verbindung mit einer Dachschlauch-Anschlußschelle dar. Hierdurch ist es möglich, auch den Dachschlauch in zuverlässiger Weise mit der Erdleitung zu verbinden. Zum Zwecke der Prüfung ist leicht eine Trennung aller Teile möglich. Soll lediglich der Dachschlauch als Ableitung benutzt werden, so kann auch in diesem Falle die neue Prüfmuffe mit Vorteil Verwendung finden. Es wird dann anstatt des oberen Anschlußstückes eine Verschlußmutter aufgeschraubt (Abb. 1 rechts). Die hier beschriebene neue Prüfmuffe wird hergestellt von der Firma Dehn & Haußner, Nürnberg. *Lbr.*

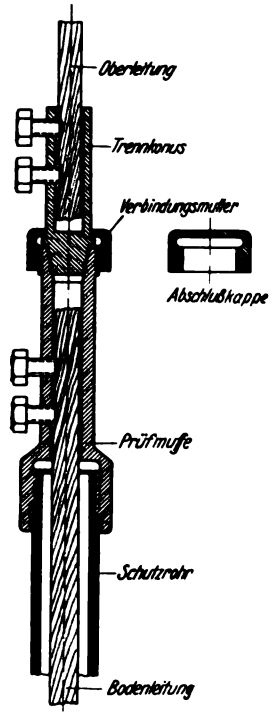


Abb. 1. Prüfmuffe im Schnitt.

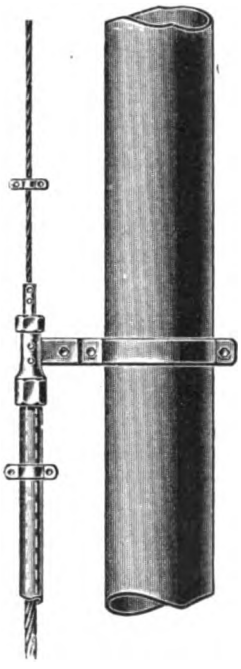


Abb. 2. Prüfmuffe mit Dachschlauchanschluß.

Meßgeräte und Meßverfahren.

Leistungsverstärker für Meßzwecke. — Die bei Spannungsmessung mit Millivoltmetern auftretenden Fehlerquellen werden vermieden, wenn direkt die elektromotorischen Kräfte gemessen werden. Dies ist mit einem von Schützler beschriebenen Proportional-Leistungsverstärker möglich, mit dem außerdem eine rd. 300 000fache Leistungsverstärkung erreicht werden kann, so daß es möglich ist, Spannungen, deren technische Messung schon Schwierigkeiten machen würde, mit Tintenschreibern zu registrieren und fernzuleiten. In Abb. 3 ist der Verstärker schematisch dargestellt. Eine Wheatstonesche Brücke *1*, bestehend aus vier dünnen Nickeldrahtwendeln *9* ... *12*, die durch einen kleinen Trockenplatten-Gleichrichter auf etwa 300 ° geheizt werden, ist in einem Behälter über vier parallelen Schlitzen *3*, die sich im Boden des Behälters befinden, angeordnet. Durch die Erwärmung der Luft treten durch die Schlitze Luftstrahlen, die durch die Wendeln noch ziemlich geschlossen hindurchströmen und eine Kühlwirkung ausüben, die noch verstärkt wird, wenn über den Wendeln ein Rohr angeordnet wird, das eine Schornsteinwirkung ausübt. Durch einen zwischen die Wendeln und die Schlitze gebrachten Schirm *2* ist man nun in der Lage, ohne Kraftaufwand die Luftstrahlen mehr oder weniger abzuschirmen und dadurch eine mehr oder weniger große Kühlwirkung auszuüben. Wenn der Schirm die Luftstrahlen von zwei gegenüberliegenden Zweigen der Brücke abschirmt, die anderen beiden frei durchläßt, so werden sich die ersteren stärker erwärmen, während sich die letzteren stärker abkühlen werden.

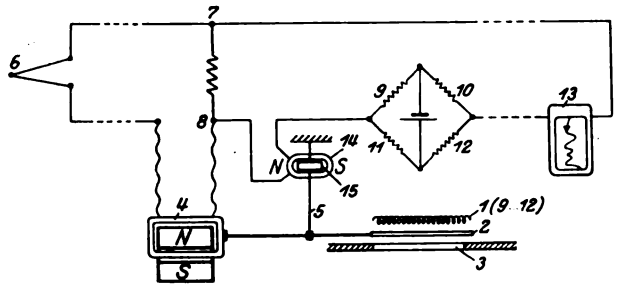


Abb. 3. Schema des Leistungsverstärkers für Meßanordnungen.

Der Schirm *2* befindet sich an einem Ende eines horizontal angeordneten zweiarmigen Hebels, an dessen anderem Ende eine Spule *4* sitzt, die sich im Felde des permanenten Magneten *NS* befindet. Der Hebel ist an einem Torsionsdraht *5* aufgehängt. Die Bewegungsrichtung des Schirmes und der Spule ist demnach senkrecht zur Papierebene. Obgleich die Bewegung des Schirmes nur wenige Millimeter beträgt, so daß der Aufhängedraht nur um rd. 3 ° tordiert wird, würde die hierzu erforderliche elektrische Leistung doch schon zu groß sein. Weiter unten wird beschrieben werden, durch welches Mittel die Torsionskraft kompensiert wird.

Es sind in der Abb. 3 zwei geschlossene Stromkreise zu erkennen. Einmal der, in dem die zu messende EMK liegt, z. B. das Thermoelement *6*, von dem eine beliebig lange Leitung zum Verstärker führt, wo der Stromkreis durch die in dem Felde des permanenten Magneten *NS* bewegliche Spule *4* und den Shunt *7* ... *8* geschlossen ist. Letzterer bildet gleichzeitig einen Teil des zweiten Stromkreises, der innerhalb des Verstärkers durch die Wheatstonesche Brücke mit den Zweigen *9* ... *12*, ferner durch das Solenoid *14* und außerhalb des Verstärkers durch ein Registrierinstrument *13* o. dgl. gebildet ist; letzteres kann ebenfalls durch eine längere Leitung mit dem Verstärker verbunden sein. Soll jetzt die EMK z. B. des Thermoelementes gemessen werden, so spielt sich folgender Vorgang ab: Die Spule *4* möge durch den Strom des Thermoelementes nach vorn bewegt werden. Hierdurch werden die Wendeln *9* und *12* wärmer, *10* und *11* kälter; es kommt ein Brückenstrom zustande, der so lange ansteigen muß, bis der Spannungsabfall am Shunt gleich der EMK des Thermoelementes ist. Mit Erreichen dieses Zustandes muß die weitere Bewegung der Spule *4* aufhören, weil ja nun der Stromkreis *4—6—7—8* stromlos ist; infolgedessen ist auch kein Spannungsabfall *IR* in der Leitung vorhanden, die vom Thermoelement zum Verstärker führt, sie kann also beliebig lang sein, was für eine Fernübertragung von großem Wert ist.

Für das eben Gesagte galt die Voraussetzung, daß die Spule mit dem Schirm kräftefrei in jeder Stellung, Nullstellung oder Endstellung, verharrt. Dieser Zustand kann nur erreicht werden, wenn die Torsionskraft des Aufhängedrahtes kompensiert wird. Hierzu dient der kleine permanente Magnet *15*, der nicht weit vom oberen Ende des

Digitized by Google

Torsionsdrahtes befestigt ist. Dicht vor ihm ist das Solenoid *14* angeordnet, das vom Brückenstrom durchflossen wird. Proportional mit der Größe des Brückenstromes wächst das durch das Solenoid auf den Magneten ausgeübte Drehmoment, das der Torsionskraft des Aufhängedrahtes entgegenwirkt und sie vollständig kompensiert. Das ganze System besitzt demnach überhaupt keine Richtkraft. Die Voraussetzung für die beschriebene Wirkungsweise ist demnach auf einfachste und zuverlässigste Weise erfüllt.

In der Arbeit von Schützler sind zwei Kurven wiedergegeben, die mit dem Gerät aufgenommen sind. Das Verhältnis Steuerleistung zu Verstärkerleistung ist rd. $1 : 10^{12}$. Hauptanwendungsgebiete sind die elektrische Temperaturmessung, die elektrische Fernübertragung und die Verwendung als Relais, besonders dort, wo bisher infolge zu schwacher Kräfte Kontaktrelais nicht mehr betriebsicher genug betätigt werden konnten. (G. Schützler †, Meßtechnik 1929, H. 10.) *Sb.*

Fernmeldetechnik.

Das Fernkabel Emden—Groningen. — Das Kabel ist von der AEG geliefert und auf der deutschen Strecke von der Deutschen Fernkabelgesellschaft, auf der holländischen von der AEG eingebaut worden. Den Kabelaufbau und die elektrischen Eigenschaften zeigt folgende Tafel:

Leiter				Induktivität		Wellenwiderstand Z_0		Dämpfung für 1 km		Grenzfrequenz f_0	
Zahl	Art	Drahtstärke mm	Verseilung	Stamm mH	Vierer mH	Stamm Ω	Vierer Ω	Stamm-Neper	Vierer-Neper	Stamm Hz	Vierer Hz
I	Kernvierer	1,03	DM	140	12	1570	360	0,015	0,035	3500	9900
8	Vierer	1,6	Stern	155	—	1600	—	0,0074	—	3270	—
II	„	1,03	„	155	—	1600	—	0,015	—	3300	—
8	„	1,03	„	132	—	750	—	0,0032	—	7200	—

Der Ausgleich wurde in der Weise durchgeführt, daß im Viererseil durch Kreuzen der Adern die Stamm-Viererkopplungen (K_2, K_3) klein gemacht und dann mit Einschalten nur eines Kondensators K_1 bis auf den Rest von 10 µµF ausgeglichen wurde. Die erreichten Nebensprech-Mittelwerte, mit Sprache gemessen, sind:

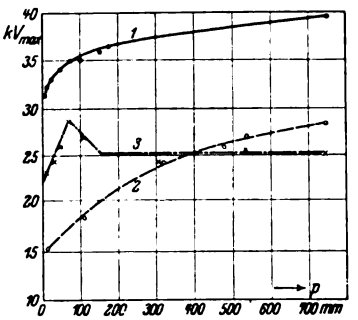
	Vierer 1,6 mm	Vierer 1,03 mm	
		stark bespult	schwach bespult
	Neper	Neper	
Übersprechen	10,1	10,2	10,7
Gegen-Übersprechen	10,7	10,7	11,5

Das Kabel ist im Juli 1929 in Betrieb genommen worden. (A. Mentz, Europ. Fernspr. 1930, H. 16, S. 91.) *Bkm.*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

Durchschlag von flüssigen Isolatoren. — Für eine Reihe von dielektrischen Flüssigkeiten wird die Abhängigkeit der Durchschlagspannung von der Temperatur und dem Druck bei verschiedenen Spannungsarten untersucht. Die Ergebnisse sind folgende:

1. Transformatoröl. Das Öl wurde vor den Messungen bei 105° während 5...10 h ausgekocht und darauf durch ein Glasfilter direkt in das Prüfgefäß einfiltriert. Die Abhängigkeit der Durchschlagspannung vom Druck, die sich für das Öl bei Zimmertemperatur ergab, ist in Abb. 4 gezeigt. Die Kurve *1* entspricht Wechselspannung von 50 Hz, die Kurve *2* Gleichspannung, die dritte Kurve Stoßspannungen von $2 \cdot 10^{-6}$ s Dauer. Bei Temperaturerhöhung ändert sich das Aussehen der Kurven, die Gleich- und Wechselspannung entsprechen, nur unwesentlich, auf der den Stoßspannungen entsprechenden Kurve verschwindet oberhalb 60° der „Buckel". Die Abhängigkeit der Durchschlagspannung von der Temperatur ist durch Abb. 5 gegeben, wobei die Kurve *1* Wechselspannung und die Kurve *2* Gleichspannung, beide dem Atmosphärendruck entsprechen. Die Durchschlagspannungen wachsen in allen Fällen proportional der Schichtdicke an. Bei Zimmertemperatur und Atmosphärendruck ergaben sich für das Öl folgende Durchschlagfeldstärken:

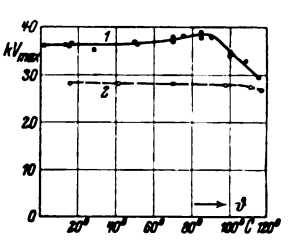


1 Wechselspannung, Elektrodenabstand δ = 0,75 mm
2 Gleichspannung, δ = 0,75 mm
3 Stoßspannung, δ = 0,3 mm

Abb. 4. Abhängigkeit der Durchschlagspannung vom Druck für Transformatoröl.

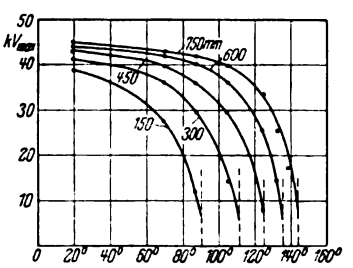
Wechselspannung	480 kVm/cm
Gleichspannung	370 „
Stoßspannung	830 „

2. Xylol und Hexan. Diese Flüssigkeiten wurden vor den Versuchen überdestilliert und durch ein Glasfilter filtriert. Die Abhängigkeit der Durchschlagspannung vom Druck, die sich für das Xylol bei verschiedenen Temperaturen ergab, ist in Abb. 6 für Wechselspannung und in Abb. 7 für Gleichspannung wiedergegeben. Durch senkrechte gestrichelte Geraden sind dabei die Temperaturen bezeichnet, bei denen die Flüssigkeit bei den den verschiedenen Kurven entsprechenden Drucken siedete. Bei der Annäherung an den Siedepunkt fallen die Kurven zuerst langsam, dann immer schneller ab. Ebensolche Kurven ergeben sich auch für das Hexan. Bei Stoßspannungen läßt sich im Fall von Hexan und Xylol überhaupt keine Abhängigkeit der Durchschlagspannung von der Temperatur oder von dem Druck bemerken. Nur in der siedenden Flüssigkeit erweist sich die dielektrische Festigkeit der Flüssigkeit als bedeutend verkleinert.



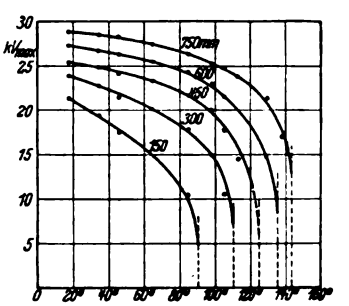
1 Wechselspannung
2 Gleichspannung
} δ = 0,75 mm

Abb. 5. Abhängigkeit der Durchschlagspannung von der Temperatur für Transformatoröl.



Wechselspannung, δ = 0,75 mm Kugelelektroden

Abb. 6. Abhängigkeit der Durchschlagspannung von der Temperatur bei verschiedenen Drücken für Xylol.



Gleichspannung, δ = 0,75 mm Kugelelektroden

Abb. 7. Xylol, wie Abb. 6.

Die mittleren Werte der Durchschlagfeldstärken, die im Fall von Xylol und Hexan bei Zimmertemperatur und Atmosphärendruck beobachtet wurden, waren folgende:

	Xylol	Hexan
Wechselspannung	600 kVmax/cm	425 kVmax/cm
Gleichspannung	380 „	370 „
Stoßspannung	650 „	650 „

Digitized by Google

Bei einem sorgfältig entgasten Xylol scheint die Abhängigkeit der Durchschlagspannung vom Druck bei Zimmertemperatur auszubleiben. Die Durchschlagspannungen wachsen überall proportional der Schichtdicke an.

Die Gesetzmäßigkeiten, die sich für Xylol und Hexan bei den Stoßspannungen ergeben, nämlich eine Unabhängigkeit der Durchschlagspannung von der Temperatur und dem Druck, machen es sehr wahrscheinlich, daß der Durchschlag hier durch eine im flüssigen Medium eintretende Stoßionisation hervorgerufen wird. Bei dauernder Beanspruchung ist der Mechanismus des Durchschlags entschieden ein anderer. Aus dem Aussehen der Kurven Abb. 6 und 7 läßt sich mit Bestimmtheit folgern, daß hier der Durchschlag mit dem Sieden der Flüssigkeit in Zusammenhang gebracht werden muß. Die Versuche mit der entgasten Flüssigkeit zeigen, daß dabei die in den Flüssigkeiten gelösten Gasblasen eine wichtige Rolle spielen. Wahrscheinlich handelt es sich dabei um einen eigenartigen wärmeelektrischen Durchschlag, ähnlich, wie ihn Güntherschulze[1] beschrieben hat, nur daß sich hier keine Gaskanäle infolge der Reibungswärme der Ionen ausbilden, sondern die in der Flüssigkeit enthaltenen Gasblasen als Verdampfungszentren dienen. (L. Inge und A. Walther, Arch. El. Bd. 23, H. 3, S. 279.)

Untersuchung des Skineffektes in Drähten mit komplexer magnetischer Permeabilität. — Die Theorie von W. Arkadiew[2] ermöglicht, den Energieverlust bei ferromagnetischen Vorgängen mittels Einführung der magnetischen Leitfähigkeit ϱ zu berechnen. Arkadiew hat statt der statischen Permeabilität μ die komplexe magnetische Permeabilität $\mu' = \mu - j\varrho' = \mu(1 - jb)$ angewendet; hier ist $\varrho' = 2\varrho T$; der Winkel δ der Phasenverschiebung zwischen B und H wird durch die Gleichung $\operatorname{tg}\delta = b = \varrho'/\mu$ bestimmt. In diesem Falle ist die magnetische Induktion B ebenfalls eine komplexe Größe:

$$B = \mu' H = \mu H - j\varrho' H.$$

Unter Benutzung der komplexen Permeabilität μ' von Arkadiew und unter der Annahme, daß sie konstant ist, haben B. Wwedensky und B. Schillerow[3] Tabellen und Kurven aufgestellt, nach denen man mittels der Größe b und des Parameters $K = r\sqrt{\frac{\pi\mu\sigma\omega}{2}}$ (r Radius des Drahtes in Zentimetern und σ elektrische Leitfähigkeit) den elektrischen und magnetischen Skineffekt berechnen kann, speziell: 1. den Widerstand von Drähten für Wechselstrom R_w und 2. den Verlust U in Drähten in magnetischen Wechselfeldern. Von Ermolaev werden nun die auf die obenerwähnte Weise berechneten Größen mit den durch Versuche erhaltenen verglichen. In Wirklichkeit bleiben die Größen μ, ϱ' und b infolge Besonderheiten der Hystereseschleife nicht konstant im Laufe einer Periode, sondern sie verändern sich je nach der Feldstärke. Deswegen müssen bei technischen Berechnungen Durchschnittswerte von μ, ϱ' und b angenommen werden; außerdem müssen sie einem Durchschnittswerte des Feldes H_m innerhalb des Drahtes entsprechen. Verändert sich H nach dem Sinusgesetz: $H = H_0 \sin\omega t$, und sind hierbei μ und ϱ' konstant, so verändert sich B ebenfalls nach dem Sinusgesetz,

$$B = H_0\mu\sin\omega t - H_0\varrho'\cos\omega t.$$

μ und ϱ' sind jedoch veränderliche Größen, darum verändert sich B nicht nach dem Sinusgesetz. Aus den Gliedern $H_0\mu\sin\omega t$ und $H_0\varrho'\cos\omega t$ können nach den Regeln der harmonischen Analyse die harmonischen Grundkomponenten bestimmt werden. Für diese Harmonischen finden wir bestimmte Werte für μ und ϱ', u. zw.

$$\mu = \frac{1}{\pi H_0^2}\int_0^T B\,d\sqrt{H_0^2 - H^2},$$

wobei das Integral die Fläche der Kurve $B = f(\sqrt{H_0^2 - H^2})$ darstellt und ϱ' gleich $\frac{Q}{\pi H_0^2}$ ist; hierbei ist Q die Fläche der Hystereseschleife. Es muß hervorgehoben werden, daß für den zu untersuchenden Draht besondere Hystereseschleifen für axiale und zirkulare Magnetisierung gefunden wurden. Die ersteren ergaben die Größen μ_a, ϱ_a' und b_a, die bei der Berechnung des magnetischen Skineffektes und der Leistung U notwendig sind. Die zweiten ergaben die zirkularen μ_c, ϱ_c' und b_c, die zur Bestimmung des elektrischen Skineffektes, d. h. N und R_w, benötigt werden.

[1] A. Güntherschulze, Über dielektrische Festigkeit. München 1924.
[2] W. Arkadiew, Phys. Z. Bd. 14, S. 928; Z. Phys. Bd. 27, S. 37.
[3] B. Wwedensky, Z. Phys. Bd. 34, S. 309.

Bei der vorliegenden Untersuchung wurden die Messungen bei einer Stromstärke von 2 ... 40 A und bei der Frequenz 50 Hz an einem Eisendraht von 0,64 cm Dmr. vorgenommen. Um die Schleifen der zirkularen statischen Magnetisierung zu erhalten, wurde aus dem Draht ein Röhrchen (Toroid) mit einer Wandstärke von 0,12 cm hergestellt. Um die axiale Magnetisierung zu finden, wurde derselbe Draht in Gestalt eines Toroides mit einem Umfang von 55 cm gebogen.

Der Widerstand für den Wechselstrom wurde nach der Formel $R_w = N/J_e^2$ berechnet. Der Wert N wurde mit einem Elektrodynamometer und die Stromstärke J_e mit einem Hitzdrahtamperemeter gemessen. Bei der Untersuchung des magnetischen Skineffektes wurde die Leistung U gemessen, die im Eisen verloren ging. Dieselben Größen N und U wurden nach den Formeln und Kurven von Wwedensky und Schillerow berechnet, wobei als Feld H_m die Hälfte des Feldes an der Oberfläche des Drahtes angenommen wurde. Bei der Berechnung des Widerstandes und der Verluste wurden mit der Theorie übereinstimmende Resultate erhalten. Dies beweist, daß die komplexe Permeabilität von Arkadiew den elektrischen und magnetischen Skineffekt bei technischer Frequenz zu berechnen gestattet; im Gegensatz hierzu gaben die alten Berechnungsmethoden von dem Versuch stark abweichende Resultate. (A. Ermolaev, Arch. El. Bd. 23, H. 1, S. 101.)

Hochspannungstechnik.

Der Thyrit-Überspannungsableiter. — Der Bericht über das von K. B. McEachron und seinen Mitarbeitern (General Electric Co.) gefundene neue Material für Überspannungsableiter beginnt mit der Darlegung der Eigenschaften des idealen Ableiters. Dieser sollte eine bei allen Stromstärken konstant bleibende Spannung aufweisen, d. h. sein Widerstand müßte mit wachsendem Strom hyperbolisch abnehmen und die Beziehung erfüllt sein: $R\,I^a = C$ mit $a = 1$. In logarithmischer Darstellung würden sich Kennlinien nach Abb. 8 ergeben. Das neue,

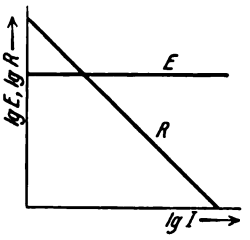


Abb. 8. Kennlinien des idealen Ableiters.

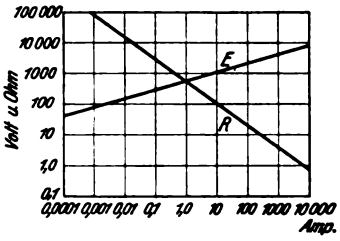


Abb. 9. Kennlinien einer Thyritscheibe (152 mm Dmr., 19 mm dick).

vergießbare Material „Thyrit", dessen mechanische Eigenschaften dem Porzellan nahekommen, hat Kennlinien, die den idealen Bedingungen in praktisch genügendem Maße entsprechen (Abb. 9); der Exponent a der Gleichung hat für Thyrit den Wert 0,72. Weitere wertvolle Eigenschaften des Thyrits sind die genaue Reproduzierbarkeit seiner Kennlinien, die Unveränderbarkeit durch den Betrieb, der weite Strombereich, das Fehlen einer Zeitverzögerung, große Lebensdauer. Das Material arbeitet stets mit rein Ohmscher Leitung, nicht etwa mit Hilfe kleiner Lichtbogen o. dgl. Da die Charakteristik im Betrieb unverändert bleibt und genau vorausbestimmbar ist, läßt sich die Anpassung des Ableiters an verschiedene Netzpunkte mit großer Sicherheit vornehmen. Wie diese Anpassung durch Benutzung der Charakteristik leicht möglich ist, erläutert der Verfasser an verschiedenen Beispielen.

Abb. 10. Thyritableiter-Einheit für 11,5 kV.

Zur praktischen Verwendung ist eine für 11,5 kV (bei geerdeter Neutrale) bemessene Ableitereinheit nach Abb. 10 konstruiert worden, die bei 305 mm Dmr. etwa 370 mm hoch ist. Sie enthält 11 Thyritscheiben von 152 mm Dmr. und 19 mm Dicke. Die Endflächen der Scheiben sind nach dem Spritzverfahren verkupfert. In die Einheit ist wei-

Digitized by Google

terhin eine mehrfach unterteilte Serienfunkenstrecke eingebaut, die auch starke Ströme sicher zu unterbrechen vermag; eine besondere Funkenstrecke für den ganzen Ableiter ist also nicht erforderlich. Die Volt-Amp.-Charakteristik der 11,5 kV-Einheit zeigt Abb. 11. Die Ansprechspannung bei Normalfrequenz ist 35 kV_{max}, bei einem Spannungstoß mit einer Durchbruchverzögerung von 1 µs ist sie 45 kV_{max}, das Impulsverhältnis liegt demnach dem Wert 1 nahe. Für Ströme bis zu 1000 A (vgl. Abb. 11) hält also der Ableiter die Spannung auf einem Wert vom höchstens 2,8fachen der Nennspannung.

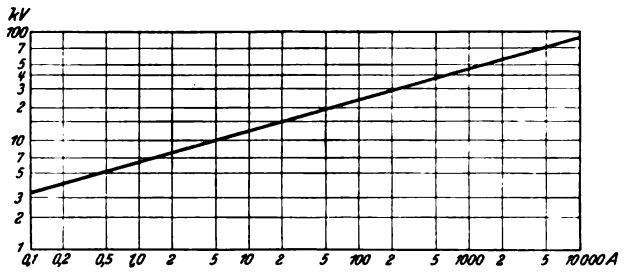


Abb. 11. Kennlinie der Ableitereinheit (11,5 kV, geerdete Neutrale).

Die beschriebenen Einheiten sind für die Aufstellung in den Werken bestimmt und werden je nach der Spannung in entsprechender Zahl übereinandergebaut. Für Verteilungsnetze ist eine 3 kV-Einheit mit 2 Thyritscheiben entwickelt worden. Eine andere Type mit geringerer Strombelastbarkeit wurde für den Schutz von Isolatorenketten und zum Einbau in diese konstruiert; mit ihr liegen indessen praktische Erfahrungen noch nicht vor. Mit der Stationstype des Ableiters sind in 66- und 132 kV-Netzen mehrmonatige praktische Versuche unternommen worden; zur Erzeugung der Sprungwellen wurde ein fahrbarer Stoßgenerator für 1 Mill V benutzt. Die Versuchsergebnisse befriedigten; irgendwelche schädlichen Veränderungen an den Ableitern waren in keinem Falle feststellbar. (K. B. McEachron, Gen. El. Rev. Bd. 33, S. 92.) *Wi.*

Beobachtung von Gewitterüberspannungen mit dem Kathoden-Oszillographen. — Mit Hilfe des für Gewitteraufnahmen hergerichteten Kathoden-Oszillographen des SEV[1] wurden während des Sommers 1928 die bei Gewittern entstehenden Spannungen an 2 Leitungen in der Station Forch unweit Zürich gemessen. Das eine Leitungsnetz, zur 8 kV-Drehstromverteilung des Kantons Zürich gehörig, umfaßt mit zahlreichen Abzweigen eine Gesamtlänge von etwa 45 km; der Oszillograph war an die im Netz zu oberst geführte Phase „rot" angeschlossen. Die im Netz verteilten Hörnerableiter waren auf rd. 15 kV eingestellt. Die zweite Leitung ist die Fahrleitung der Bahn Rehalp—Forch—Eßlingen (1200 V Gleichspg., Fahrdraht an Plus); sie besteht aus zwei einigermaßen geradlinigen Teilstrecken von je rd. 6,5 km Länge, die sich im Speisepunkt Forch trennen lassen, so daß zeitweise eine Teilstrecke außer Betrieb genommen und als Meßantenne benutzt werden konnte. Um die beträchtliche Abhängigkeit der Netz-

[1] K. Berger, Bull. SEV Bd. 19, S. 292 u. 688. Ref.: ETZ 1929, S. 617.

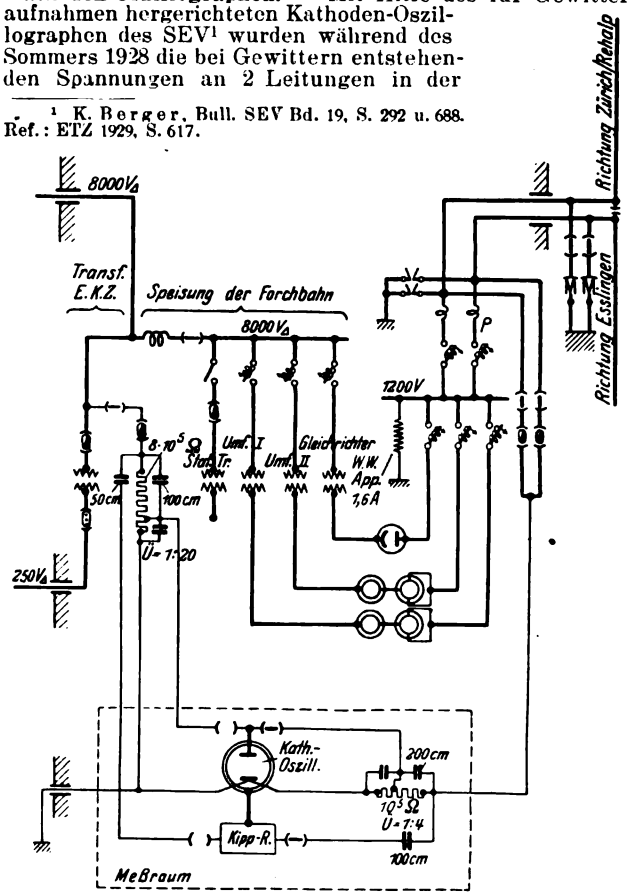


Abb. 12. Einbau des Kathoden-Oszillographen im Schalthaus Forch.

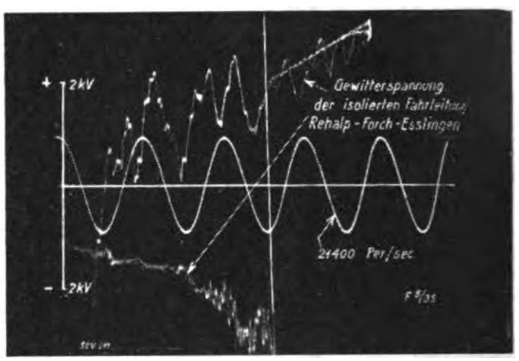


Abb. 13a. Gewitteraufnahme an der spannungslosen Fahrleitung

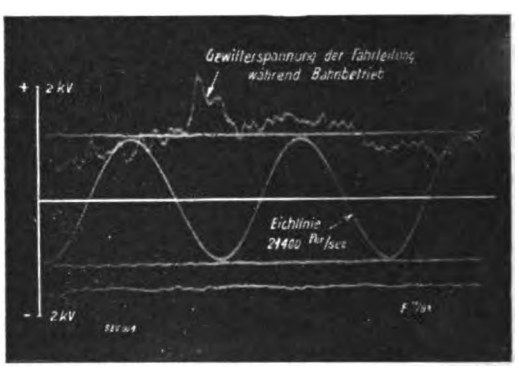


Abb. 13b. Gewitteraufnahme im Bahnnetz.

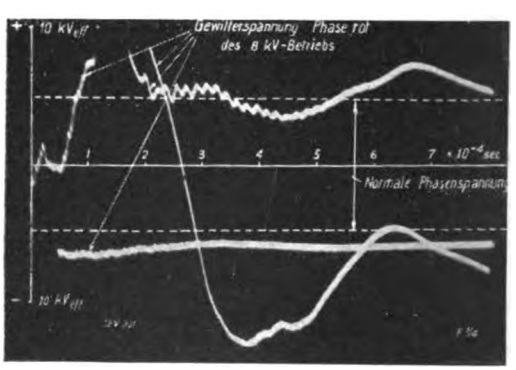


Abb. 13c. Gewitteraufnahme im Drehstromnetz.

isolation von der Witterung für die Messungen zu vermeiden, wurde die Fahrleitung über einen Manganinwiderstand von 0,1 MΩ an Erde gelegt; die Zeitkonstante RC einer Teilstrecke lag dann zwischen 2,5 und 5,7 ms. Die Überschlagspannung der Bahnanlage betrug etwa 6500 V. Während eines Gewitters wurde stets die in Betrieb befindliche Bahnstrecke über einen Wasserstrahlableiter geerdet. Der Anschluß des Oszillographen an die Leitungen erfolgte über frequenzunabhängige Spannungsteiler aus Widerständen und Kapazitäten; die Länge der Meßzuleitungen war mit 10 ... 15 m möglichst kurz gehalten. Die Meßschaltung zeigt Abb. 12. Der Bereich zuverlässiger Aufzeichnungen wird begrenzt einerseits durch die Ableitung des Netzes, die Vorgänge über 1 ms Dauer merklich beeinflußt, anderseits durch Eigenschwingungen der Meßzuleitungen zum Oszillographen, die eine einwandfreie Zuordnung von Schwingungen über 1 MHz unmöglich

Digitized by Google

machen. Die Eigenzeit des zur Auslösung des Oszillographen benutzten Kipprelais wurde nicht (durch Einschaltung eines entsprechenden Umweges für die aufzunehmende Welle) ausgeglichen; infolgedessen fehlen in den Aufnahmen die Vorgänge der ersten Mikrosekunde. Unter den bei den Messungen vorliegenden Verhältnissen sind die angeführten Einschränkungen ohne Bedeutung.

Einige der insgesamt gewonnenen 240 Oszillogramme sind in Abb. 13 a ... c wiedergegeben. Die in einigen verzeichnete regelmäßige Sinusschwingung stellt eine Eichschwingung von 21 400 Hz dar. Viele Aufnahmen zeigen mehrere Kurven entsprechend einer Anzahl rasch aufeinander folgender Schläge oder Teilentladungen desselben Blitzes. Die im Verlauf der vom Blitz auf den Leitungen hervorgerufenen Spannungen erkennbaren Schwingungen sind als Eigenschwingungen der Leitungen anzusprechen, wie sie auch in Entladewellen derselben bei absichtlich herbeigeführten Kurzschlüssen (vgl. Abb. 14 a u. b.) auftreten.

Abb. 14 a. Aufnahme eines Kurzschlußversuches.

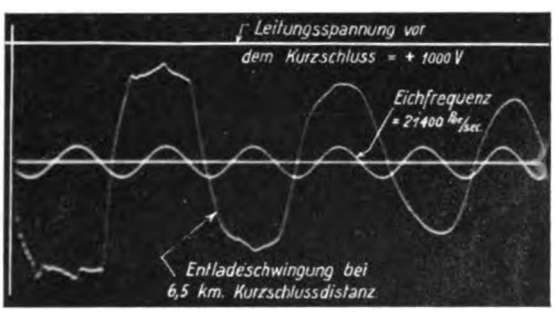


Abb. 14 b. Aufnahme eines Kurzschlußversuches.

Auf Grund der Aufnahmen läßt sich die Frage, ob Blitzentladungen hochfrequente Schwingungen enthielten, nicht entscheiden. Der aufgenommene Spannungsverlauf zeigt häufig durchaus unregelmäßige Zacken; die hierbei auftretende Beanspruchung der Netzisolation könnte der unter Hochfrequenzspannung nahekommen. Die Steilheit des Spannungsverlaufes lag auch an der unverzweigten Fahrleitung stets unter 300 MV/s entsprechend 1 kV/km; dieselbe Größenordnung wurde bei künstlichen Erd- und Kurzschlüssen festgestellt. Im verzweigten Netz schleifen die Unstetigkeiten der Kapazität die Wellen weitgehend ab. Unmittelbare Einschläge des Blitzes in die Leitung wurden nicht beobachtet. Ein eindeutiger Zusammenhang zwischen Spannungsverlauf auf der Leitung und Entfernung des Blitzes war nicht zu ermitteln. Eine allmählich erfolgende „statische" Aufladung des Netzes war trotz sorgfältiger Beobachtung nicht festzustellen; hier wie auch in den meisten praktisch vorkommenden Fällen genügt die Ableitung des Netzes, um die induzierte Ladung zur Erde abzuführen. Nur im Augenblick des Blitzschlages bilden sich höhere Spannungen aus (Entstehungszeit rd. 1 ms), die der Netzisolation gefährlich werden können; bei den Versuchen traten einige Überschläge in den Netzen ein. Künstlich vergrößerte Ableitung (wie hier durch den Wasserstrahlableiter für 1 ... 2 A und ein Heizgerät für 1,6 A) vermindert bei genügendem Leitwert die vom Blitz erzeugte Spannung. Unmittelbare Einschläge des Blitzes in die Leitung bzw. deren nächste Umgebung führen zu hohen und steilen Wellen, bei denen sich Überschläge nicht mit Sicherheit vermeiden lassen; hier erscheint es empfehlenswert, durch Wahl niedriger Ansprechspannung und kleiner Verzögerungszeit der im Netz eingebauten Isolatoren die Störung auf die betroffene Leitungsstelle zu beschränken, die Einrichtung der Unterwerke hingegen durch besondere Schutzmaßnahmen gegen die Auswirkung derartiger Schläge zu sichern[1]. (K. Berger, Bull. SEV Bd. 20, S. 321.) *Stk.*

Werkstatt und Baustoffe.

2. Forschungsheft der Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen. Isolierstoffe. Februar 1930. — Das vorliegende zweite Forschungsheft der Studiengesellschaft bringt eine Reihe von Arbeiten über Isolierstoffe, die auf Anregung und mit Unterstützung der Gesellschaft durchgeführt sind. Seit dem Jahre 1925 beschäftigt sich die Gesellschaft auch mit diesem Fragenkreis. Einigen Forschungsinstituten wurden seit dieser Zeit Untersuchungsaufträge über besonders interessierende Gegenstände gegeben, insbesondere auch über Isolierstoffe aus praktischen Betrieben, vor allem auch über solche, die aus irgendeinem Grunde versagt hatten. Von den festen Stoffen ist vorwiegend Hartpapier behandelt worden, von den flüssigen Stoffen das Öl.

Da über die Beiträge Nr. I von Prof. Fr. Frank[2] über Öle und Nr. III von Dr. A. Bültemann[3] über Hartpapier und Preßmaterial die Herren Autoren selbst berichten, seien diese hier nur erwähnt.

Als zweite Arbeit berichten H. Edler und C. A. Knorr über den Einfluß von Wasser und gelösten Gasen auf die elektrischen Eigenschaften dielektrischer Flüssigkeiten. Das wichtigste Ergebnis dieser Arbeit ist die Erkenntnis des großen Einflusses gelöster Gase oder leicht siedender Bestandteile auf die Durchschlagspannung. Durch möglichst weitgehende Entgasung des Öles läßt sich dessen Durchschlagspannung stark heraufsetzen und auch druckunabhängig machen.

Der vierte Beitrag von R. Golde bringt eine interessante Zusammenstellung der typischen Fehler von Hartpapier-Isolierkörpern, die im praktischen Betrieb zerstört wurden. Die Bedeutung der Wärmenachbehandlung wird gezeigt. Anschließend berichtet K. Schaudinn über Verlustmessungen an Hartpapieren im Zusammenhang mit den hauptsächlichsten Fabrikationsfehlern. Alle Fabrikate lassen sich in ein durch den Anfangswert gekennzeichnetes Verlustwinkelsystem einordnen, aus dem die höchstzulässige Dauerbeanspruchung ermittelt werden kann.

Anschließend berichtet A. Matthias über die Kondensatorelektrode zur Vermeidung von Gleitfunken. Sie entsteht im Prinzip durch Zerschneiden einer Kondensatordurchführung quer zur Achse in der Mitte. Die verschiedenen Staniollagen stufen die Spannung nach außen allmählich ab. Hanfschichten werden dann von A. Hecht auf Dielektrizitätskonstanten und Verlustwinkel untersucht, und darauffolgend messen R. Golde und H. Knoblauch die Durchschlagfestigkeit von Kabelausgußmassen in Abhängigkeit von der Temperatur.

Als letzte Arbeit in dem Heft befindet sich eine Untersuchung von C. Gantert über das elektrische Verhalten von Isolatoren, insbesondere Hartpapieren, unter Öl im Dauerbetrieb. Der Einfluß der Papier- und der Ölsorte, der Feuchtigkeit im Öl, der Wärme, der Lage der Isolatoroberfläche werden eingehend untersucht und die praktischen Folgerungen daraus gezogen.

Am Schluß des Heftes befinden sich einige Bemerkungen der Studiengesellschaft über die Entwicklungsarbeit an ihrem Kathodenstrahl-Oszillographen zur Abgrenzung von Rogowskis Arbeiten.

Die neun Arbeiten, welche in diesem Hefte vereinigt sind, stellen eine weite Gesamtheit wichtiger Fortschritte dar, von der chemischen und von der physikalischen Erkenntnis her bis zur unmittelbaren praktischen Anwendung. Jeder, der sich mit Isolierstoffen in Theorie und Praxis zu befassen hat, wird großen Nutzen aus ihnen ziehen können. *Scha.*

Studien über Isolieröle. — Fr. Frank gibt in einer Mitteilung einen umfassenden Überblick über die Arbeiten chemischer Natur an Isolierölen. Über 200 verschiedene Öle wurden durch Vermittlung der Studiengesellschaft aus Elektrizitätswerkbetrieben gesammelt und in Franks Privatlaboratorium vergleichenden Prüfungen unterzogen. Bei einem solchen reichhaltigen Untersuchungsmaterial, das sich im Betrieb teils gut, teils schlecht bewährt hat, wurden wirklich interessante Ergebnisse gezeitigt. Es wurden analytische Bestimmungen von Öl-Inhalts- und Öl-Alterungstoffen, wie hoch und

[1] Diese Maßnahme gegen die Wirkung unmittelbarer Einschläge wurde auch von Prof. Matthias vorgeschlagen; vgl. den Bericht über seinen Vortrag im Elektrotechnischen Verein am 29. I. 1929, ETZ 1929, S. 1469.

[2] S. unten: Studien über Isolieröle.

[3] ETZ 1930, S. 647.

Digitized by Google

niedrig molekulare Säuren und Säureabkömmlinge (Laktone und Anhydride), durchgeführt. Die rein physikalischen und chemischen Daten einiger besonders interessanter Ölproben sind tabellarisch zusammengestellt und näher besprochen. Ein besonderes Augenmerk wurde auf die Refraktometerzahl und die vergleichenden Beobachtungen in gefiltertem ultraviolettem Licht gerichtet. Die Fluoreszenz-Erscheinungen geben einen sicheren Anhalt, ob ein Öl noch verwendungsfähig ist oder nicht. In einem Farbendruck sind drei verschiedene Transformatoröle amerikanischer und russischer Herkunft nach fortschreitender Verteerungszeit wiedergegeben und die Fluoreszenz-Erscheinungen sind in der Lumineszenzlinie besonders deutlich zu erkennen. Neben dieser verhältnismäßig einfachen physikalischen Methode zur Erkennung der Alterungsneigung durch Fluoreszenz-Änderungen wurde die ebenfalls einfache chemische Prüfung mit dem Walther-Test auch bei den Vergleichsarbeiten herangezogen. Die Arbeitsweise mit der 50prozentigen Schwefelsäure hat sich sehr anwendungsfähig erwiesen und gibt eine gute Kontrolle über die Ölbeschaffenheit. Neben den rein analytischen Untersuchungen wurde an Hand einer großen Reihe wissenschaftlicher Arbeiten ein Versuchsprogramm begonnen und zum Teil durchgeführt, um weitere Aufklärungen über die Alterungserscheinungen zu erhalten. Es sollte endgültig geklärt werden, ob es der Sauerstoff der Luft ist, der die Zersetzung der Öle herbeiführt. In einer zweiten Farbentafel sind die Alterungserscheinungen von Transformatorölen im Vakuum und gegen differentes und indifferentes Gas für sich und in Anwesenheit von Kupfer und Blei farbenphotographisch festgelegt. Es zeigt sich, daß das Öl im Vakuum, selbst wenn Katalysatoren eingebracht waren, unverändert bleibt. Fast dasselbe Ergebnis lieferten die Öle, die nur mit indifferentem Gas (Stickstoff) in Berührung kamen; auch hier haben sowohl Kupfer als auch Blei keinen oder nur kaum merklichen Einfluß auf das Öl ausgeübt. Ganz anders liegt der Fall aber bei den Versuchen, wo Sauerstoff auf das Öl einwirkte. Aus der Zahlentafel, in der die analytischen Daten dieser Versuche zusammengestellt sind, geht ebenso wie aus der Farbenphotographie auf die krasseste Weise hervor, wie sehr der Sauerstoff schädigend auf das Öl einwirkt. Noch stärker ist die Alterung, wenn Kupfer und Blei anwesend sind. Die Öle verhalten sich bei der Alterung wie Lebewesen; ein Katalysator muß vorhanden sein, der die Sauerstoffaufnahme erleichtert, wie dies von Warburg nachgewiesen wurde. Nur bei Anwesenheit von Eisen ist eine Atmung, d. h. Sauerstoffaufnahme, in die Blutbahn möglich. Für die Alterung der Öle ist also der Hauptgrund auf chemischem Gebiet zu suchen und es steht fest, daß für die Sauerstoffaufnahme in Öl, also die vorübergehende Bildung von Ozoniden und Peroxyden und die endgültige Entstehung von Aldehyden, Laktonen und Säuren, katalytische Stoffe, in erster Linie Metalle verantwortlich sind. Parallel mit diesen Versuchen liefen und laufen Arbeiten mit Antikatalysatoren, die bezwecken, die feindlichen Brüder, die Katalysatoren, in ihrer Wirkung abzuschwächen oder ganz aufzuheben. Fußend auf den Arbeiten von Dufrais, Moureu und Christiansen wurde versucht, gewisse Stoffe, die sonst als Antikatalysatoren bekannt sind, auf das Ölgebiet anzuwenden. Nach Vorversuchen schienen Borneol, Betanaphthylamin und Naphthol besonders geeignet, doch haben betriebsmäßige Versuche mit Betanaphthylamin als Zusatzstoff bisher keine befriedigenden Ergebnisse erzielt. Doch mit Rücksicht auf die Erfolge in anderen Arbeitsgebieten erscheint es notwendig, diese Arbeiten weiter zu verfolgen, da das Problem der Ölerhaltung technisch und wirtschaftlich gleich wichtig ist. Der Entfernung der im Betrieb entstandenen Abbau- und Zersetzungsprodukte im Öl, der sogenannten Regeneration, ist ein großer Teil der Abhandlung gewidmet. Es wurden die verschiedensten Regenerationsverfahren an stark gealterten Isolierölen ausprobiert, um die einfachste und sicherste Arbeitsweise zu finden, um zu Regeneraten zu kommen, die dem Neuöl gleichwertig sind. Neben der Raffination mit Schwefelsäure und dem Verfahren nach Schwarz ist das aussichtsreichste, beste und billigste Regenerationsverfahren die Reinigung des Öls mit flüssiger schwefliger Säure nach dem Verfahren von Edeleanu. Leider läßt sich dieses Verfahren wegen der überaus hohen Anlagekosten nur da anwenden, wo sehr große Mengen Altöl anfallen. Weiter ist als technisch günstig durchführbare Arbeitsart für die Regeneration das Verfahren mit Alkalisilikat, also dem Wasserglas, anzusprechen. Dieses Verfahren hat leider bisher in Deutschland kaum Verwendung gefunden. Die Verluste bei allen Regenerationsverfahren sind noch relativ wirtschaftlich, sie liegen zwischen 8 und 20 %. Die Abfallstoffe, die bei der Alkaliregeneration und bei der Edelanu-Regeneration erhalten werden, sind als Wertstoffe für sich verwendbar.

Mit einem kurzen Überblick über die bisher geleisteten und noch vorzunehmenden Untersuchungen über Ölinhaltsstoffe schließt Frank seine Arbeit. Die gruppenweise Zerlegung der Kohlenwasserstoffe in Olefine, Aromaten, Paraffine und Naphthene wurde sowohl durch Vakuumdestillation als auch mit selektiven Lösungsmitteln versucht und die Trennstücke auf ihre Eignung untersucht. Bei den vielen aus den Betrieben stammenden Ölen hat es sich eindeutig gezeigt, daß die beständigsten und langlebigsten Öle stark naphthenischen Charakter haben. Der Zweck der Untersuchung der Inhaltstoffe geht also dahin, solche Gruppen aus den Kohlenwasserstoffen abzutrennen, die die vorzeitige Alterung der Isolieröle hervorrufen. (Fr. Frank, Berlin, 2. Forschungsheft der Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen e. V.). *K. O. M.*

Verschiedenes.

Vakuum-Ölreinigungsanlage. — Die Behandlung von Isolierölen mit Separatoren hat im Laufe der Jahre infolge der stets zunehmenden Beanspruchung der Öle immer weitere Verbreitung gefunden. Fast allgemein ist man zu einer Entlüftung des separierten Öles bei einem Vakuum von 90 ... 95 % übergegangen. Die Separatoren werden deshalb in vollkommen geschlossener Form gebaut (Abb. 15). Die Entwässerung und Reinigung von Isolierölen

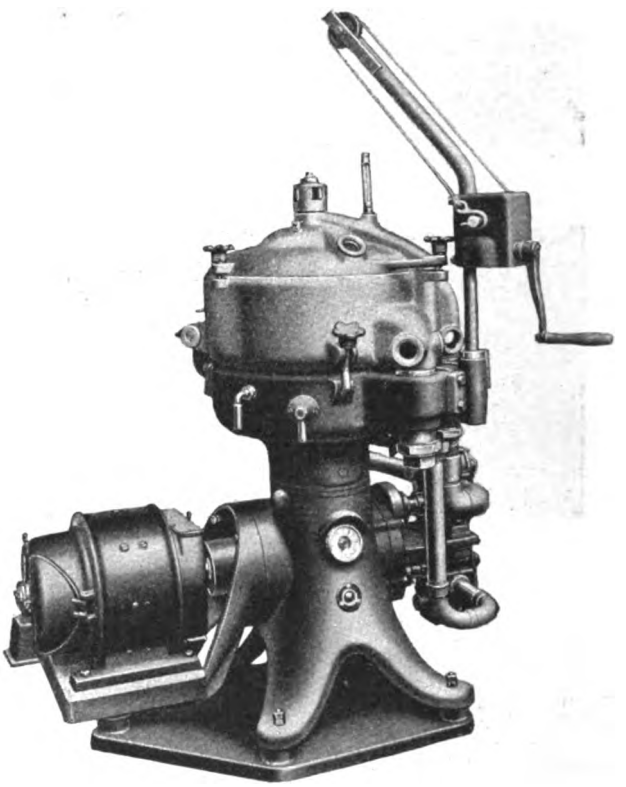


Abb. 15. Ortsfester Ölseparator.

im Separator erfolgt bei rd. 55° in einem stufenweisen regelbaren elektrischen Erhitzer, welcher mit einer Schwankung von ± 5° selbsttätig durch einen Thermostaten mit Relais gesteuert wird. Durch die Heizflächenbelastung von rd. 100 W/dm² ist ein Überhitzen des Öles nicht zu befürchten. Die Vorwärmung ist indirekt, da der Heizdraht durch Glimmer, Luftschicht und doppelte Wärmeschutztaschen von dem Öl isoliert ist. Im Separator werden Wasser, feste Bestandteile, Schlamm usw. sicher und schnell aus dem Öl entfernt. Mit gleichzeitigem Zufluß von Wasser kann der Säuregehalt des Öles verringert werden. Durch die niedrige Temperatur von rd. 55° werden angereicherte Harz- und Teerbestandteile in fester Form durch die hohe Zentrifugalkraft ausgeschieden und spezifisch leichtere Teile wie Ruß, Flocken usw. durch Wasserzusatz ausgespült. Bei den Separatoren ist das Fehlen von Filtermaterial hervorzuheben, wodurch das Verstopfen, Reißen, Trocknen und Erneuern desselben vermieden wird. Ferner sei die ununterbrochene Arbeitsdauer ohne Bedienung bei stets vom Anfang bis zum Ende gleichbleibender stündlicher Leistung erwähnt. Dieser Punkt ist besonders wichtig, da Entfernung von Schmutz

Digitized by Google

und Wasser zugleich ohne Nachlassen der Klärleistung erreicht wird. Durch den kontinuierlichen Abfluß des Wassers mit Ruß usw. werden bei Gebrauchsölen blanke Farbe und ein merkliches Aufhellen erzielt.

Für den Betriebsleiter ist die Durchschlagfestigkeit ein Hauptmerkmal für die Isolierfähigkeit des Öles. Die Entnahme von Ölproben kann aber nicht sorgfältig genug vor sich gehen. Auf trockene Gefäße, die am besten mit heißem Öl ausgespült sind, nicht aber mit Putzwolle oder Tüchern „gereinigt" wurden, auf luftdichten Abschluß der Proben, besonders bei Prüfungen nach längerer Zeit, ist besonderer Wert zu legen. Unter Beachtung der Behandlungsvorschriften bei den verschiedenen Durchschlagsprüfapparaten können mit den neuzeitlichen Vakuumschleuderanlagen Isolierfestigkeiten erreicht werden, welche weit über den Vorschriften liegen.

Bei dem Separieren von Isolierölen aus Transformatoren, welche unter Spannung stehen, sind natürlich die erforderlichen Vorsichtsmaßnahmen (Nachfüllen usw.) nicht außer acht zu lassen. Das Mitreißen von Luft, welche sich dann in den Wicklungen festsetzen könnte, wird außer durch Evakuierung noch durch besondere Entlüfter kurz vor dem Eintritt des Öles in den Transformator verhindert. Das Separieren am Transformator, welcher unter Spannung steht, ist heute ohne weiteres möglich, u. zw. unter Benutzung der Betriebstemperatur zur Vorwärmung. Das Isolieröl kann so lange im Kreislauf über die Schleuderanlage gepumpt werden, bis die Durchschlagfestigkeit den Anforderungen entspricht. Es empfiehlt sich, eintreffendes Neuöl stets vor seinem Einfüllen zu separieren, um so die Gewähr für genügend große Durchschlagfestigkeit zu haben.

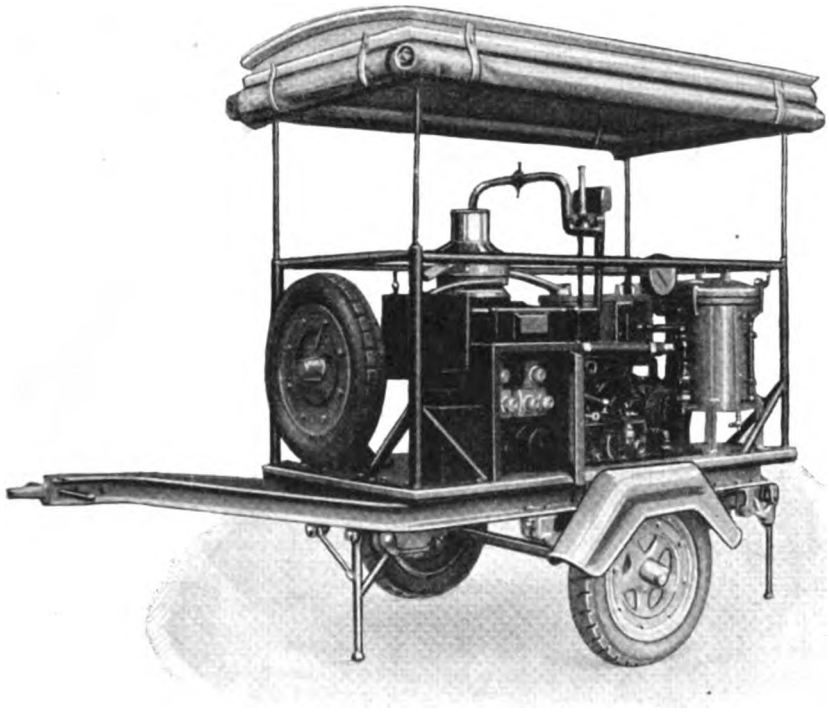


Abb. 16. Fahrbarer Ölseparator.

Vakuum-Ölreinigungsanlagen werden sowohl fahrbar (Abb. 16) als auch, besonders bei kleinen Typen, tragbar eingerichtet. Bei größeren entscheidet die räumliche Ausdehnung des Verwendungsgebietes. Dementsprechend werden Anlagen für Reichsbahn-Normalspur, Kleinbahnspur, mit Luft- oder Vollgummibereifung und auf Eisenrädern oder Lenkrollen geliefert. Fahrbare Ölreinigungsanlagen werden mit stündlichen Leistungen von 80 ... 800 l für kleinere Werke. Umformerstationen usw. in verschiedenen Abstufungen gebaut. Für Großkraftwerke, Speicherkraftwerke, Umspannwerke usw. kommen mitunter Anlagen bis zu 6000 l/h in Betracht, und durch Hintereinander- und Parallelschaltung mehrerer Separatoren können noch höhere Leistungen erzielt werden.

Schließlich sei noch bemerkt, daß mit Isolieröl-Separatoren ohne weiteres auch Öle aus Dampfturbinen, Dieselmotoren usw., überhaupt alle Ölsorten, wie sie im Großkraftwerk z. B. anfallen, gereinigt und entwässert werden können. Selbstverständlich ist bei Wechsel der Ölart dann auf gute Durchspülung der Anlage zu achten.

Die Vakuum-Ölreinigungsanlagen und Separatoren, deren Herstellerin die Firma Ramesohl & Schmidt A.-G., Oelde i. Westf., ist und die unter dem Namen „Westfalia-Separatoren" bekannt sind, haben sich auf Grund einer mehr als 40jährigen Erfahrung und unter Berücksichtigung der Forderungen der Praxis zu ihrer heutigen Form entwickelt, und ihre stets zunehmende Verwendung beweist, daß sie ein sicheres Mittel für eine gute Betriebskontrolle des Öles und zur Erhaltung und Verbesserung der Isolierfähigkeit desselben darstellen. Das neuzeitliche „Westfalia"-Schleuderverfahren erhöht die Betriebsicherheit von Hochspannungsanlagen und vermindert die Betriebsunkosten durch bessere Ausnutzung und Schonung der Isolieröle. Ing. W. Schneider.

Energiewirtschaft.

Vergleich der Transportkosten elektrischer Arbeit und einiger Brennstoffe. — Eine Untersuchung von W. Mungioli beschränkt sich auf die Bestimmung der reinen Transportkosten, also Amortisation des Transportweges, Löhne und Transportverluste. Nicht in Betracht gezogen sind die zuzüglichen Kosten, um den Energieträger auf die für den Transport günstigste Höhe zu bringen (bei Elektrizität die Umspannung, bei Kohle die Verladung, bei Leuchtgas und Wasserstoff die Druckerhöhung). Die Hauptergebnisse der Untersuchung sind in den Kurvenscharen der Abb. 17 niedergelegt, u. zw. für drei Transportlängen (100, 200 und 400 km). Die Transportkosten sind für 1 kWh und 100 km als Funktion der Transportleistung aufgetragen. Für die einzelnen Energieträger ergibt sich dann:

1. Kohle: Hier sind die Transportkosten nach den italienischen Frachtsätzen unter Berücksichtigung der Gewichttoleranzen, der Rangierauslagen usw. ermittelt worden. Die Energiegleichheit (Kohle = elektr. Energie) wird durch die Annahme festgelegt, daß man die Kohle am Verbrauchsort in einem Dampfkraftwerk verfeuert, u. zw. mit einem spezifischen Verbrauch von 0,5 kg Kohle von 7500 kcal/kWh. Wie vorauszusehen, ergibt sich, daß die spezifischen Transportkosten der Kohle von der Leistung unabhängig sind und mit wachsender Entfernung sinken.

2. Leuchtgas: Als Unterlage haben die tatsächlichen Kosten einiger im Ruhrgebiet ausgeführten Gasfernleitungen gedient[1]. Es wird auf den Umstand hingewiesen, daß — entgegengesetzt wie bei den elektrischen Leitungen — hier die Transportkosten eigentlich nur als sogen. feste Kosten in Erscheinung treten; auf die beförderte Kilowattstunde bezogen, sind sie daher in erster Annäherung der Benutzungsdauer entgegengesetzt proportional. Zur Berechnung der lichten Durchmesser ist die Ledoux-Formel herangezogen worden; die Formeln von Biel und Fritzsche hätten etwas größere Durchmesser bzw. Kosten ergeben. Für die betrachteten Leistungen und Leitungslängen kommen nur nahtlose Stahlrohre in Frage. Es ist eine Formel abgeleitet, um den Durchmesser zu bestimmen, dem die jeweils niedrigsten Betriebskosten entsprechen. Die günstigsten Anfangsdrücke, die sich so berechnen lassen, liegen zwischen 50 und 85 at; sie sind desto höher, je größer die Leistung und je länger die Leitung. Bei Berücksichtigung der Kompressionskosten würden sich natürlich entsprechend niedrigere Drücke ergeben. Zwei verschiedene Verwendungsarten des Leuchtgases werden berücksichtigt, nämlich einmal die Verwendung für Kraftzwecke durch Umwandlung in elektrische Energie in einem Gaskraftwerk, und dann für Heizzwecke durch direkte Verteilung in einem Rohrnetz. Für die Äquivalenzbestimmung ist im ersten Fall ein gesamter Wirkungsgrad von 28,5 % in der Stromerzeugung voraus-

[1] Vgl. Starke, „Großgasversorgung"; auch ETZ 1928 S. 1469; Z. VDI Bd. 69, S. 543 (1925); Das Gas- und Wasserfach Bd. 1, S. 850 (1928) und Taschenbuch der Hütte.

Digitized by Google

gesetzt, im zweiten auf die Ausführungen von Prof. Schneider in der ETZ 1929, S. 385, Bezug genommen. Selbstverständlich verlaufen die Kurven für Kraftzwecke ganz oberhalb derer für Heizzwecke. Bei steigender Leistung fallen die Kurven erst stark, dann langsam ab.

3. Elektrizität: Die Untersuchung beschränkt sich auf die Spannungen von 70, 140 und 220 kV, da diese in der Praxis die größte Rolle spielen. Unter Zugrundelegung der tatsächlichen Kosten von vorhandenen und in Betrieb befindlichen Fernleitungen sind die günstigsten Leiterquerschnitte ermittelt. Die erhaltenen Kurven haben einen ähnlichen Verlauf wie die für Leuchtgas, jedoch ist der Abfall bei wachsender Leistung erst steiler, dann schwächer. Die Kurven zeigen deutlich, daß es — wie übrigens wohlbekannt — für jede Leitungslänge eine günstigste Leistung geben muß und daß diese bei wachsender Entfernung größer wird.

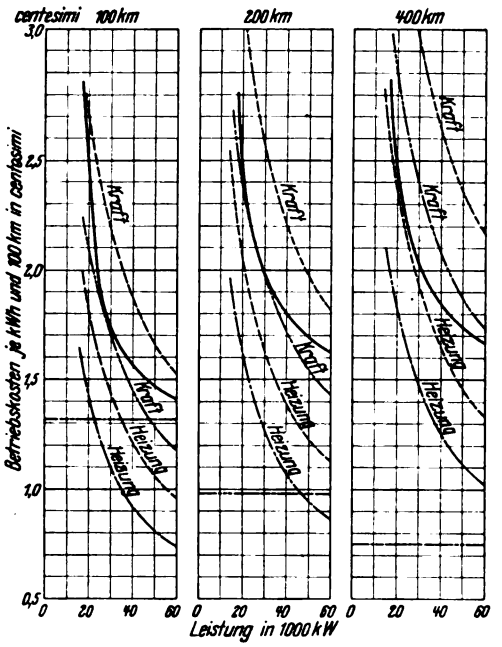


Abb. 17. Betriebskosten der Energiefortleitung (4,56 Centesimi = 1 Pf über 100, 200 und 400 km Transportlänge.

4. Wasserstoff: Die Berechnungen lehnen sich im großen ganzen an die für Leuchtgas schon gemachten Ausführungen unter Berücksichtigung des kleineren (auf Rauminhalt bezogenen) Heizwertes. Bei Bestimmung der Verluste ist der geringeren Dichte des Wasserstoffs Rechnung getragen. Es ergibt sich, daß die günstigsten Anfangsdrücke zwischen 30 und 50 at fallen. Auch hier sind sie desto höher, je größer die Leistung und je länger die Leitung ist. Da nach neueren Ergebnissen die Erzeugungskosten des elektrolytisch gewonnenen Wasserstoffs angeblich bei steigendem Druck sogar zurückgehen, würden die gefundenen Kurven die gesamten Transportkosten für Wasserstoff darstellen. Sämtliche Kurven verlaufen oberhalb der entsprechenden für Leuchtgas.

Es ist noch eine Formel abgeleitet, um die Speicherfähigkeit von Gasleitungen zu berechnen. Aus dieser läßt sich schließen, daß die Speicherfähigkeit — insbesondere für Wasserstoffleitungen — i. a. recht gering ist, so daß sie bei einem normalen Belastungsdiagramm nicht ausreicht, um bei gleichmäßiger Erzeugung einen täglichen Ausgleich herbeizuführen. Es wird noch hervorgehoben, daß die Heranziehung der Leitung zur Energiespeicherung während der Zeiten niedriger Belastung eine Erhöhung der Verluste verursacht. (L'Energia Elettrica Bd. 6, 1930, S. 914.) *Rtz.*

RECHTSPFLEGE.

Bewertungsgrundsätze für die Kraftwerksanlagen bei zeitlicher Begrenzung der Betriebsdauer. — Ein Elektrizitätswerk beliefert auf Grund besonderer Verträge unter anderen auch die Einwohner mehrerer Landgemeinden mit Strom. Bei der Feststellung des Einheitswertes des Betriebes wurden die Gegenstände des Anlagekapitals — die nach § 31 des Reichsbewertungsgesetzes (RBewG.) mit dem gemeinen Werte anzusetzen sind — nach den Anschaffungspreisen, abzüglich eines Betrages für die ihrer Lebensdauer entsprechende Abnutzung, bewertet. An sich hatte die Betriebsleitung gegen diese Art der Ermittlung des gemeinen Wertes nichts einzuwenden, sie war jedoch der Auffassung, daß besondere Umstände die ermittelten Werte noch herunterdrücken müßten. Einmal liefen die Verträge mit den Gemeinden demnächst ab, und es sei bereits amtlich bekanntgegeben, daß alsdann der Kreis X die Stromversorgung übernehmen werde, zum anderen habe man bestimmte Betriebsmittel wegen des demnächstigen Ablaufes der Verträge nicht mehr zeitgemäß auf dem laufenden gehalten. Es sei also ein allgemeiner Entwertungsposten zuzulassen. Dem Antrag wurde nicht stattgegeben, da, wie der Oberbewertungsausschuß ausführte, die einzelnen Gegenstände des Betriebes stets mit dem Werte einzusetzen seien, den sie unter der Voraussetzung der Fortführung des Betriebes für diesen hätten. Der RFH. gab der gegen diesen Bescheid gerichteten Beschwerde mit Urteil v. 9. I. 1930 — III A 42/28 — statt.

In Zeiten regelmäßigen Wirtschaftsganges wird sich der gemeine Wert im Sinne des § 31 Abs. I, II RBewG. vielfach mit dem Anschaffungspreise, vermindert um die zulässigen Absetzungen, decken. Die Anschaffungspreise, abzüglich der zulässigen Absetzungen, können aber nicht schlechthin als „gemeine Werte" im Sinne der genannten Bestimmungen angesehen werden. § 12 RBewG. hat denn auch das Recht des Steuerpflichtigen, die Bewertung anstatt mit dem Anschaffungs- oder Herstellungspreise mit dem tatsächlichen gemeinen Werte zu verlangen, unberührt gelassen. § 31 RBewG. ordnet die Einzelbewertung an mit der dem Gesichtspunkt der Gesamtbewertung Rechnung tragenden Maßgabe, daß die Einzelgegenstände mit dem Werte anzusetzen sind, den sie unter der Voraussetzung der Fortführung des Betriebes für den Betrieb haben. Daraus ergibt sich allerdings zunächst, daß die Betriebsleitung des Elektrizitätswerkes einen allgemeinen Entwertungsposten wirksam nicht einsetzen konnte (§ 31 Abs. V RBewG.). Aber nach Auffassung des RFH. haben die Vorinstanzen die Worte „unter der Voraussetzung der Fortführung des Betriebes" nicht richtig ausgelegt. Das Gesetz bringt vielmehr zum Ausdruck, daß bei Bemessung des Wertes der Umstand zu berücksichtigen ist, daß die Verwendbarkeit und Verwendung der Gegenstände im Betrieb ihren Wert beeinflussen können, sei es nach oben, sei es nach unten. Es soll also der Wert des Gegenstandes im Betrieb und für den Betrieb erfaßt werden. Nicht die unbegrenzte Fortführung des Betriebes ist in Rechnung zu stellen, sondern die Fortführung lediglich bis zu dem Zeitpunkte seines aus der Lage des Einzelfalls sich ergebenden natürlichen Endes. Wenn daher die Fortführung des Betriebes (Belieferung der Landgemeinden mit Strom) nur von beschränkter Dauer ist, dadurch die Verwendbarkeit und Verwendung der Betriebsmittel ebenfalls in ihrer Dauer beschränkt sind und die Betriebsmittel schließlich dadurch vorzeitig unverwendbar, wertlos oder doch auf ihren bloßen Materialwert zurückgeführt werden, so ist das ein Umstand, der auch für die Einzelbewertung der Gegenstände nicht außer acht gelassen werden kann. Die Betriebsleitung konnte also, wie erwähnt, einen allgemeinen Entwertungsposten nicht einsetzen, wohl aber hätten die Vorinstanzen einen prozentualen, wohl wesentlich im Wege der Schätzung zu ermittelnden gleichmäßigen oder für bestimmte Arten von Gegenständen gleichmäßigen Abschlag von den Einzelwerten der Gegenstände zulassen müssen.

Über die steuerliche Behandlung der einem Elektrizitätsverbande gegebenen Mitgliederdarlehen. — Das Verbandselektrizitätswerk X — ein Zweckverband mit dem Rechte einer öffentlichen Körperschaft — hatte die Aufgabe, die von den Verbandsmitgliedern betriebenen Kreiselektrizitätswerke zu verwalten. Ihm waren alle beweglichen Anlagegegenstände und Gebäude der Werke übertragen. Auch die Hoch- und Niederspannungsnetze gingen auf den Zweckverband über, der damit die gesamte Elektrizitätswirtschaft und die Versorgung des Verbands-

Digitized by Google

gebietes mit Strom innehatte. Das Verbandswerk wurde mit den nötigen Betriebsmitteln ausgestattet, indem jedes Verbandsmitglied eine bestimmte Summe einzuzahlen hatte, auf die die eingebrachten Sachwerte angerechnet wurden, ferner indem sich jedes Verbandsmitglied verpflichtete, dem Werke auf Anfordern Darlehen bis zu einer bestimmten Höhe zu gewähren. Solche Darlehen wurden in der Folgezeit mehrfach angefordert.

Bei der Feststellung des Betriebsvermögens begehrte das Verbandswerk den Abzug dieser Beträge als „Darlehnschuld", geschuldet den Verbandsmitgliedern. Das Finanzamt ließ den Abzug nicht zu, da es sich nicht um Darlehen handele, sondern um Vermögenseinlagen der Verbandsmitglieder und um Beteiligungen am Vermögen des Zweckverbandes. Das Finanzgericht hingegen erkannte die Beträge als abzugsfähig an. In der Begründung wurde ausgeführt, daß es sich hier um Ansprüche des öffentlichen Rechts zwischen Zweckverband und Verbandsmitgliedern handele. Das Verhältnis zwischen beiden entspreche nicht dem Verhältnis zwischen einer Kapitalgesellschaft und deren Gesellschaftern, sondern einem gegenseitigen Vertragsverhältnis. Der RFH. schließlich verneinte die Abzugsfähigkeit und begründete diese Entscheidung wie folgt:

Beim Betriebsvermögen sind Schulden abzugsfähig, soweit sie mit dem gewerblichen Betrieb in wirtschaftlichem Zusammenhang stehen (vgl. § 28 RBewG.). Bei der das Steuerrecht beherrschenden Betrachtungsweise kommt es aber für die Abzugsfähigkeit nicht darauf an, ob etwas in die Rechtsform einer Schuld gekleidet ist, sondern darauf, ob wirtschaftlich eine Schuld vorliegt, d. h. ob es sich um betriebsfremde Mittel handelt. (Deshalb ist z. B. auch das eigentliche Betriebskapital, mit dem ein werbender Betrieb von den ihn unterhaltenden Gemeinden ausgestattet wird, in der Regel selbst dann nicht als „Betriebschuld" abzugsfähig, wenn es in der Betriebsbilanz als Schuld aufgeführt ist.) Beim Betriebsvermögen eines werbenden Betriebes sind also nur solche Darlehen abzugsfähig, die dem Betrieb von den hinter ihm stehenden Gemeinden zur Befriedigung eines vorübergehenden Geldbedarfs gewährt werden, nicht aber Darlehen, die sich bei wirtschaftlicher Betrachtungsweise tatsächlich als ständiges Betriebskapital darstellen. Um ein solches handelte es sich im vorliegenden Fall zweifellos, da nach den Satzungen des Verbandswerkes die Beschaffung der Gelder durch Aufnahme von Darlehen bei den Verbandsmitgliedern erfolgen soll. Diese Darlehen dienen also dazu, dem Werk die zum Betrieb erforderlichen Mittel zu verschaffen und sind um so mehr als „Betriebskapital" anzusprechen, als über ihre Rückzahlung keine Bestimmungen getroffen wurden. Die Beträge sind deshalb ebensowenig abzugsfähig wie etwa das Grund- und Stammkapital einer AG. oder einer G. m. b. H. (Urteil vom 10. I. 1930, III A 24/28.)

Dr. jur. C. v. dem Busch.

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftsstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Einladung

zur Fachsitzung für Installationstechnik (EVI) am Dienstag, dem 16. September 1930, 7½ Uhr abends, in der Aula der Technischen Hochschule zu Berlin.

Tagesordnung:

Vortrag des Herrn Obering. Schickhardt über das Thema: „Neuzeitliches Werkzeug für den Elektro-Installateur".

Inhaltsangabe:

Um ältere Arbeitsmethoden vorsichtig umzustellen, wird die Verwendung neuer Werkzeuge im Elektro-Installationsgewerbe angeregt. Es werden hand- wie motorisch betriebene Geräte und Apparate im Lichtbild und im Original gezeigt, ferner Probestücke von Bohr-, Schneid-, Säge- und Lötversuchen in verschiedenem Material vorgelegt und erläutert

a) für die Arbeit in der Werkstatt,
b) auf Montage.

Im letzten Teil wird Messen und Kontrollieren sowie der Schutz von Leib und Leben besprochen.

Nachsitzung im „Grand-Hotel am Knie", Berlin-Charlottenburg, Bismarckstr. 1.

Gäste willkommen!

Fachausschuß für Installationstechnik.
Der Vorsitzende:
Baumann.

Preisausschreiben.

Das Kuratorium der Zusatzstiftung zu Zeitlers Studienhaus-Stiftung, Berlin, dem auch ein Vertreter des Elektrotechnischen Vereins angehört, hat 4 Aufgaben ausgewählt und für deren Lösung bestimmte Preise ausgesetzt (vgl. ETZ 1930, S. 480, 519 und 1053).

Das Kuratorium der Stiftung hatte in Anspruch genommen, daß das Eigentum an den eingesandten Lösungen als kostenlos auf die Stadt Berlin übertragen werden soll.

Auf die dringlichen Bemühungen des Elektrotechnischen Vereins hin hat der Magistrat — Landes-Wohlfahrts- und -Jugendamt Berlin, Abt. Stiftungswesen — diesen Anspruch fallen gelassen und mitgeteilt:

„Auf Ihren Wunsch erklären wir hiermit ausdrücklich, daß wir auf jegliches Eigentum an den Lösungen der unter dem 25. II. 1930 beschlossenen 4 Preisaufgaben verzichten.

Über die Rechtsverhältnisse der Zusatz-Stiftung zu Zeitlers Studienhaus-Stiftung ist zu bemerken, daß die Stiftung als solche keine rechtsfähige ist und nach der Geschäftsanweisung für den zur Lösung von Preisaufgaben bestimmten Teil der Stiftung von der städtischen Stiftungsdeputation verwaltet wird. Das Vermögen der Stiftung ist also Zweckvermögen der Stadt Berlin."

Wir bringen in Erinnerung, daß der Wettbewerb für jedermann offen steht und daß die Frist zur Lösung der Preisaufgaben auf unseren Antrag bis zum 1. Oktober 1931 verlängert worden ist.

Nachtrag zum Sitzungsbericht[1]

über die ordentliche Sitzung am 29. April 1930

Besprechung des Vortrags[2]

des Herrn Professors Dr.-Ing. E. h. W. Philippi

„Anforderungen und Fortschritte im Bau elektrischer Fördermaschinen."

Vorsitz: Herr Staatssekretär Dr.-Ing. E. h. Feyerabend.

Herr Professor Dr. Schmidt: Herr Prof. Dr. PHILIPPI hat uns in ausgezeichneter Weise einen Einblick in den Stand der heutigen elektrischen Fördermaschinentechnik gegeben und hat uns vor allem gezeigt, welche hohe Entwicklungsstufe diese Maschinen bereits erlangt haben. Es war für mich besonders interessant zu hören, daß der bei den Dampffördermaschinen bekannte Iversen-Fahrtregler nun auch bei den elektrischen Maschinen Eingang gefunden hat. Ich möchte mir die Frage erlauben, ob der Iversen-Fahrtregler, der sich bei den Dampffördermaschinen so ausgezeichnet bewährt, auch bei den elektrischen Maschinen schon gute Ergebnisse gezeitigt hat.

Des weiteren hat Herr Prof. Dr. PHILIPPI auch auf die Gefäßförderung hingewiesen und die besonderen Vorzüge dieser Fördereinrichtung gegenüber der Gestellförderung hervorgehoben. Ich unterstreiche das, was er in maschinentechnischer Beziehung gesagt hat: vor allem Verringerung der zu bewegenden Massen, Verkleinerung des Antriebsmoments und der Antriebsmaschine. Wenn bei uns in Deutschland doch noch Bedenken vorhanden sind, dann sind es in erster Linie solche bergtechnischer Natur, auf die der Herr Vortragende schon

[1] ETZ 1930, S. 725.
[2] ETZ 1930, S. 1253 u. 1298.

Digitized by Google

zum Teil hingewiesen hat; einmal die Zerkleinerung des Fördergutes, die bei Steinkohle nicht außer acht zu lassen ist, dann aber auch die Frage, wie mit dieser Förderanlage gleichzeitig Seilfahrt durchgeführt werden kann, d. h. auch Menschen befördert werden können. Hierfür müßten besonders geeignete Gestelle geschaffen werden. Immerhin ist zu wünschen, daß diese billigere und maschinentechnisch günstigere Fördereinrichtung auch in Deutschland immer mehr Eingang findet.

Vortragender: Ich möchte Herrn Prof. Dr. SCHMIDT auf seine erste Frage antworten, daß der Iversen-Fahrtregler für Drehstromfördermaschinen bereits seit einigen Jahren in Betrieb ist und sich absolut einwandfrei bewährt hat. Er ist auch in beiden Anlagen von dem Fahrtregler-Ausschuß des Grubensicherheitsamts abgenommen worden; die Prüfungen sind mit der bei solchen Fahrtreglern erforderlichen Schärfe vorgenommen worden.

Was Herr Prof. SCHMIDT über die Gefäßförderung gesagt hat, unterschreibe ich ohne weiteres. Es sind tatsächlich in der Hauptsache bergtechnische Gründe, die gegen die Einführung der Gefäßförderung im Steinkohlenbergbau sprechen. Ich habe aber den Eindruck, daß die Herren Bergwerksdirektoren die Vorteile der Gefäßförderung etwas mehr würdigen sollten. Denn die Unterschiede in den Anlage- und vor allem in den Betriebskosten sind so groß, daß selbst eine Vermehrung des Abriebes um einige Prozent kaum eine Rolle spielt, und mehr ist es bei richtig ausgeführter Förderung, d. h. bei Gefäßen mit Bodenentleerung, nicht. Die Frage der Seilfahrt muß allerdings von Fall zu Fall gelöst werden, u. zw. möglichst mit einer besonderen Fördermaschine. Ich war leider nicht bei der letzten Sitzung des Reichskohlenrats anwesend. Da wies Herr Berghauptmann HATZFELD bei Erörterung dieser Frage auf die Frage der Sicherheit hin. Die Einführung der Gefäßförderung führt nämlich dazu, daß für die Seilfahrt eine besondere Maschine in Frage kommt und daß diese besondere Maschine sehr viel weniger beansprucht wird, als wenn man sie auch für die Steinkohlenförderung benutzt. Also die Sicherheit ist nicht nur gefühlsmäßig, sondern auch praktisch für die Personenförderung viel günstiger. Bei kleinen Maschinen, z. B. in Erzbergwerken, wo die Belegschaft nur gering ist, kann man unter das Gefäß ein oder zwei Bühnen einbauen, in denen man die Leute einhängt. Einige andere Fragen, wie z. B. auch die Einbringung des Versatzes, müssen von Fall zu Fall gelöst werden. Ich gebe dem Wunsche Ausdruck, daß auch der Steinkohlenbergbau sich der Einführung der Gefäßförderung gegenüber nicht so ablehnend verhält, wie das bisher der Fall ist, sondern die Vorteile dieser Förderungsart mehr als bisher prüft und würdigt.

Elektrotechnischer Verein e. V.
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 7 Pallas 7286.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Kommission für Freileitungen.

Die Hauptverwaltung der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft teilt unter dem 9. Juli 1930 — 35 Lwk 100 — mit, daß jetzt hinsichtlich der Zuständigkeit für Kreuzungsfragen in den einzelnen Bezirken insofern eine Vereinfachung eingetreten sei, als die Reichsbahn im Bereich der Reichsbahndirektionen Dresden und Stuttgart nicht mehr durch die Reichsbahn-Betriebsämter oder -Neubauämter und im Bereich der Reichsbahndirektion Karlsruhe nicht mehr durch die Reichsbahn-Bauämter oder -Neubauämter vertreten würde, sondern daß die Vertretung einheitlich im ganzen Reichsgebiet durch die Reichsbahndirektionen erfolge.

Infolgedessen wird Fußnote 2 zu den

„Bahnkreuzungsvorschriften für fremde Starkstromanlagen B. K. V./1930"

in den nachstehenden Wortlaut abgeändert:

Bahnkreuzungsvorschriften für fremde Starkstromanlagen B. K. V./1930.

Fußnote 2 erhält folgenden Wortlaut:

„[2] Soweit nicht in den nachfolgenden Bedingungen anders bestimmt ist, sind die Reichsbahndirektionen zuständig."

Verband Deutscher Elektrotechniker
Der Generalsekretär:
I. V. Zimmermann.

SITZUNGSKALENDER.

Elektrotechn. Verein Chemnitz. 11. IX. 1930, abds. 7½ h, Festsaal der Staatl. Akademie für Technik, Filmvortrag Dr.-Ing. Geisen, „Die Bayerische Zugspitz-Bahn".

Deutsche Maschinentechn. Gesellschaft, Berlin. 16. IX. 1930, abds. 7 h, gr. Saal des Ingenieurhauses, Friedrich-Ebert-Str. 27: a) Vortrag Prof. Dipl.-Ing. Hanner, „Über die Ausbildung der Studierenden an den T. H.". b) Lichtbildervortrag Geh. Baurat Dr.-Ing. Schwarze, „Über die Ausbildung u. Weiterbildung der akadem. Beamten bei der Deutschen Reichsbahn".

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

A. Schuchardt. — Am 4. IX. d. J. beging Herr Kommerzienrat August Schuchardt, Vorstandsmitglied der Firma Thiel & Schuchardt AG., Ruhla, seinen 70. Geburtstag. Er nahm schon 1893 die Fabrikation elektrotechnischen Installationsmaterials, besonders von Fassungen, auf, ist Ehrenvorsitzender der Vereinigung von Fabriken für Elektro-Installations-Gegenstände, Vorsitzender der Fachgruppe 12 im Vorstandsrat des Zentralverbandes der deutschen elektrotechnischen Industrie und Mitglied der VDE-Kommission für Installationsmaterial sowie der Industrie- und Handelskammer von Weimar.

Auszeichnungen. — Prof. Dr. A. Korn, Berlin, wurde von der T. H. Breslau in Anerkennung seiner außerordentlichen Verdienste um die Bildtelegraphie die Würde eines Dr.-Ing. E. h. verliehen.

BRIEFE AN DIE SCHRIFTLEITUNG.

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Schriftleitung und ohne deren Verbindlichkeit.)

Verlustwinkel- und Wirkungsgradmessungen mittels des thermischen Wattmeters.

In dem interessanten Aufsatze von Dr. A. HERCZEG, München, in der ETZ 1930, S. 421 wird über die Verlustwinkelmessung mit Hilfe der Schering-Brücke folgende Bemerkung gemacht:

„Bei betriebsmäßigen Messungen wird der Umstand stören, daß, da bei größeren Kabellängen ein Widerstandszweig der Brücke sehr klein werden muß, die Empfindlichkeit der Brücke herabgesetzt wird."

Der Unterzeichnete möchte darauf hinweisen, daß dies — wie von ihm im Arch. El.[1] nachgewiesen wurde — für die im allgemeinen übliche Verwendungsart der Schering-Brücke nicht der Fall ist. Verwendet man nämlich für die Messungen von kleinen und großen Kapazitäten denselben Normalkondensator und dasselbe Vibrationsgalvanometer, läßt man weiter den vierten Brückenzweig unverändert, der aus einem Widerstand von der Größe $\frac{1000}{\pi}$ und einem parallel geschalteten Kondensator besteht, und wählt man schließlich einen solchen Nebenschluß im dritten Brückenzweig, daß der größte Teil des Ladestromes der zu messenden Kapazität durch den Nebenschluß hindurchgeht, so wird die Empfindlichkeit der Brücke mit wachsender zu messender Kapazität immer größer, um einem durch die Größe der Kapazität des verlustlosen Normalkondensators bedingten Grenzwerte zuzustreben. Ist die Kapazität des zu messenden Kondensators ein erhebliches

[1] Tschiassny, Arch. El. Bd. 18, S. 248 (1927); Ref.: ETZ 1927, S. 1419.

Digitized by Google

Vielfaches der Kapazität des normalen Kondensators, so ist dieser Grenzwert beinahe erreicht; es bleibt dann für diesen Fall die Genauigkeit der Brücke mit wachsender Kapazität praktisch unverändert, ein Sinken der Genauigkeit tritt jedoch in keinem Falle ein.

Bratislava (Preßburg), 22. IV. 1930.

Ludwig Tschiassny.

Erwiderung

Herr TSCHIASSNY scheint mir keinen Einwand gegen meine durch ihn zitierte Behauptung zu erheben. Ich sprach von der Empfindlichkeit der Brücke — in seiner interessanten Arbeit im Archiv war von der Genauigkeit die Rede. Es sind damit nach meiner Ansicht zwei zwar zusammenhängende, aber nicht identische Eigenschaften einer Methode gemeint. Die Genauigkeit kann als mathematische Größe wohl dieselbe bleiben, wie auch die Brückenzweige eingestellt sein mögen, nicht aber die Empfindlichkeit, worunter ich die Änderung des Galvanometerstromes mit einer der ins Auge gefaßten Größen der Brücke verstehen möchte. Mit anderen Worten, man kann wohl theoretisch mit derselben Genauigkeit z. B. kleine und große Widerstände in derselben Brückenanordnung messen, es wird aber wohl zu überleger sein, ob stets die gleich gute Beobachtungsmöglichkeit gewährleistet sein wird. Offenbar wird das nicht der Fall sein; hierauf kommt es aber in der Praxis an.

Man kann die Sache auch von dem Standpunkte aus ansehen, daß die Übergangs- und Zuleitungswiderstände nicht bei jeder Brückeneinstellung die gleiche Rolle spielen. Werden die Vergleichswiderstände in einem Brückenzweig klein (lange Kabelstücke), so werden diese Größen beginnen, eine wesentliche Rolle zu spielen. Die betreffenden Widerstände werden auch eine stärkere Strombelastung erfahren, was auch thermische Effekte involvieren wird. Mit einem Wort, man kann wohl dieselben Überlegungen anstellen wie bei Gleichstrom, wo man auch die Abstufung kennt, Wheatstonesche, Thomsonsche Brücke, Strom- und Spannungsmessung.

Die letzterwähnte Methode bleibt für schwierige Fälle doch immer vorbehalten und aus diesem Gesichtspunkte war auch die Methode des thermischen Wattmeters mit den nötigen Vorbehalten für besondere Fälle empfohlen.

München, den 30. V. 1930. A. Herczeg.

LITERATUR.

Besprechungen.

Der Einphasen-Bahnmotor. Kritik u. Ersatz seines Vektor-Diagramms. Von Dr.-Ing. K. Töfflinger. Mit 26 Abb. u. 51 S. in gr. 8°. Verlag R. Oldenbourg, München u. Berlin 1930. Preis geh. 4.20 RM.

Es werden zunächst die Ursachen der Abweichung im Verhalten des Einphasen-Rheihenschlußmotors gegenüber der Vorausberechnung eingehend besprochen und diese im wesentlichen in der Abweichung der Kurven des Flusses und des Stromes von der Sinusform erblickt. Ein graphisches Annäherungsverfahren wird dann beschrieben, um unter Vernachlässigung der durch die Nutung hervorgerufenen Oberwellen und der Rückwirkung der Kurzschlußströme die Fluß- und Stromkurven bei gegebenem zeitlichen Verlauf der Klemmenspannung zu bestimmen[1]. An dem Beispiel eines Bahnmotors für 423 kW wird dann für verschiedene Betriebszustände der zeitliche Verlauf des Stromes, des Flusses, des Streuspannungsverlustes der in einer kurzgeschlossenen Ankerspule induzierten EMK der Ruhe, der resultierenden EMK und der für das Rundfeuer maßgebenden Stegspannung sowie das aus diesen Kurven berechnete Drehmoment, die Drehzahl und der Leistungsfaktor ermittelt.

Als Ergebnis der Untersuchung findet man die schon bekannte Tatsache, daß bei sinusförmiger Klemmenspannung der Strom eine spitzere, der Fluß eine flachere Kurvenform aufweist als die Sinusform[2]. Beachtenswert wird die vorliegende Arbeit aber dadurch, daß die Auswirkung dieser Einflüsse hier an einem praktischen Beispiel quantitativ untersucht wird. Als Folge der Abweichung der Flußkurve von der Sinusform ergibt sich hauptsächlich eine beträchtliche Vergrößerung der EMK in den von Bürsten kurzgeschlossenen Ankerspulen und der Stegspannung. Die Abweichung der Stromkurve von der Sinusform wirkt sich auf die maßgebenden Betriebsgrößen nur in geringem Maße aus.

Die kleine Schrift bedeutet eine wertvolle Bereicherung unserer Kenntnis über die Vorgänge in Einphasen-Reihenschlußmotoren und kann den Fachgenossen, die mit dem Entwurf solcher Maschinen zu tun haben, aufs beste empfohlen werden. R. Richter.

Grundlagen und Entwicklung der Energiewirtschaft Österreichs. Offizieller Bericht des Österr. Nationalkomitees der Weltkraftkonferenz. Von Dr.-Ing. O. Vas. Mit 94 Abb. u. 1 mehrfarb. Karte u. 189 S. in 4°. Verlag Julius Springer, Wien 1930. Preis kart. 20 RM.

Dr. Vas hat einen glücklichen Mittelweg gefunden zwischen streng wissenschaftlicher, sachlicher Darstellung und einer mehr erzählenden, bildmäßigen Schilderung, wie sie wohl der Mehrheit der Konferenzteilnehmer näherliegen dürfte.

Zuerst werden die Brennstoffe, ihr Vorkommen, ihre Förderung und Bewirtschaftung in übersichtlicher Form besprochen. Dann folgen die Wasserkräfte, u. zw. Niederschläge und Abflußverhältnisse, der Bestand und die bisherige Ausnutzung der Vorkommen. Die Elektrizitätsversorgung bildet den Hauptteil des Buches; in dem jedem einzelnen Bundesland gewidmeten Kapitel sind auch Beschreibungen der bedeutenden Großkraftwerke sowie der wichtigsten Projekte eingestreut. Das nächste Kapitel bringt die Elektrisierung der österreichischen Bundesbahnen mit interessanten, neuen Betriebsergebnissen und einem Ausblick in die Zukunft. Schließlich folgt eine Übersicht der österreichischen Gesetzgebung und Verwaltung auf dem Gebiet des Wasser- und Elektrizitätsrechtes. Die beigegebene Karte samt Tabelle ist das Ergebnis einer langjährigen Zusammenstellung des Ministerialrates Ing. Fuhrmann über österreichische Kraftwerke und Leitungen, wobei auch die Entstehungszeit vor und nach dem Krieg unterschieden ist.

Der Fachmann wird an dem neuen Werk mit Freude das Überhandnehmen des elektrizitätswirtschaftlichen Materiales begrüßen. Außerdem heben wir hervor: Charakteristische Abflußkurven wichtiger Flußgebiete, eine Übersicht der ausgeführten und geplanten Speicheranlagen nach Kühnelt, eine wertvolle Zusammenstellung und übersichtliche Gruppierung des gesamten von dem WEWA und dem Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft gesammelten einschlägigen statistischen Materials, so z. B. die Gliederung des bisherigen Ausbaues und der Erzeugung nach Verwendungszwecken und nach Ländern. Dr. Vas bringt auf Grund mühevoller Sammelarbeit das erstemal die zahlenmäßige Entwicklung der hydraulischen und kalorischen Ausbautätigkeit Österreichs seit den Anfängen der Elektrizitätswirtschaft; hierbei zeigt sich ein erfreuliches Anwachsen der Ausbautätigkeit von Wasserkraftanlagen nach dem Krieg, welches nach vorübergehender Senkung in den Jahren 1926 und 1928 nun wieder, vor allem infolge der Bauten des RWE, im Fortschreiten begriffen ist. Viele Tabellen und Einzeldarstellungen sind der Entwicklung und Produktion der einzelnen Elektrizitätswerke gewidmet, so finden wir sogar die Produktionsverteilung während des Jahres von 12 bedeutenden Unternehmungen. Auch die bedeutenden Höchstspannungsleitungen sind in ihren charakteristischen Werten wiedergegeben. Die Beschreibung der wichtigsten Großkraftwerke, Unterwerke und Leitungen, sowohl auf dem Gebiete der allgemeinen Elektrizitätswirtschaft als auch bei den Eigenanlagen der Industrie, ist durch viele charakteristische Lichtbilder unterstützt. Auch die heute im Vordergrund des Interesses stehenden Großprojekte an der Donau und in den Alpen, an der Traun und in den Tauern, an der Mur und Enns, in Westtirol und Vorarlberg sind eingehend besprochen.

Dem Österreichischen Nationalkomitee und dem Verfasser gebührt Dank, daß sie anstatt einer unorganischen Reklame von Einzelfirmen eine geordnete, sachliche, von einem höheren Gesichtspunkt geleitete Darstellung gebracht haben. Diese wird über ihre unmittelbare Aufgabe: „der Welt vom gegenwärtigen energiewirtschaftlichen Schaffen und Streben Österreichs ein Bild zu geben“ hinaus in der Bibliothek jedes Fachmannes sowie in der Hand der Studierenden auf dem Gebiet von Technik und Volkswirtschaft ein dauernd wertvolles Nachschlagebuch bleiben. J. Ornig.

[1] Vgl. auch S. 1285 dieses Heftes.

[2] Es sei hier auf die Untersuchung von Olsson-Granborg in den „Arbeiten des Elektrotechnischen Instituts der Technischen Hochschule Karlsruhe“ Band III hingewiesen, welche diese Frage behandelt, in dem der Schrift beigefügten Literaturverzeichnis aber nicht angegeben ist.

Digitized by Google

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Elektroindustrie und Elektroaußenhandel Dänemarks[1]. — Der gegenwärtige jährliche Bedarf Dänemarks an elektrotechnischen Erzeugnissen konnte für 1927 auf rd. 50 Mill RM geschätzt werden, wovon etwas über 40 % durch Import gedeckt worden sind. Außerdem führte Dänemark bei einer insgesamt 43,7 Mill RM betragenden elektrotechnischen Eigenerzeugung für 15,8 Mill RM Elektrowaren aus, also mehr als ein Drittel der Produktion. Hauptzweige der dänischen Elektroindustrie, die sich auf über 20 Fabrikationsgesellschaften verteilt, sind Kabelbau, Herstellung von Drähten und sonstigen Installationsmaterialien, schwachstromtechnische Erzeugung, Fabrikation von kleineren Motoren, Haushaltapparaten, Batterien usw. Als größte Firmen des Landes sind zu nennen die Nordiske Kabel- und Draht-Fabriek (10,0 Mill Kr Aktienkapital), Hallesens Euke & V. Ludvigsen (2,5 Mill Kr) und L. Knudsen Mekaniske Etablissement (2,0 Mill Kr). Die Zahl der in dieser Industrie beschäftigten Arbeiter betrug bereits 1927 über 3400.

Wie die steigenden Einfuhrziffern andeuten, ist Dänemark als Markt für elektrotechnische Erzeugnisse dauernder Beachtung wert. Nach Angaben des Zentralverbandes der deutschen elektrotechnischen Industrie hat die Elektroeinfuhr wie folgt zugenommen:

Jahr	Einfuhrwert Mill RM	nach Abzug d. Wiederausfuhr Mill RM
1925	17,10	16,39
1926	22,82	21,57
1927	23,56	21,77
1928	27,39	25,70

Mehr als ein Viertel dieses Imports entfällt auf Radiomaterial, auf Maschinen, Motoren und Staubsauger etwa auch ein Viertel, auf Glühlampen mehr als 10 %. Im Jahr 1929 ist außer Maschinen und Glühlampen besonders die Einfuhr von Radiomaterial weiterhin ganz erheblich gestiegen.

Die wichtigsten Bezugsländer, deren Gesamtanteil an der elektrotechnischen Einfuhrziffer Dänemarks mehr als neun Zehntel beträgt, waren nach Angaben des Z. V.:

Bezugsländer	Einfuhr in Mill RM			
	1925	1926	1927	1928
Deutschland	9,89	12,03	12,16	13,54
Schweden	1,50	2,46	2,80	2,82
Niederlande	1,58	2,02	2,54	3,68
V. S. Amerika	1,51	1,97	2,02	2,23
Großbritannien	1,48	2,08	1,63	2,88
Frankreich	0,43	1,00	0,64	0,78

Der Anteil Deutschlands betrug nach den Ziffern von 1928 weniger als 50 % gegenüber 58 % im Jahr 1925; beachtenswert ist die anteilmäßig bedeutende Steigerung der Einfuhr aus den Niederlanden (Radiomaterial und Glühlampen), Schweden (Staubsauger) und den V. S. Amerika (Batterien, Haushaltapparate). Nach der deutschen Ausfuhrstatistik ist der elektrotechnische Export nach Dänemark von 12,58 Mill RM in 1927 und 14,58 Mill RM in 1928 auf 16,88 Mill RM im Jahr 1929 angewachsen; von der letztgenannten Ziffer entfielen auf Glühlampen 2,06, auf Radiomaterial 3,95, auf Kabel 1,01, auf elektrische Maschinen und Transformatoren 0,91 und auf Meß- und Zählapparate 0,81 Mill RM. Elektrische Haushaltapparate finden trotz der hohen Stromtarife verhältnismäßig verbreitete Anwendung. Nach amerikanischen Angaben[2] betrug der Wert der in Dänemark abgesetzten Staubsauger 1925 1,75 Mill Kr und stieg bis 1927 auf etwa 4,0 Mill Kr, ist aber 1928 auf schätzungsweise 3,0 Mill Kr gesunken. 45 % des Absatzes entfielen auf dänische Unternehmungen, fast 40 % auf eine schwedische Spezialfirma und der Rest auf zwei deutsche Gesellschaften; noch vor wenigen Jahren war der dänische Anteil ganz gering, während gegenwärtig die dänische Produktion von Staubsaugern auf 3,5 Mill Kr geschätzt werden kann, wovon rd. die Hälfte nach Großbritannien, Norwegen usw. ausgeführt wird. Elektrische Kühlanlagen finden zwar sowohl für Haushalts- als für gewerbliche Zwecke nur geringe Verwendung, doch wächst der Bedarf allmählich; an seiner Deckung sind vier dänische Firmen beteiligt. Die Eigenproduktion von Bügeleisen, die 1928 einen Wert von 0,131 Mill Kr und 1929 schätzungsweise von 0,150 Mill Kr hatte, beträgt z. Z. rd. 1000 Stück jährlich. Der Absatz elektrischer Ventilatoren ist aus klimatischen Gründen nur schwach entwickelt und dürfte jährlich kaum mehr als 10 000 ... 20 000 Kr betragen. Wenig verbreitet ist, vor allem infolge der hohen Stromkosten, die Verwendung elektrischer Waschmaschinen, Heiz- und Kochapparate. Der dänische Bedarf an Kleinmotoren mit einer Leistung von weniger als 1 PS wird jährlich auf 25 000 ... 30 000 Stück geschätzt. Sie finden hauptsächlich bei der Herstellung haus- und landwirtschaftlicher Geräte Verwendung. Dänische Firmen wie Th. B. Thrige, A. S., Odense, A. S. Titan usw. decken rd. drei Viertel dieses Bedarfs, den Rest hauptsächlich deutsche und schwedische Gesellschaften[1].

A. Fr.

Die Schwachstromindustrie der UdSSR im Wirtschaftsjahr 1928/29. — Eine besonders stürmische Entwicklung zeigt in den letzten Jahren die Schwachstromindustrie der UdSSR, vereinigt im Trust Elektroswjas, die früher in Rußland ganz unbedeutend war. Ihre Jahresproduktion (I. X. 1928 bis 30. IX. 1929) erreichte — die Preise nach den Verkaufspreisen des Jahres 1926/27 gerechnet — 65,811 Mill Rbl gegen 39,2 im Vorjahr und 25,3 Mill Rbl in 1926/27[2]. Die Zahl der Fabrikarbeiter wuchs von 9012 auf 10 911. An Beamten waren im Jahresmittel 2522 (1869 i. V.) beschäftigt. Außerdem arbeiteten in den zentralen Forschungsinstituten des Trusts am Jahresende noch 563 Angestellte, während bei der Verwaltung und in den Provinzabteilungen weitere 633 tätig waren.

Die Menge der einzelnen Erzeugnisse ist aus nachstehender Übersicht zu ersehen:

Erzeugnisse	Stück
Telephonapparate Z. B.	35 173
„ O. B.	35 326
„ selbsttätig	10 250
Kopfhörer	764 100
Meßinstrumente	70 169
Zähler	133 507
Radiolampen	1 424 558
Lampen für Beleuchtungszwecke	7 808 000
Röntgenröhren	1 721

Dem Wert nach standen Radioapparate an erster Stelle (23,3 Mill Rbl), dann folgten die Telephonie (16,6 Mill Rbl), die Lampen für Radio und Beleuchtung (11,1 Mill Rbl) und Bahnsignaleinrichtungen. Das Jahresprogramm nach dem Fünfjahrplan haben die Fabriken mit einem Überschuß von 5,5 % erfüllt.

Was den technischen Fortschritt betrifft, so ist die Errichtung einer Sendestation für drahtlose Telephonie in Moskau (75 kW) zu erwähnen, des Rundfunksenders der Allräte-Zentralen Vereinigung der Gewerkschaften (WZSPS). Drei solche Stationen (je 100 kW Antennenleistung) befinden sich noch für das Volkskommissariat für Post und Telegraphie im Bau. Neue Apparate wurden für die Bildtelegraphie entwickelt, so auch für Tonfilme nach den Erfindungen des Ing. Schorin. Auch an der Entwicklung des Eisenbahnsignalwesens und der Feuermeldeapparate hat man sehr eifrig gearbeitet. Eine Reihe neuer Radioapparate kam auf den Markt.

Importiert hat der Trust aus dem Ausland Waren für 3,8 Mill Rbl, wovon 1,1 Mill Rbl auf Rohstoffe und Halbfabrikate für die Erzeugung entfielen. Die Ausfuhr, besonders nach Persien, hatte einen Wert von 130 000 Rbl. Der Jahresumsatz der Schwachstromindustrie erreichte 51,6 Mill Rbl, was trotz der erheblichen Preissenkungen einen Zuwachs gegen das Jahr 1927/28 um 69 % ergibt, und anfangs Oktober 1929 lagen Bestellungen für 108,4 Mill Rbl vor.

Die Abteilung für Telephonie beendete die Anlage der ersten russischen selbsttätigen Fernsprechzentrale in Rostow a. D. für 6000 Teilnehmer und ist mit dem Bau von fünf Zentralen für Moskau (50 000 Anschlüsse) beschäftigt, welche im laufenden Jahr nacheinander in Betrieb gesetzt werden sollen.

Der Fünfjahrplan der Schwachstromindustrie sieht für 1929/30 eine Erhöhung des Programms um 57 % vor.

G. Sekej.

Aus der Geschäftswelt. — Interessen-Gemeinschaft Westfalen zur Förderung des Elektrizitätsverbrauchs, G. m. b. H., Dortmund (20 000 RM): Gemeinsame Förderung der Interessen der Gesellschafter durch Verkauf von Stromverbrauchskörpern, Werbung usw.

[1] Vgl. ETZ 1927, S. 127.
[2] H. Sorensen in den Commerce Reports vom 30. XII. 1929, S. 807.

[1] Commerce Reports vom 23. VI. 1930, S. 751.
[2] 1 Rbl = 2,15 RM.

Abschluß des Heftes: 6. September 1930.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

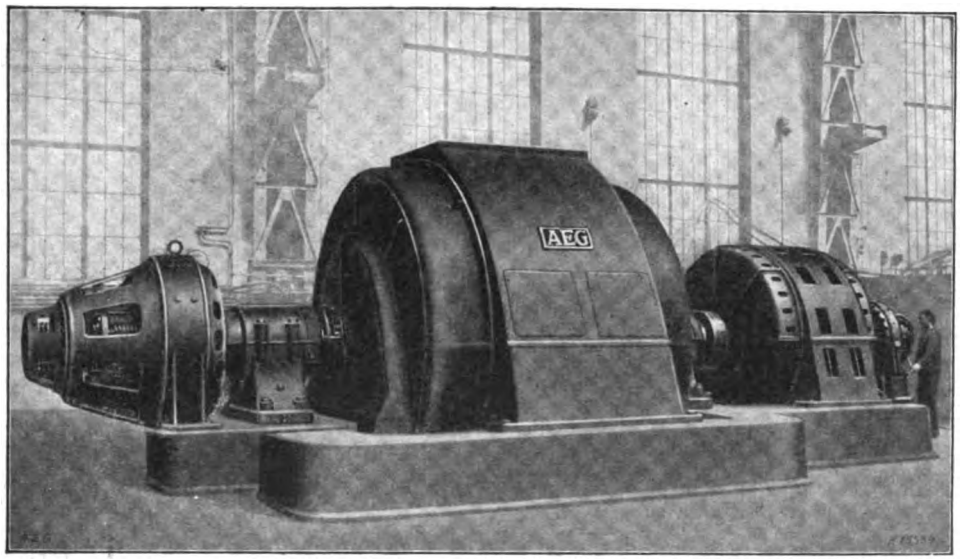
Digitized by Google

30000 kVA-Synchron-Phasenschieber.

Mitteilung der AEG.

Die Forderung nach Gleichhaltung der Netzspannung in den Verbrauchschwerpunkten elektrischer Energie ebenso wie die Notwendigkeit höchstmöglicher Ausnutzung der Hochspannungsleitungen, also Übertragung möglichst großer Wirkleistungen bei gegebenem Seilquerschnitt der Fernleitung, ergeben die Notwendigkeit, Großkraft-Übertragungsleitungen von der Mitführung wattloser Ströme zu entlasten. Die im Verteilungsnetz benötigte induktive Blindleistung soll daher wenigstens teilweise nahe dem Verbrauchsschwerpunkt erzeugt werden. Die gemeinsame Erfüllung beider Aufgaben wird in Großkraftnetzen häufig mit Vorteil von umlaufenden Phasenschiebern übernommen. Ihre Anwendung vermag zugleich einen merklichen Teil der beim Hochfahren langer Fernleitungen benötigten kapazitiven Blindleistung zur Verfügung zu stellen und damit deren Betriebführung zu erleichtern.

Mehrere derartige Phasenschieber — synchroner und asynchroner Arbeitsweise — die schon ihrer hohen Leistung wegen bemerkenswert sind, wurden von der AEG in der letzten Zeit zur Ablieferung gebracht. Die Abbildung zeigt einen dieser Synchron-Phasenschieber, der bei 11 kV Klemmenspannung, einer Netzfrequenz von 60 Per/s und einer Drehzahl von 600 U/min eine nacheilende oder voreilende Blindleistung von 30 000 kVA abzugeben vermag.



30 000 kVA Synchron-Phasenschieber mit Erregersatz und Anwurfmotor.

Bei derartigen Aggregaten muß stetige Bereitschaft und die Möglichkeit sofortigen Eingreifens gewährleistet sein. Der Gesamtbetrieb dieses Phasenschiebers wurde daher automatisiert. Dies ermöglichte die Einhaltung der vorgeschriebenen Höchstzeit von 90 s zwischen Stillstand und Synchronisier-Bereitschaft. An die Durchbildung der Automatik wurden besondere Anforderungen dadurch gestellt, daß der eigentliche Phasenschieber-Betrieb d. h. Anlauf, Schaltung auf die Netzsammelschienen, Spannungsreglung des Verteilungsnetzes, Wiedersynchronisierung nach Störungen und Stillsetzung mittels elektrischer Bremsung wahlweise automatisch oder von Hand durchgeführt werden soll. Durch Einführung von Verriegelungen, die Fehler in der richtigen Folge der einzelnen Schaltvorgänge ausschließen, wird hinreichende Betriebsicherheit auch bei Handbedienung erzielt. Die Heranziehung des Phasenschiebers zum Aufladen der Fernleitungen erforderte die Ausrüstung mit einem Antriebmotor von 3000 PS Stundenleistung. Sein Vorhandensein schränkt die Anfahrstromstöße auf praktisch bedeutungslose Werte ein und gestattet gleichzeitig Stillsetzung des Aggregates mittels elektrischer Bremsung in einem Zeitraum von 75 s. Im Ladebetrieb wird der Anwurfmotor von einem im Verbrauchschwerpunkt befindlichen Dampfkraftwerk mit Energie gespeist. Auch hierbei erfolgt der Anlauf nach Einstellung eines die Betriebweise festlegenden Wählerschalters automatisch, während die Einstellung der Ladeleistung bzw. der Netzspannung von Hand erfolgt. In Gefahrfällen erfolgt die Stillsetzung gleichfalls automatisch.

Das vollständige Maschinenaggregat umfaßt:
den eigentlichen Synchron-Phasenschieber für 30000 kVA Nennleistung,
den Gleichstrom-Erregersatz, bestehend aus Haupt- und Hilfserreger,
den synchronisierten Induktionsanwurfmotor mit zugehörigem Gleichstromerreger,
und die für Anlauf bzw. Synchronisierung vorgesehenen Hilfsmotoren (Ölpumpe für Entlastung der Hauptlager, Verstellmotor zur Verdrehung des Ständers des Anwurfmotors).

Das Aggregat ist auf gemeinsamer Grundplatte aufgebaut; ihre Ausbildung erlaubt axiales Herausfahren des Polrades, um ein Abheben des Ständeroberteils der Hauptmaschine bei Instandsetzungen zu ersparen. Von den Hilfsmotoren abgesehen sind die Läufe aller Maschinen unter sich starr gekuppelt.

Beim Aufbau des Phasenschiebers wurde die Verwendung von Gußteilen fast ganz vermieden. Das Ständergehäuse besteht aus geschweißten Stahlblechen. Die Läuferpole sind aus Blechen aufgebaut, die durch Druckplatten an beiden Enden und axial verlaufende Zugstangen zu einer konstruktiven Einheit verbunden sind. Ihre Verbindung mit den direkt auf die Welle aufgeschrumpften Jochringplatten erfolgt durch hammerkopfartig geformte Ansätze, die in entsprechende Nuten des Jochkörpers eingreifen.

Das den Anwurfmotor speisende Ortskraftwerk ist mit dem Fernkraftnetz synchron gekuppelt. Der Anwurfmotor fährt den Maschinensatz zunächst als gewöhnlicher Asynchronmotor hoch und wirft ihn nach Einschaltung seines Gleichstromerregers in die synchrone Drehzahl. Die Einstellung des Vektors der Phasenschieber-EMK in die Lage des Vektors der Netzspannung erfolgt durch Verdrehung des Ständers des Anwurfmotors. Die elektrische Bremsung wird durch Vertauschung von zwei Ständerphasen des Anwurfmotors und ihre Umschaltung von Dreieck auf Stern vorbereitet. Die kinetische Energie des Gesamtaggregates wird vom Flüssigkeitsanlasser des Anwurfmotors aufgenommen.

Die Verwendung eines aus Haupt- und Hilfserreger bestehenden Erregersatzes macht trotz weitgehender Abgabe kapazitiver Blindleistung (Selbsterregungsgrenze bei Nennspannung rd. 35 500 kVA) den Fortfall eines Energie verzehrenden Regelwiderstandes im Induktorkreis des Phasenschiebers möglich, erlaubt die Verwendung eines niedrig beanspruchten Tirill-Reglers im Feldkreis des Hilfserregers und ermöglicht endlich unter Anwendung einer Potentiometer-Schaltung im Feldkreis des Haupterregers unter Gegenerregung den Phasenschieber in Gefahrfällen vollständig und schnell spannungslos zu machen.

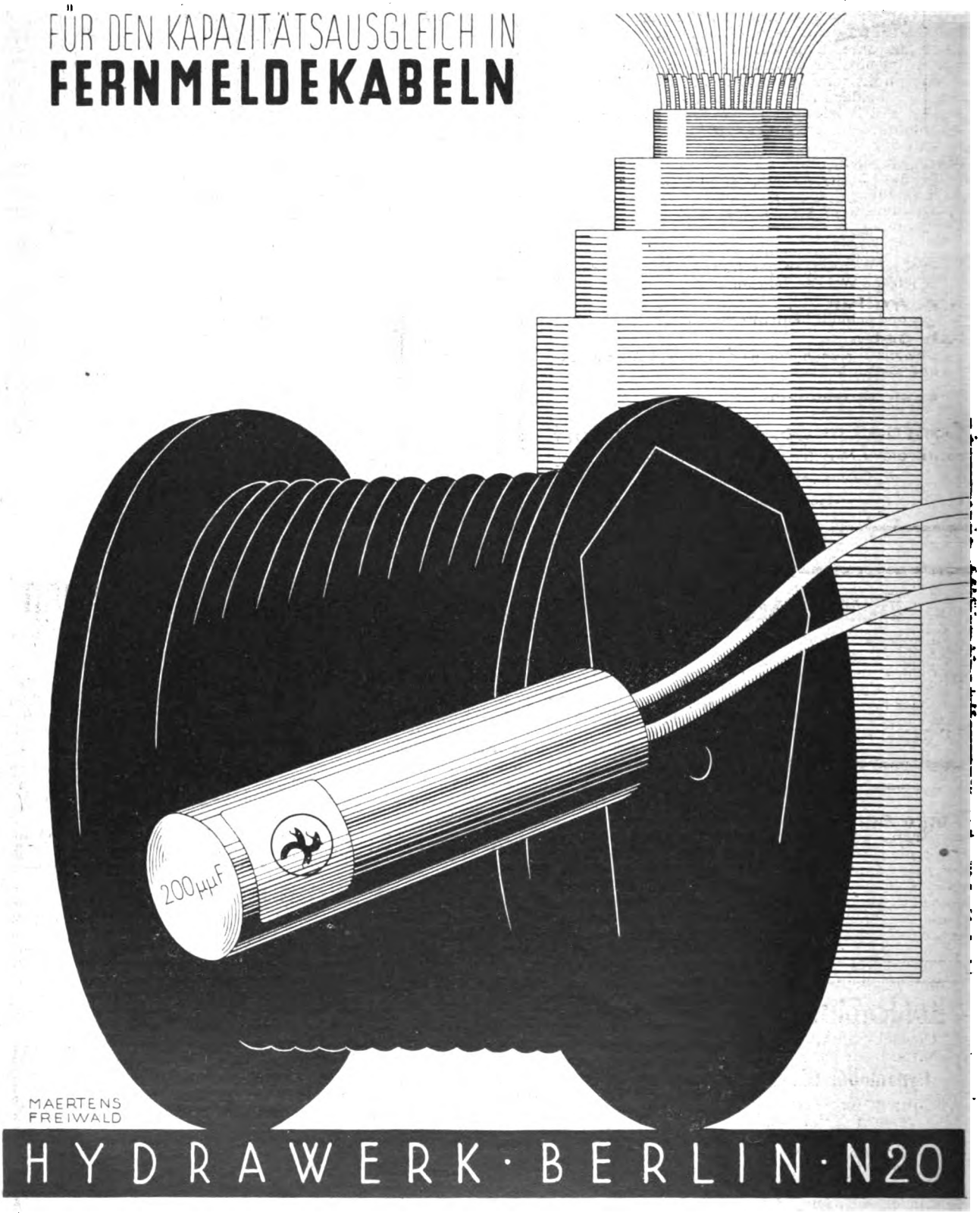
Die Verluste dieses 30000 kVA-Synchron-Phasenschiebers überschreiten bei Vollast (übererregt) kaum 2 v. H. seiner Nennleistung.

Von den Vollastverlusten entfällt annähernd ein Drittel auf Ventilations- und Reibungsverluste.

Digitized by Google

HYDRA KONDENSATOREN

FÜR DEN KAPAZITÄTSAUSGLEICH IN
FERNMELDEKABELN



HYDRAWERK · BERLIN · N20

Digitized by Google

Engineering Library

OCT 4 1930

E T Z

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

INHALT

Überlastung von Öltransformatoren mit Selbstkühlung. Von H. Salazin. 1317

Über eine Anordnung zur absoluten Drehzahl- und Frequenzmessung, insbesondere f. Eichzwecke. Von E. Hudec. 1322

Der Springschreiber T 30. Von E. Beier. 1323

Gleichmäßigkeit des Ganges v. Webstühlen u. der Wirkungsgrad der Motoren. Von F. Dittrich. 1328

Verkehrsentwicklung u. Untergrundbahn-Unternehmungen in Buenos Aires. Von A. Geldermann. 1329

Die 55/110 kV-Übertragungsleitung über den Paß Lueg. Von K. Riedlinger. (Schluß.) 1333

Betrachtungen über die Elektrizitätsversorgung Rumäniens. Von H. Thieß. 1335

Rundschau

Zur Projektierung von Lichtreklameanlagen. 1332

Die Übertragung großer Leistungen. 1337

Drehstrommotor m. selbsttätiger Anlaßvorrichtung. 1337

Neuer kompensierter Asynchronmotor. 1338

Kurven zur Berechnung des Skineffektes in Hohlleitern. 1338

Das Verhalten der Isolatoren geg. Überspannungen versch. zeitlichen Ablaufes. 1339

Amerikanische Kabelverlegungspraxis. 1339

Starrer, rostsicherer Widerstand von hoh. Festigkeit. 1339

Stroboskopische Zählereichung. 1340

Die Fahrleitung der spanischen Ferrocarriles Vascongados. 1340

Elektrische Zugförderung in Marokko. 1341

Schutz vor Rundfunkstörungen. 1342

Lichttagessignale bei der Reichsbahn. 1342.

Das Doppelsternkabel München—Augsburg. 1343

Eine mechanisch-elektrische Zugbeeinflussung. 1344

Steuerung für Greiferhubwerke. 1344

Energiewirtschaft. 1344

Vereinsnachrichten. 1345

Sitzungskalender. 1346

Briefe a. d. Schriftl.: Schneider. 1346

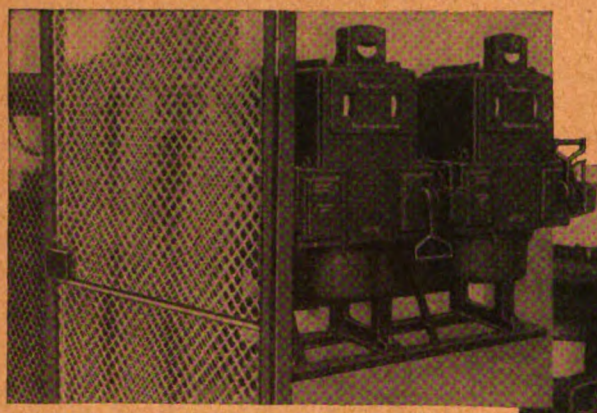
Literatur: M. Klein, M. Seidner, M. Süberkrüb. 1346

Geschäftliche Mitteilungen. 1347

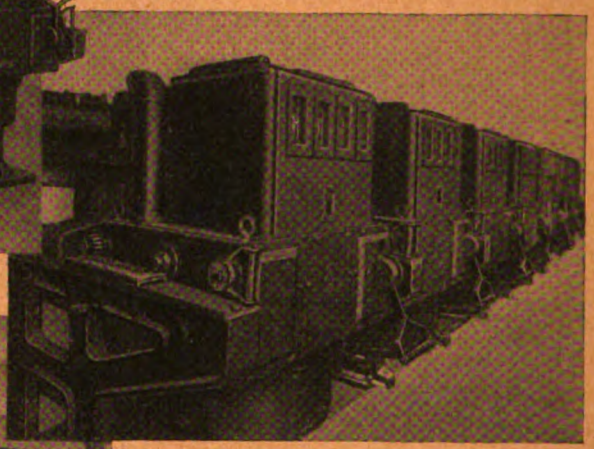
Bezugsquellenverzeichnis. 1348

38. HEFT · 51. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9
(1317-1348) 18. SEPTEMBER 1930

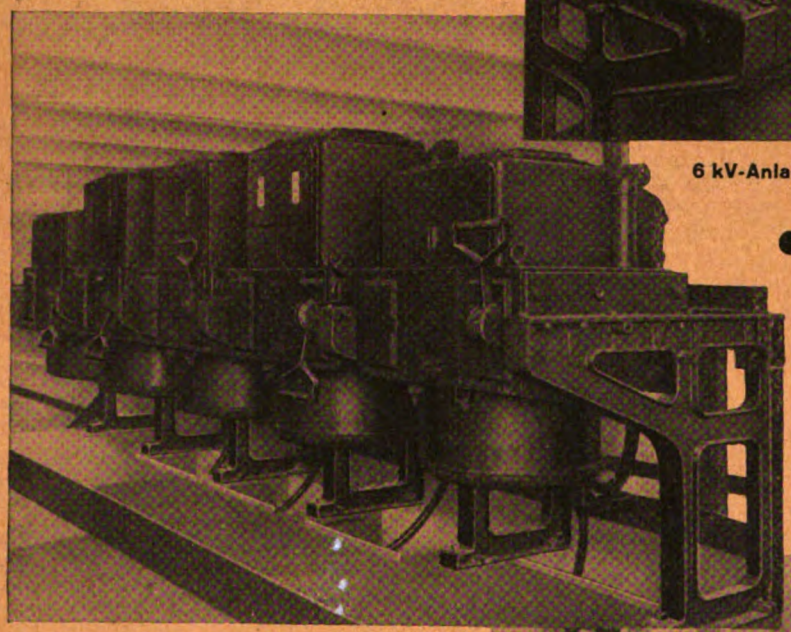
Digitized by Google



6 kV-Anlage im Keller eines Geschäftshauses



6 kV-Anlage im Keller eines Bürohauses

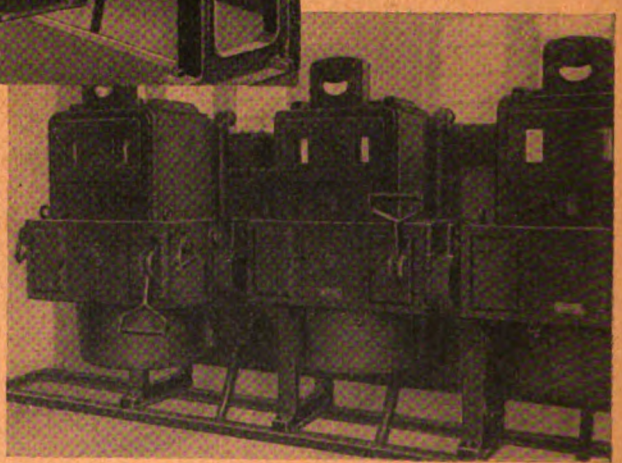


6 kV-Anlage im Keller eines Wohnhauses

- **Hauptvorteile:**
  - Geringer Raumbedarf
  - Vollkommener Berührungsschutz
  - Nur stromlos zu öffnende Trennstellen
  - Leichte und gefahrlose Überholung des herausgefahrenen Ölschalters
  - Einfache Montage
  - Leichter Zusammenbau zu größeren Schaltanlagen

Gußgekapselte Hochspannungs-Schaltanlagen

mit vergossenen Sammelschienen und ausfahrbaren Ölschaltern



6 kV-Anlage in freistehendem Häuschen

SIEMENS-SCHUCKERT

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

51. Jahrgang | Berlin, 18. September 1930 | Heft 38

Überlastung von Öltransformatoren mit Selbstkühlung.

Von Dipl.-Ing. H. Salazin, Berlin.

Übersicht. Es werden die Grundformeln für Erwärmungsvorgänge von Transformatoren abgeleitet und auf Grund von Erfahrungswerten Temperatur- und Überlastungskurven für eine Normaltype aufgestellt. Der Bereich dieser Kurven wird durch Zusatzrechnungen erweitert.

Die nachstehenden Ausführungen stellen keine Erweiterung der Erwärmungstheorie von Öltransformatoren vor, sondern es sollen im Rahmen der gebräuchlichen Rechnungsmethoden verschiedene Überlastungsmöglichkeiten untersucht werden, um dem Praktiker ohne Anwendung komplizierter Formeln die Beurteilung dieser Vorgänge zu erleichtern.

Zunächst sei die Aufgabe gestellt, die Erwärmung eines Öltransformators bei vorgeschriebenen Überlastungsbedingungen zu kontrollieren. Bekanntlich tritt hierbei das Erwärmungsproblem in doppelter Gestalt auf: einmal ist die Erwärmung des Ölbades über die Außentemperatur nachzurechnen, anderseits besteht zwischen dem Öl und der Wicklung bzw. dem Kern eine weitere Temperaturdifferenz. Die beiden Temperatursprünge müssen in der Rechnung einzeln behandelt werden, wie auch ihr Einfluß je nach der Dauer und Größe einer Überlastung durchaus verschieden ist.

Als Ausgangspunkt für die Berechnung seien die zum Teil aus anderen Veröffentlichungen[1] bekannten Formeln zusammengestellt.

Die in einem Körper erzeugte Wärme muß in jedem Augenblick gleich der Summe aus der aufgespeicherten und abgegebenen Wärme sein. Es ist also, wenn man die Zeit mit t und die Temperatur mit τ bezeichnet,

$$W\,\mathrm{d}t = C\,\mathrm{d}\tau + K\tau\,\mathrm{d}t.$$

Hierbei bedeuten:

W die je Sekunde erzeugte Wärmemenge,
C die Wärmekapazität des Körpers für 1 °,
K die abgegebene Wärmemenge je Sekunde für 1 °.

Im stationären Zustand möge der Körper seine Endtemperatur τ_e erhalten haben. Dann wird die gesamte erzeugte Wärme an die Umgebung abgeführt, da keine weitere Aufspeicherung mehr möglich ist. Es wird dann

$$W = K\tau_e.$$

Die Differentialgleichung erhält also die Form

$$K\tau_e\,\mathrm{d}t = C\,\mathrm{d}\tau + K\tau\,\mathrm{d}t.$$

Die Lösung lautet

$$t = \frac{C}{K}\,[C_1 - \ln(\tau_e - \tau)].$$

Setzt man für $t = 0$ die Anfangstemperatur τ_a des Körpers ein, so wird die Integrationskonstante

$$C_1 = \ln(\tau_e - \tau_a).$$

Der Quotient aus Wärmeinhalt und Wärmeabgabe ist die Zeitzahl des Körpers und soll mit T bezeichnet werden. Demnach wird

$$t = T \ln \frac{\tau_e - \tau_a}{\tau_e - \tau}. \qquad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Bei der vorstehenden Ableitung ist die vereinfachende Annahme gemacht worden, daß die Wärmeerzeugung konstant ist und daß die Wärmeabgabe sich proportional mit der Temperatur ändert.

[1] Z. B. A. Sieber, ETZ 1924, S. 769.

Die Zeitzahl wird nach der angegebenen Definition

$$T = \frac{C\tau_e}{W}. \qquad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

Für kurzzeitige Erwärmungsvorgänge, bei denen angenommen werden kann, daß fast die ganze erzeugte Wärme im Körper aufgespeichert wird, also praktisch die Abkühlung zu vernachlässigen ist, läßt sich die Gl. (1) auf einen linearen Ausdruck reduzieren; es folgt dann nämlich die Temperatur der Tangente an die Erwärmungskurve nach der Formel

$$t = T\frac{\tau - \tau_a}{\tau_e - \tau}. \qquad \ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

Aus den Gl. (1) und (3) lassen sich für eine Kontrolle der Temperatur durch einfache Umformung die Werte für τ ermitteln, u. zw. wird

aus Gl. (1)

$$\tau = \tau_e - \frac{\tau_e - \tau_a}{e^{t/T}}, \qquad \ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

aus Gl. (2)

$$\tau = \tau_a + (\tau_e - \tau_a)\frac{t}{T}. \qquad \ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

In Formel (4) bedeutet e die Basis des natürlichen Logarithmus; die Rechnung wird einfacher, wenn man den Numerus der Briggschen Logarithmen einführt; es ist dann für $e^{t/T}$ der Ausdruck $N\lg^{\frac{t}{2{,}3\,T}}$ einzusetzen.

Mit Hilfe der vorstehenden Formeln lassen sich Erwärmungsvorgänge durchrechnen, die auf der einfachen Annahme eines Körpers mit konstanter Wärmezufuhr und konstanter Wärmeabgabezahl beruhen. Ehe zur Auswertung der Formeln geschritten wird, sollen daher diejenigen Punkte berücksichtigt werden, in denen eine Abweichung von obigen Annahmen stattfindet. Bei der Erwärmung eines Öltransformators ist weder die Wärmezufuhr noch die Wärmeabgabezahl konstant. Die Wärmezufuhr ändert sich dadurch, daß die Wicklungsverluste, die einen beträchtlichen Teil der Wärmeerzeugung ausmachen, temperaturabhängig sind. Die Wärmeabgabe anderseits folgt nicht linear dem vorhandenen Temperaturgefälle, sondern nach einem anderen Gesetz. Außerdem ist noch zu berücksichtigen, daß die Umgebungstemperatur während des Erwärmungsvorganges nicht immer konstant bleibt, und daß ferner mit den einfachen Formeln nur Mittelwerte erfaßt werden, die über die räumliche Temperaturverteilung innerhalb des Körpers keinen Aufschluß geben.

Diese Abweichungen von der klassischen Erwärmungstheorie sind bereits von R. Küchler besprochen worden[2]. Nach den Ausführungen des entsprechenden Aufsatzes können die beiden zuletzt erwähnten Punkte — die Änderung der Umgebungstemperatur und die Temperaturverteilung im Körper — dadurch aus der Rechnung ausscheiden, daß man grundsätzlich mit Mittelwerten rechnet. Weiter ist die genaue Form der Erwärmungskurve ermittelt unter Berücksichtigung der zuerst erwähnten Abweichungen vom idealen Fall, d. h. der Unveränderlichkeit der Wärmeerzeugung und der Wärmeabgabeziffer. Das vorliegende Problem ist jedoch noch komplizierter, da es sich hier um die Addition zweier gleichzeitig stattfindender, aber in ihrer Natur durchaus verschiedener Erwärmungsvorgänge handelt, nämlich um die Erwärmung

[2] R. Küchler ETZ 1928, S. 1141.

Digitized by Google

des Öls einerseits und um die Erwärmung der Wicklung anderseits. Eine exakte Lösung dieses Problems scheint zur Zeit mit einfachen Mitteln noch nicht möglich. Es sollen daher die Vereinfachungen der klassischen Theorie beibehalten werden und die angegebenen Formeln (1) bis (5) Verwendung finden. Für die Anwendung dieser einfacheren Methode spricht noch der Umstand, daß die Änderung der Wärmeerzeugung und die Änderung der Wärmeabgabezahl in der gleichen Richtung verlaufen, so daß die Rechnung mit Mittelwerten bereits praktisch brauchbare Resultate ergibt.

Unter normalen Verhältnissen ist für die zulässige Erwärmung eines Transformators die in der Wicklung auftretende Temperatur maßgebend, die im Inland in den „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Transformatoren" (R.E.T.) begrenzt ist. Außerdem ist bei Öltransformatoren die Temperatur des Öls an der heißesten Stelle, d. h. gewöhnlich in der obersten Schicht, gleichfalls begrenzt und daher zu kontrollieren. Die Wicklungstemperatur setzt sich im einzelnen zusammen aus der Temperatur der Umgebung Θ, der mittleren Ölübertemperatur τ und der Temperaturdifferenz ϑ zwischen Wicklung und Öl. Die Summe $\tau + \vartheta$ wird dann der Wicklungsübertemperatur τ_w entsprechen. Hierbei ist gewöhnlich für irgendeinen Betriebszustand des Transformators Θ gegeben, während τ und ϑ nachzurechnen sind. Die Erwärmung des Kerns braucht bei konstanter Netzspannung nicht berücksichtigt zu werden, da sie praktisch von der Belastung des Transformators unabhängig ist. Auch bei steigender Ölübertemperatur, d. h. bei einer Überlastung, wird unter normalen Verhältnissen der Wärmesprung zwischen Kern und Öl immer kleiner sein als zwischen Wicklung und Öl, so daß die Nachrechnung der Wicklungsübertemperatur gleichzeitig die Sicherheit für eine noch zulässige Kernübertemperatur einschließt.

Die Ermittlung der Zeitzahl erfolgt nach der angegebenen Formel

$$T = \frac{C\,\tau_e}{W}.$$

Dabei seien sowohl für die Wärmekapazität als auch für die erzeugte Wärme diejenigen Mittelwerte angenommen, die dem normalen Betrieb des Transformators bei Nennleistung entsprechen. Unter dieser Voraussetzung kann die Zeitzahl als konstant angenommen werden. Für den primären Wärmeerzeuger, die Wicklung des Transformators, errechnet sich die Zeitzahl nach folgendem:

Die Verluste w des Stromleiters sind für 1 kg aktives Material

$$w = \frac{\sigma^2\,(1 + \alpha\,\tau_w)}{\lambda\,\gamma}.$$

Dabei bedeuten

σ die Stromdichte,
α den Temperaturkoeffizienten des Leiterwiderstandes,
λ die Leitfähigkeit bei 20 °,
γ das spezifische Gewicht.

Der Wärmeinhalt für 1 kg ist gleich dem Produkt aus der spezifischen Wärme des Leiters c_w und der stationären Erwärmung ϑ_e der Wicklung über die Öltemperatur. Daraus ergibt sich die Zeitzahl T_w der Wicklung zu

$$T_w = \frac{c_w\,\vartheta_e\,\lambda\,\gamma}{\sigma^2\,(1 + \alpha\,\tau_w)}. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

Die Gesamtverluste des Transformators setzen sich aus den mit der Belastung veränderlichen Wicklungsverlusten und dem konstanten Anteil der Eisenverluste zusammen. Diese Verluste ergeben bei einem beliebigen Betriebszustand eine durch die Abkühlverhältnisse des Kastens bedingte Übertemperatur aller Teile des Transformators einschließlich Ölinhalt. Die Wärmekapazität dieses unhomogenen Körpers errechnet man als Summe aus seinen einzelnen Bestandteilen. Da gewöhnlich nur das Gesamtgewicht mit und ohne Öl bekannt ist, genügt es näherungsweise, wenn man einerseits das Transformatorengewicht ohne Öl, anderseits die Ölfüllung mit den entsprechenden spezifischen Wärmen und mittleren Übertemperaturen berücksichtigt. Die Berechnung der Zeitzahl wird später an Hand eines Beispiels durchgeführt.

Für die Änderung der Übertemperaturen mit der Belastung des Transformators sollen die folgenden Annahmen gelten. Es sollen diejenigen Temperaturen, die bei der Nennleistung des Transformators auftreten, als bekannt vorausgesetzt sein. Diese später zugrunde gelegten Temperaturen sind aus praktischen Ausführungen ermittelt. Die Änderung der Temperatur folgt der 0,8. Potenz der Änderung der Verluste; dieses Gesetz, das genau für Wärmeabgabe durch Konvektion und mit genügender Annäherung auch für die Strahlungswärme gilt, stimmt mit den Ergebnissen der Praxis überein. Die Übertemperatur des Öls steigt also mit der 0,8. Potenz der Gesamtverluste. Die Übertemperatur der Wicklung über das Öl ändert sich, da die Wicklungsverluste quadratisch mit der Belastung ansteigen, mit der 1,6. Potenz der letzteren.

Auf Grund dieser Voraussetzungen lassen sich zunächst die stationären Endübertemperaturen errechnen, u. zw. ergibt sich für das Öl

$$\tau_e = \tau_{e1}\left(\frac{p^2\,W_1 + W_0}{W_1 + W_0}\right)^{0.8} \quad \ldots\ldots\ldots$$

und für die Wicklung

$$\vartheta_e = \vartheta_{e1}\,p^{1.6}. \quad \ldots\ldots\ldots$$

In diesen Formeln bedeuten

τ_e und τ_{e1} die stationäre Übertemperatur des Öls bei Nennleistung bzw. einem beliebigen Betriebszustand,

ϑ_e und ϑ_{e1} die entsprechenden Übertemperaturen der Wicklung gegenüber dem Öl,

W_1 die Wicklungsverluste bei Nennleistung,

W_0 die Eisenverluste bei Nennspannung,

p das Verhältnis der zu untersuchenden Belastung zur Nennleistung. Die Verhältniszahl p werde mit Rücksicht auf die späteren Ausführungen als Typenausnutzung bezeichnet.

Soweit die stationären Endübertemperaturen in den Formeln (1) ... (5) einzusetzen sind, genügt ihre Bestimmung nach den Gleichungen (7) und (8), das heißt ohne Berücksichtigung der Widerstandszunahme. Handelt es sich jedoch darum, diese Temperaturen als Anfangstemperaturen oder als Dauertemperaturen genauer festzulegen, so muß noch eine Korrektion für die Widerstandszunahme eingeführt werden. Man erhält dann

$$\tau_e = \tau_{e1}\left[p^2\,\frac{W_1}{W_1 + W_0}\cdot\frac{1 + \alpha\,(\tau_e + \vartheta_e)}{1 + \alpha\,(\tau_{e1} + \vartheta_{e1})} + \frac{W_0}{W_1 + W_0}\right]^{0.8} \quad (7a)$$

$$\vartheta_e = \vartheta_{e1}\,p^{1.6}\cdot\left[\frac{1 + \alpha\,(\tau_e + \vartheta_e)}{1 + \alpha\,(\tau_{e1} + \vartheta_{e1})}\right]^{0.8}. \quad (8a)$$

Für die Auswertung dieser beiden Formeln sollen folgende normale Verhältnisse zugrundegelegt werden:

Ölübertemperatur $\tau_{e1} = 50°$,
Wicklungstemperatur über Öl $\vartheta_{e1} = 20°$,
Wicklungstemperatur über Außentemperatur $\tau_{w_{e1}} = 70°$,
dabei ist $\tau_{w_{e1}} = \tau_{e1} + \vartheta_{e1}$,
Verhältnis der Verluste $W_1 = 3\,W_0$,
Temperaturkoeffizient für Kupfer $\alpha = 0{,}004$.

Der angegebene Wert für τ ist als Mittelwert aufzufassen: erfahrungsgemäß liegt die maximale Ölübertemperatur $\tau_{e1\max}$, wie sie in der oberen Ölschicht gemessen wird, etwa 20 % höher, beträgt also für die vorliegende Annahme 60 °. Es ist zu ersehen, daß die Angaben für Wicklungsübertemperatur und maximale Ölübertemperatur den Forderungen der R. E. T. entsprechen[3].

Man erhält demnach

$$\tau_e = 50°\left[0{,}75\,p^2\cdot\frac{1 + 0{,}004\,\tau_{w_e}}{1{,}28} + 0{,}25\right]^{0.8}$$

$$\vartheta_e = 20°\cdot p^{1.6}\cdot\left[\frac{1 + 0{,}004\,\tau_{w_e}}{1{,}28}\right]^{0.8}.$$

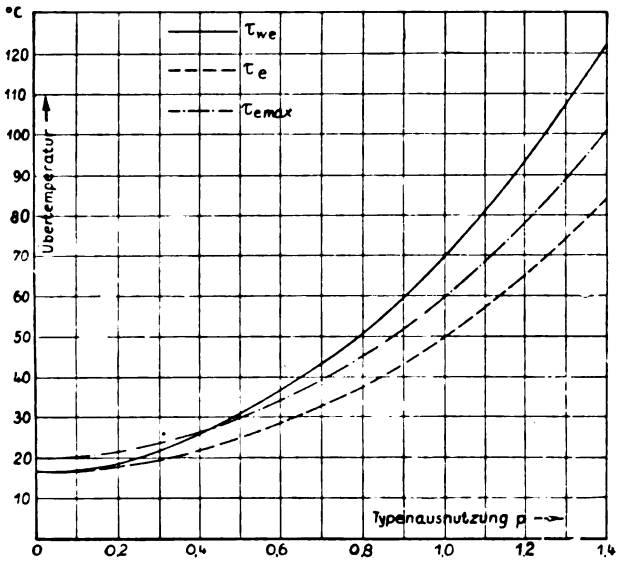
Die Auswertung der Formeln muß näherungsweise erfolgen, da τ_{w_e} vorerst nicht bekannt ist. Das Ergebnis ist in Abb. 1 zusammengestellt. Aus den Kurven lassen sich für eine beliebige Typenausnutzung direkt alle in Frage kommenden Übertemperaturen ablesen. Umgekehrt läßt sich die Typenausnutzung ermitteln, wenn eine bestimmte Übertemperatur vorgeschrieben ist. So würde nach den amerikanischen Verbandsvorschriften (des AIEE), die nur eine Wicklungsübertemperatur von 55 ° zulassen, die Typenausnutzung $p = 0{,}85$ werden. Ein normaler Transformator nach den deutschen Vorschriften kann also nur mit 85 % seiner Nennleistung abgestempelt werden, wenn er den amerikanischen Vorschriften genügen soll, oder aber es ist eine um 18 % größere Type auszulegen, wenn die Nennleistung beibehalten werden soll.

Mit Hilfe der Formeln (1) ... (8) lassen sich für eine beliebige Überlastung die Übertemperaturen ermitteln. Es ist bereits darauf hingewiesen worden, daß das Verhalten der Übertemperatur, die zwischen Wicklung und Öl auftritt, anders ist als der Anstieg der Ölübertemperatur selbst. Diese Erscheinung erklärt sich aus der durchaus verschiedenen Größe der Zeitzahlen für Wicklung und Öl: während die erstere nur einige Minuten beträgt, ergibt sich für die letztere die Dauer mehrerer Stunden. Man

[3] R.E.T./1930, § 42.

Digitized by Google

kann annehmen, daß bei ganz kurzen Überlastungen die gesamte Verlustwärme in der Wicklung aufgespeichert wird, daß also praktisch fast keine Abkühlung der Wicklung erfolgt. Diese Stoßüberlastungen sollen später noch behandelt werden. Bei Überlastungen bis zu einigen Minuten Dauer kann schon mit der Kühlwirkung der Wicklung gerechnet werden; die Übertemperatur der Wicklung über das Öl folgt also bereits der Erwärmungskurve; dagegen wird sich eine Temperaturerhöhung des Ölbades praktisch kaum bemerkbar machen oder doch nur so, daß eine angenäherte Nachrechnung genügt. Bei längeren Überlastungen steigt die Ölübertemperatur nach der Erwärmungskurve an, da hier bereits die Kühlwirkung des Kastens zur Geltung kommt. Der Temperatursprung vom Öl zur Wicklung nähert sich dabei stark dem stationären Zustand und ist bei Überlastungen von etwa einer halben Stunde Dauer an diesem praktisch gleichzusetzen. Bei der Verschiedenheit des Temperaturanstiegs in Öl und Wicklung kann für die praktische Auswertung die gegenseitige Beeinflussung der beiden Erwärmungskurven vernachlässigt werden; es wird also einfach die Summe der Temperaturen eingesetzt. Im folgenden seien einige Überlastungsfälle an Hand von Beispielen nachgerechnet.



τ_{we} Wicklungsübertemperatur
τ_{emax} maximale Ölübertemperatur
τ_e mittlere Ölübertemperatur

Abb. 1. Übertemperaturen als Funktion der Belastung für einen normalen Transformator.

Beispiele.

Es werde ein normaler Transformator für eine Leistung von 1000 kVA und eine Übersetzung von 10/3 kV zugrunde gelegt. Folgende Daten sind gegeben:

Gesamtgewicht ohne Öl	3570	kg,
Gewicht der Ölfüllung	1380	kg,
Leerlaufverluste	4,5	kW,
Wicklungsverluste	14	kW.

Der Transformator entspricht in allen Teilen den Forderungen der R.E.T., es können also die oben angegebenen Übertemperaturen vorausgesetzt werden. Auch die Verlustaufteilung entspricht ungefähr dem Verhältnis $W_1 = 3\ W_0$.

Es werden zunächst die Zeitzahlen berechnet. Für die in Frage kommenden Baustoffe des Transformators — in der Hauptsache Eisen und Kupfer — kann bei einer mittleren Übertemperatur von 60° mit einer spezifischen Wärme von 0,12 kWh (auf 1 t und 1° bezogen) gerechnet werden. Für das Öl ist eine mittlere Übertemperatur von 50° und die spezifische Wärme von 0,5 kWh (für 1 t und 1°) zugrunde zu legen. Die Zeitzahl für den Transformator ist also

$$T = \frac{3{,}57 \cdot 0{,}12 \cdot 60 + 1{,}38 \cdot 0{,}5 \cdot 50}{18{,}5} \approx 3{,}3 \text{ h}.$$

Für die Wicklung errechnet man die Zeitzahl nach Formel (6). Es kann dabei angenommen werden:

$c_w = 6{,}5$ W min für 1 kg und 1°,
$\vartheta_e = 20°$, $\lambda = 57$,
$\tau_w = 70°$, $\gamma = 8{,}9 \cdot 10^{-3}$ kg/cm³.

Die Stromdichte sei 3,6 A/mm². Dann ist

$$T_w = \frac{6{,}5 \cdot 20 \cdot 57 \cdot 8{,}9 \cdot 10^{-3}}{3{,}6^2 \cdot 1{,}28} = 4 \text{ min}.$$

Es werde zunächst der Fall einer längeren Belastung nachgeprüft, u. zw. soll der Transformator nach Dauervollastbetrieb 3 h lang um 14 % überlastet werden.

Nachrechnung der mittleren Ölübertemperatur:
Anfangsübertemperatur $\tau_a = 50°$.
Stationäre Endübertemperatur bei 14 % Überlast [nach Formel (7)]

$$\tau_e = 50\ (0{,}75 \cdot 1{,}14^2 + 0{,}25)^{0{,}8} = 59°.$$

Temperatur nach 3 h [nach Formel (4)]

$$\tau = 59 - \frac{9}{N \lg \frac{3}{3{,}3 \cdot 2{,}3}} = 55{,}5°.$$

Nachrechnung der Wicklungsübertemperatur:
Die Wicklung hat nach 3 h ihren relativen Beharrungszustand erreicht, es ist also [nach Formel (8)]

$$\vartheta_e = 20 \cdot 1{,}14^{1{,}6} = 24{,}5°.$$

Die Wicklungsübertemperatur wird

$$\tau_w = \tau + \vartheta_e = 80°.$$

Die Ölübertemperatur in der heißesten Schicht ist

$$\tau_{max} = 1{,}2\,\tau = 66{,}5°.$$

In den deutschen Verbandsregeln sind für die Erwärmung der Transformatoren für landwirtschaftlichen Betrieb die Grenzen für Wicklung und Öl um 10° höher festgelegt worden als die normal zugelassenen Temperaturen. Es besteht kein Bedenken, diese Grenztemperaturen auch für die Überlastung normaler Transformatoren zugrunde zu legen, wenn diese Überlastungen auf einige hundert Stunden im Jahre beschränkt werden. Unter dieser Voraussetzung können also als Grenzerwärmung bei Überlastung zugelassen werden:

$\tau_w = 80°$ für die Wicklung,
$\tau_{max} = 70°$ für das Öl.

In dem vorliegenden Falle sind beide Bedingungen eingehalten. Es soll hierbei die in den Regeln festgelegte Angabe nochmals erwähnt werden, daß die mit dem Thermometer meßbare Ölübertemperatur keineswegs allein als Maß für die zulässige Erwärmung anzusehen ist, da ϑ_e mit der Überlastung zunimmt und auch bei zulässiger Ölerwärmung eine viel zu hohe Temperatur der Wicklung ergeben kann.

Umgekehrt wird die Frage gestellt, wie lange der Transformator im Anschluß an Dauervollast um 20 % überlastet werden kann, ohne daß die als zulässig angenommenen Temperaturen überschritten werden. Da es sich hier ebenfalls um eine längere Überlastung handelt, wird zunächst die stationäre Übertemperatur der Wicklung gegenüber dem Öl berechnet. Sie ist

$$\vartheta_e = 20 \cdot 1{,}2^{1{,}6} = 27°.$$

Die Anfangsübertemperatur des Öls ist $\tau_a = 50°$, die Endübertemperatur

$$\tau_e = 50\ (0{,}75 \cdot 1{,}2^2 + 0{,}25)^{0{,}8} = 63°.$$

Die Ölübertemperatur darf höchstens $\tau = 80° - \vartheta_e = 53°$ erreichen. Es wird also die Überlastungszeit nach Formel (1) ermittelt, u. zw. ist

$$t = 3{,}3 \ln \frac{13}{10} = 0{,}87 \text{ h oder } 52 \text{ min}.$$

Die maximale Ölübertemperatur würde dabei

$$\tau_{max} = 1{,}2\,\tau = 63{,}5°.$$

Als Beispiel einer kürzeren Überlastung sei angenommen, daß der Transformator nach Dauer-Halblastbetrieb 3 min lang um 160 % überlastet werden soll.

Man errechnet für das Öl:

$\tau_a = 25°$ nach Abb. 1,
$\tau_e = 50°$. $(0{,}75 \cdot 2{,}6^2 + 0{,}25)^{0{,}8} = 190°$,
$\tau = 25 + 165 \frac{3}{3{,}3 \cdot 60} = 27{,}5°$ nach Formel (5).

Für die Wicklung erhält man

$\vartheta_a = 6°$ nach Abb. 1,
$\vartheta_e = 20 \cdot 2{,}6^{1{,}6} = 93°$,
$\vartheta = 93 - \frac{87}{N \lg \frac{3}{4 \cdot 2{,}3}} = 52°$ nach Formel (4).

Digitized by Google

Demnach wird die Wicklungsübertemperatur

$$\tau_w = \tau + \vartheta = 79{,}5°.$$

Die maximale Ölübertemperatur ist

$$\tau_{max} = 1{,}2\,\tau = 33°,$$

sie liegt weit unterhalb der zulässigen Grenze.

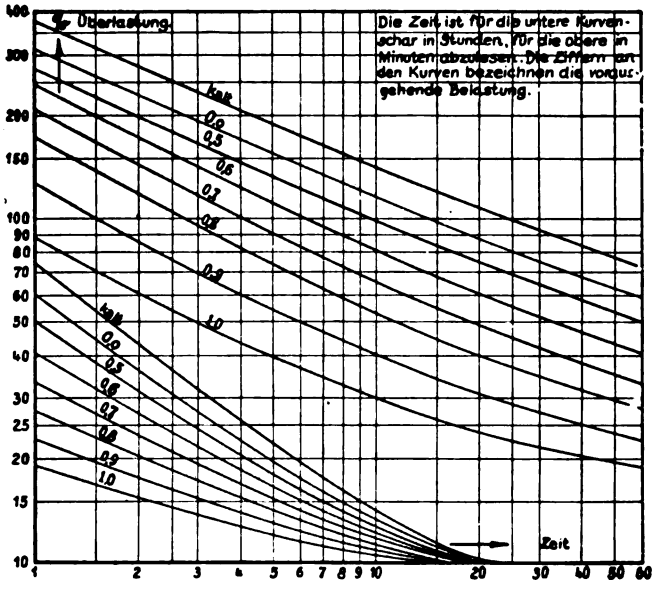


Abb. 2. Überlastungskurven in Prozent der Nennleistung für einen normalen Transformator bei verschiedenen Vorausbelastungen.

In ähnlicher Weise wie in den vorstehend berechneten Fällen wurden die in Abb. 2 zusammengestellten Überlastungsmöglichkeiten für einen Transformator normaler Bauart ermittelt. Es wurden dabei folgende Mittelwerte angenommen:

$$T = 3{,}5 \text{ h},$$
$$T_w = 4 \text{ min}.$$

Für die Temperaturen und die Verlustverteilung wurden die bereits angegebenen Werte zugrunde gelegt. Die Zeitzahlen haben sich aus einer größeren Anzahl normaler Transformatoren als Mittel ergeben. Die höchste zulässige Erwärmung für die Wicklung wurde dabei zu 80 ° angenommen, wie dies auch schon in den Rechnungsbeispielen erfolgt ist. Die für das Öl vorgesehene Grenzerwärmung von 70 ° wird hierbei in keinem Falle erreicht.

Die Kurven gestatten zunächst die Ermittlung der zulässigen Überlastung (in Prozent der Nennleistung) für einen normalen Transformator nach den R.E.T. im Anschluß an verschiedene dauernde Vorausbelastungen. Häufig liegen die Betriebs- oder Überlastungsbedingungen anders, und in diesen Fällen muß der Transformator anormal ausgeführt werden. Es sei nun allgemein angenommen, daß diese Änderung nicht durch einen Eingriff in die wärmetechnischen Verhältnisse erfolgt, sondern daß einfach der Normaltype eine andere Nennleistung zugeordnet wird, bei der diese Bedingungen erfüllt sind. Diese schon aus fabrikationstechnischen Gründen wichtige Voraussetzung bietet den Vorteil großer Einfachheit bei der Beurteilung der Erwärmungsverhältnisse. Es ist auch schon bei dem Beispiel des nach amerikanischen Vorschriften ausgelegten Transformators davon Gebrauch gemacht worden. Im folgenden soll nun untersucht werden, in welcher Weise diese Leistungsänderung zu erfolgen hat.

Es sei die Nennleistung des normalen Transformators gleich P_1. Die Typenausnutzung dieses Transformators werde gleich p gewählt, so daß die nunmehr anormale Leistung $P = p\,P_1$ beträgt. Die vorausgehende Belastung dieser Type sei durch die Verhältniszahl p_0 gegeben, sie ist also $p_0 P$ oder $p_0\,p\,P_1$. Die Überlastungszahl, wie sie aus der Kurve in Abb. 2 ermittelt wird, sei für den normalen Transformator n, d. h. die Leistung bei Überlast ist $n\,P_1$. Bezogen auf die Leistung des anormalen Transformators ist dieser Wert gleich $n\,P_1/p$ zu setzen. Dabei ist die vorausgehende Last $p_0\,p\,P_1$ oder $100\,p_0\,p$ %.

Zunächst seien diese Beziehungen an Hand eines Beispiels erläutert. Es ist zu untersuchen, um wieviel ein den amerikanischen Vorschriften entsprechender Transformator ohne schädliche Erwärmung 2 h lang überlastbar ist, u. zw. soll die Überlastung nach vorausgehender Dauervollast bzw. nach Dreiviertellast erfolgen. Es ist bereits die Typenausnutzung dieses Transformators mit $p = 0{,}85$ festgestellt worden. Nun ist also für $p_0 = 1$ (vorausgehende Dauervollast) der Ausdruck $p_0\,p$ gleich 0,85. Hierfür liest man aus Abb. 2 eine Überlastung von 18,5 % ab; es ist also $n = 1{,}185$. Bezogen auf die Leistung P wird $\frac{n}{p} = \frac{1{,}185}{0{,}85} = 1{,}40$, d. h. der Transformator ist um 40 % 2 h lang überlastbar, ohne daß die Wicklungsübertemperatur 80 ° überschreitet. Für $p_0 = 0{,}75$ (vorausgehende Dreiviertellast ist $p_0\,p = 0{,}85 \cdot 0{,}75 = 0{,}64$. Die entsprechende Überlastung ist 25 %, also $n = 1{,}25$ und $\frac{n}{p} = \frac{1{,}25}{0{,}85} = 1{,}47$. Der Transformator ist also nach Dreiviertel-Dauerlast um 47 % 2 h lang zu überlasten.

Bei den bisherigen Rechnungen wurde zugrunde gelegt, daß die in den deutschen Verbandsvorschriften angegebene Raumtemperatur von 35 ° eingehalten bzw. nicht überschritten wird. In den Vorschriften des Auslandes wird diese Temperatur jedoch meist höher eingesetzt, und die vorgesehene Grenzerwärmung muß herabgesetzt werden. Anderseits liegt die Raumtemperatur in Wirklichkeit gewöhnlich niedriger, und man wünscht die Überlastungsfähigkeit in diesem Fall zu kennen. Der Einfluß der Raumtemperatur läßt sich in exakter Form nur durch genaue Nachrechnung ermitteln. Diese Rechnung wird, da sie für alle möglichen Raumtemperaturen durchgeführt werden müßte, ziemlich umständlich. Es sei daher im folgenden ein Näherungsverfahren angegeben, welches in einfacher Weise die Berücksichtigung der Raumtemperatur ermöglicht.

Es ist zunächst einfach, die Beziehungen für den stationären Zustand zu berechnen. Die in Abb. 1 gezeichnete τ_w-Kurve läßt sich mit ziemlicher Genauigkeit durch die von R. Küchler angegebene Formel

$$\tau_w = \tau_{w1}\,\frac{p^2 + W_0/W_1}{1 + W_0/W_1}$$

ersetzen. Geht man nicht von der normalen Wicklungsübertemperatur von 70 ° aus, sondern von einem $\tau_{w1} = 80$ °, wie das bei allen bisherigen Überlastungsrechnungen zugrunde gelegt wurde, so ist nicht die Nennleistung, sondern eine Überlastung von 10 % als Normalbelastung maßgebend. Bezeichnet man den Reduktionsfaktor für die Leistung mit p_r, so ist in diesem Fall $p = 1{,}1\,p_r$. Bei einer Verlustaufteilung von $W_1 = 3\,W_0$ wird also für einen dauernd um 10 % überlasteten Transformator die Wicklungsübertemperatur von der Größe

$$\tau_w = 80\,\frac{3{,}6\,p_r^2 + 1}{4{,}6}$$

sein. Anderseits ist bei einer Raumtemperatur Θ eine Grenzerwärmung

$$\tau_w = 115° - \Theta$$

nach den R.E.T. für den landwirtschaftlichen Betrieb zulässig. Die Auswertung beider Gleichungen führt auf den Ausdruck

$$p_r = \sqrt{\frac{97{,}6 - \Theta}{62{,}6}}.$$

Da es sich doch nur um eine Näherungsrechnung handelt, kann die Formel mit runden Werten eingeführt werden, also

$$p_r = \sqrt{\frac{95 - \Theta}{60}}. \qquad \ldots\ldots\ldots \quad (9)$$

Es läßt sich also jede Änderung der Raumtemperatur durch eine Änderung der Leistung ausdrücken, wobei p_r als Reduktionsfaktor in die Rechnung einzuführen ist. Aus einer großen Zahl Nachrechnungen hat sich nun ergeben, daß die Formel (9) innerhalb eines Temperaturbereiches von 0 ... 60 ° nicht nur für die Dauererwärmung richtig ist, sondern auch für alle Überlastungen bis herunter zu 1 min Dauer praktisch genaue Werte ergibt. Der Bereich der Überlastungskurven läßt sich hiermit bedeutend erweitern.

In Abb. 3 ist p_r als Funktion von Θ aufgezeichnet. Dabei ist die Kurve unterhalb einer Raumtemperatur von 35 ° gestrichelt; es soll damit gesagt werden, daß die Reduktion für kleinere Raumtemperaturen als 35 ° stets mit einer gewissen Vorsicht vorgenommen werden muß. Während die Zugrundelegung einer Wicklungsgrenzerwärmung von 80 ° und einer Ölgrenzerwärmung von 70 ° in den R.E.T. für die Überlastung der Transformatoren für land-

Digitized by Google

wirtschaftlichen Betrieb ausdrücklich zugestanden wird[4], ist eine Erhöhung der Grenzerwärmung bei niedriger Raumtemperatur nicht ohne weiteres vorgesehen. Es wird dabei verlangt, daß die Lufttemperatur im Betriebe dauernd geringer als 35 ° ist und daß über die Erfüllung dieser Voraussetzung eine Vereinbarung getroffen wird[5]. Es möge also darauf hingewiesen werden, daß eine Erhöhung der Leistung von Transformatoren bei besonders niedriger Außentemperatur nach den R.E.T. nur mit der vorstehenden Einschränkung möglich ist. Dagegen erscheint es unbedenklich, bei Überlastungen an die Grenztemperaturen, unabhängig von der Außentemperatur, heranzugehen, sofern die Bestimmung der ersteren rechnerisch und auf Grund praktischer Erfahrungen möglich ist.

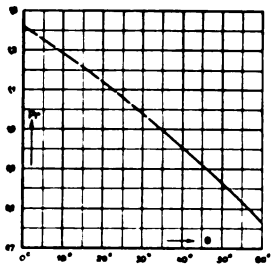


Abb. 3. Reduktionsfaktor p_r für die Raumtemperatur Θ.

In der Ableitung der Näherungsformel ist die Grenzerwärmung $\tau_w = 115\,° - \Theta$ eingesetzt worden. Soll diese Temperatur nicht erreicht werden, so ist für Θ einfach die entsprechend höhere Temperatur zu wählen, die dann auf eine kleinere Grenzerwärmung führt. Soll z. B. bei einem normalen Transformator die Grenztemperatur der Wicklung statt 115 ° nur 110 ° betragen, so ist für Θ statt 35 ° eine Raumtemperatur von 40 ° zugrunde zu legen, um die gleichen Übertemperaturen in der Rechnung zu erhalten.

Die Einführung von p_r in den Rechnungsgang erfolgt dadurch, daß für die Typenausnutzung nicht p, sondern der reduzierte Wert $p' = \frac{p}{p_r}$ eingesetzt wird. Es ist also die reduzierte Typenausnutzung $p' = \frac{p}{p_r}$, die vorausgehende Last $p' p_0$ und die auf die anormale Type bezogene Überlastbarkeit $n' = \frac{n}{p'}$. An Hand einiger Beispiele mögen diese Beziehungen erläutert werden.

Zunächst soll berechnet werden, um wieviel ein normaler Transformator 2 h lang nach vorausgehender Dauervollast bei einer Raumtemperatur von 15 ° überlastet werden kann, wenn die bisher zugrunde gelegten Grenztemperaturen nicht überschritten werden sollen. Es ist für diesen Fall:

Typenausnutzung $p = 1$,
Reduktionsfaktor $p_r = 1{,}15$ nach Abb. 3,
reduzierte Typenausnutzung $p' = \frac{1}{1{,}15} = 0{,}87$,
vorausgehende Last $p_0 = 1$,
reduzierte vorausgehende Last $p_0 p' = 0{,}87$.

Für 0,87 Vorlast ergibt sich aus Abb. 2 bei 2 h eine Überlastung von 18,5 % oder $n = 1{,}185$. Der Transformator ist also mit einem Faktor $n' = \frac{1{,}185}{0{,}87} = 1{,}36$ überlastbar, d. h. um 36 %.

Weiter soll das Beispiel für den Transformator nach amerikanischen Regeln dahingehend erweitert werden, daß die in diesen Vorschriften zugrunde gelegte Raumtemperatur von 40 ° angenommen wird. Es ist dann für vorausgehende Dauerlast:

$$p = 0{,}85;\ p_0 = 1;\ p_r = 0{,}96 \text{ für } \Theta = 40°;$$

$$p' = \frac{0{,}85}{0{,}96} = 0{,}89;\quad p' p_0 = 0{,}89;$$

$$n = 1{,}18;\quad n' = \frac{1{,}18}{0{,}89} = 1{,}33.$$

Zulässige Überlastung 2 h lang 33 %.

Für vorausgehende Dreiviertellast würde sich ergeben:

$$p = 0{,}85;\quad p_0 = 0{,}75;\quad p_r = 0{,}96;$$

$$p' = \frac{0{,}85}{0{,}96} = 0{,}89;\quad p' p_0 = 0{,}67;$$

$$n = 1{,}25;\quad n' = \frac{1{,}25}{0{,}89} = 1{,}41.$$

Zulässige Überlastung 2 h lang 41 %.

Ist für einen Transformator eine bestimmte Überlastung vorgeschrieben, die außerhalb der aus den Kurven unmittelbar ablesbaren Größen liegt, so geht man am besten in der Weise vor, daß man die Typenausnutzung annimmt und sich daraus die zulässige Überlastung ausrechnet. Diese Methode führt schnell zum Ziel, da die Typenausnutzung sich bereits nach zwei Rechnungen ziemlich genau eingrenzen läßt. Auch hier möge ein Beispiel zur Erläuterung dienen.

Es wird ein Transformator verlangt für 1000 kVA Nennleistung, der nach Dauervollast ½ h lang um 65 % überlastbar ist.

Zuerst werde angenommen $p = 0{,}9$; dann ist $n = 1{,}27$ für 0,9 Vorlast aus Abb. 2 zu entnehmen; n' wird $\frac{1{,}27}{0{,}9} = 1{,}41$; die Type ist also zu klein gewählt. Weiter werde angenommen $p = 0{,}8$; dann ist $n = 1{,}35$ für 0,8 Vorlast und $n' = \frac{1{,}35}{0{,}8} = 1{,}69$. Ein Transformator für eine Typenleistung von $\frac{1000}{0{,}8} = 1250$ kVA würde also der gestellten Forderung ungefähr entsprechen, da er nach vorausgehender Dauerbelastung mit 1000 kVA ½ h lang um 69 % überlastbar ist. Die Temperaturen entsprechen dabei dem LB-Betrieb der R.E.T.

Als weitere Variante des Problems sei die Beurteilung der Überlastbarkeit eines Transformators für den Fall behandelt, daß nach irgendeinem längeren, gleichmäßigen Betrieb die thermometrisch gemessene Öltemperatur bekannt ist. Die Voraussetzung ist also die, daß der Transformator sich in einem stationären Betriebszustand befunden hat und daß das Verhältnis zwischen Öl- und Wicklungsübertemperatur ungefähr dem der Abb. 1 entspricht. Gegeben sind dann nur die Raumtemperatur und die maximale Ölübertemperatur, gesucht die zulässige Überlastung. Der Rechnungsgang ist dann einfach so, daß man die der gegebenen maximalen Ölübertemperatur zugeordnete Typenausnutzung aus Abb. 1 abliest und diese als vorausgehende Last behandelt.

Auch hier werde zur Erläuterung ein Beispiel durchgerechnet. Es sind für einen normalen Transformator nach deutschen Vorschriften, der einige Stunden lang irgendeine konstante Leistung abgegeben hat, die Werte abgelesen worden: Raumtemperatur $\Theta = 25$ °, maximale Öltemperatur 70 °.

Wie hoch ist der Transformator in diesem Zustand 1 h lang überlastbar?

Es ist $\tau_{max} = 70\,° - \Theta = 45$ °; hierfür liest man aus Abb. 1 0,8 als vorausgehende Last ab. Es ist also $p_0 = 0{,}8$. Ferner wird $p_r = 1{,}08$ nach Abb. 3 und $p' = \frac{1}{1{,}08} = 0{,}93$ Nach Abb. 2 ergibt sich für eine vorausgehende Last von $p p_0 = 0{,}74$ ein Überlastungsfaktor $n = 1{,}3$. Der Transformator kann also 1 h lang mit $n' = \frac{1{,}30}{0{,}93} = 1{,}40$ betrieben, d. h. um 40 % überlastet werden.

Zum Schluß soll noch auf die Stoßüberlastungen eingegangen werden, kurzzeitige Überlastungen von einigen Sekunden Dauer, wie sie vor allem bei Kurzschlüssen auftreten. Hier kann es sich, der Natur solcher Beanspruchungen nach, immer nur um grobe Schätzungswerte handeln. Die Berechnung geht demnach von der Annahme aus, daß die gesamte erzeugte Wärme die Wicklungstemperatur erhöht, ohne daß an die Umgebung etwas abgeführt wird. Der Temperaturverlauf folgt also geradlinig der Tangente an den Anfangspunkt der Erwärmungskurve, d. h. der Gl. (5), die für den vorliegenden Fall die Gestalt

$$\Delta \tau_w = \vartheta_e \frac{t}{T_w}$$

annimmt. Für die Erwärmung ist also die Differenz $\Delta \tau_w$ zwischen der erreichten höchsten Wicklungstemperatur und der am Anfang vorhandenen Wicklungstemperatur einzusetzen. Legt man zur Sicherheit eine der Verluständerung proportionale Änderung von ϑ_e zugrunde, so erhält man für n-fache Überlast

$$\Delta \tau_w = \vartheta_{e1} n^2 \frac{t}{T_w} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (10)$$

Bisher wurden folgende Werte angenommen

$$\vartheta_{e1} = 20°,$$

$$T_w = 4 \text{ min oder } 240 \text{ s}.$$

Hiernach ergibt sich

$$\Delta \tau_w = \frac{t n^2}{12}$$

oder

$$n = \sqrt{\frac{12 \Delta \tau_w}{t}}.$$

[4] R.E.T./1930, § 32.
[5] R.E.T./1930, § 42.

Digitized by Google

So ist z. B. ein Transformator nach Dauervollast, wenn der Wicklung noch eine Temperaturerhöhung von 10 ° zugestanden wird, 1 s lang mit

$$n = \sqrt{120} \approx 11$$

belastbar; die Überlastung beträgt also 1000 %.

Die Anwendung dieser Formel ist so einfach, daß für Stoßüberlastungen immer die direkte Nachrechnung auf Grund der möglichen Temperaturerhöhung vorzuziehen ist. Für den Fall, daß die Stromdichte bei Nennleistung bekannt ist, erhält man durch Einsetzen der Gl. (6) in Gl. (10) und Berücksichtigung der normalen Werte für Kupfer:

$$\Delta \tau_w = \frac{n^2 \sigma^2 t}{155}.$$

Über eine Anordnung zur absoluten Drehzahl- und Frequenzmessung, insbesondere für Eichzwecke.

(Mitteilung aus dem Elektrotechnischen Laboratorium der T. H. Berlin.)

Von Erich Hudec, Berlin.

Übersicht. Die bekannten Verfahren zur absoluten Drehzahlmessung werden ziemlich kostspielig und kompliziert, sobald man höhere Genauigkeiten (1‰) fordert. Dies liegt daran, daß gewöhnlich Beginn und Ende der Messung willkürlich festgesetzt werden. Man kommt indessen zu einer einfachen Anordnung, wenn man die Zählung der Umdrehungen von einem Sekundenpendel auslösen läßt. Für diese Anordnung werden Schrittschaltwerke und Relais benötigt, wie sie in der Telephonie üblich sind. Die Drehzahl kann an ihnen bei einer Meßzeit von etwa 30 s ohne Rechnung auf 1‰ genau abgelesen werden.

Zur absoluten Bestimmung der Drehzahl einer Maschine sind zwei Messungen erforderlich: die Bestimmung der Zahl der Umdrehungen und die Bestimmung der zugehörigen Zeit.

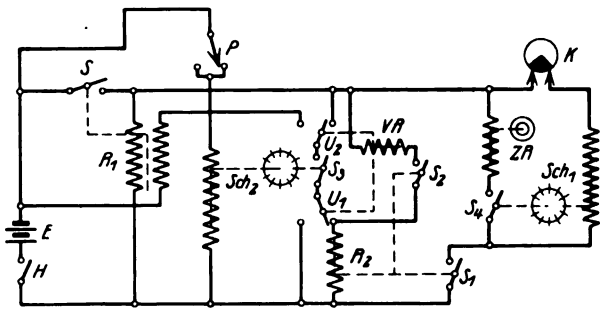


Abb. 1. Schaltung des Drehzahlmessers.

Diese Messungen erfolgen in der Regel mit Hilfe einer Stoppuhr und eines mechanischen Zählwerkes, das gegen die umlaufende Welle gedrückt wird. Zur Ausschaltung der subjektiven Fehler am Anfang und Ende der Messung wird die Auslösung der Stoppuhr mit der des Zählwerkes verbunden[1]; doch läßt es sich nicht vermeiden, daß die Spitze der Welle des Zählwerkes beim Andrücken gegen die Maschinenwelle zunächst gleitet, so daß die Stoppuhr früher als das Zählwerk ausgelöst wird. Durch den Druck gegen die Maschinenwelle wird außerdem die Lagerreibung erhöht, so daß namentlich bei kleineren Maschinen die Drehzahl durch die Messung verändert wird. Schließlich kommen noch die Fehler der Stoppuhr hinzu. Zur Beseitigung dieser Fehler hat man die mechanischen Zählwerke durch elektrische ersetzt. Bei jeder Umdrehung der Maschinenwelle wird ein Kontakt geschlossen, durch den ein Schreibmagnet eines Chronographen betätigt wird[2]. Jede Umdrehung wird auf einem mit gleichmäßiger Geschwindigkeit ablaufenden Papierstreifen registriert, daneben werden in der gleichen Weise Zeitmarken von einem Sekundenpendel beschrieben. Mit dieser Anordnung erhält man sehr große Genauigkeiten, doch erfordert das Verfahren große Mittel und erheblichen Zeitaufwand. Der Abstand der Zeitmarken muß ausgemessen, die Anzahl der Umdrehungen muß ausgezählt und hieraus schließlich die Drehzahl berechnet werden.

Neben den Chronographen benutzt man zur Bestimmung der Zahl der Umdrehungen auch Schrittschaltwerke. Sie werden gleichzeitig mit einer Stoppuhr zusammen am Anfang und Ende der Messung ausgelöst[3]. Diese Anordnung hat den Vorteil, daß die Zahl der Umdrehungen direkt abgelesen werden kann, sie scheitert aber an der Ungenauigkeit der Zeitmessung. Außerdem ist zu bemerken, daß die Stoppuhr durch den harten Schlag des Magneten frühzeitig beschädigt wird.

Nachstehend wird für die Zeitmessung eine Pendeluhr der Firma Aron mit einem Sekundenpendel verwendet, das am Ende einer jeden Schwingung einen Kontakt schließt. Dieser Kontakt befindet sich auf einer langen Feder; er legt sich kurz vor dem Umkehrpunkt des Pendels gegen eine auf dem Pendel befindliche Kontaktfläche. Die Feder wird von dem Pendel mitgenommen, nach dem Umkehrpunkt des Pendels geht sie eine Zeitlang mit dem Pendel wieder zurück und fällt dann ab. Es ist Vorsorge getroffen, daß die Feder schnell ausschwingt und zu Beginn des nächsten Kontaktschlusses wieder völlig in Ruhe ist. Die Feder übt einen konstanten Einfluß auf den Gang der Uhr aus. Die Ungleichmäßigkeit der Uhr ist praktisch kleiner als 1 s in 24 h. Es ist zu beachten, daß diese Uhr nicht kleine Zeiten, also Bruchteile von 1 s zu messen gestattet. Sie kommt für eine genaue Zeitmessung nur in Frage, wenn Beginn und Ende des Ereignisses (der Messung) von ihr selbst ausgelöst werden können. Dies ist aber bei der Drehzahlmessung ohne weiteres möglich.

Die Umdrehungen werden durch ein elektrisches Schriftschaltwerk (Sch_1 in Abb. 1) gezählt, das bei jeder Umdrehung der Motorwelle durch einen Kontakt einmal betätigt wird. Die Zahl der Umdrehungen wird auf diese Weise auf ± 1 Umdrehung genau bestimmt. Bei kleinen Drehzahlen kann man auch mehrere (n) Kontakte in gleichmäßigem Abstand auf die Welle setzen; man erhält dann die Zahl der Umdrehungen mit einer Genauigkeit von $\pm 1/n$ Umdrehung. Eine Grenze für die Größe von n setzt die zur Betätigung des Schrittschaltwerkes erforderliche Zeit.

Die Meßzeit muß bei einer Drehzahl von etwa 1500 U/min auf etwa 30 s ausgedehnt werden, wenn eine Meßgenauigkeit von 1‰ erreicht werden soll. Das Zählwerk für die Zahl der Umdrehungen kann also nicht von der Uhr selbst ausgelöst werden. Das Pendel betätigt daher ein zweites Schrittschaltwerk (Sch_2 in Abb. 1), das bei jeder Umdrehung in einer bestimmten Stellung einen Kontakt S_3 einmal schließt. Die Meßzeit ist gleich der Zähnezahl des Schrittschaltwerkes multipliziert mit der Schwingungsdauer des Pendels.

Der Stromkreis über das Schrittschaltwerk Sch_1 (zur Messung der Zahl der Umdrehungen) muß zu Beginn der Messung geschlossen, am Ende der Messung muß er geöffnet werden. Das Pendel bzw. das von ihm betätigte Schrittschaltwerk Sch_2 schließt aber beide Male einen Kontakt S_3. Da durch dieselbe Ursache verschiedene Wirkungen ausgelöst werden sollen, so muß dieser Kontakt S_3 während der Messung durch einen Umschalter in einen anderen Stromkreis umgelegt werden. Am Ende der Messung muß der Stromkreis nicht nur bei Betätigung des Kontaktes S_3 unterbrochen werden, sondern er muß auch unterbrochen bleiben, wenn S_3 wieder geöffnet wird. Dies wird dadurch erreicht, daß in den Stromkreis zum Zählwerk der Kontakt eines als Nullspannungsauslöser wirkenden Relais gelegt wird. Wenn der Kontakt S am Ende der Messung geschlossen wird, so wird durch eine zweite Wicklung dieses Relais ein Gegenstrom hindurchgeschickt, so daß der Anker abfällt und der Stromkreis endgültig unterbrochen wird.

In Abb. 1 ist die gesamte Anordnung dargestellt. Sie besteht aus dem Sekundenpendel P, dem Kontakt K auf der Maschinenwelle, einem Relais R_1 mit zwei völlig gleichen Wicklungen und einem Arbeitskontakt S, einem Relais R_2 mit zwei Arbeitskontakten S_1 und S_2, einem Verzögerungsrelais VR mit den beiden Wechselkontakten U_1

[1] Vgl. DRP. 253 770, Kl. 42 o, Gr. 8, Umdrehungszähler.

[2] C. Cranz, Lehrbuch der Ballistik Bd. 3, Berlin 1927; daselbst findet man weitere Literaturangaben.

[3] DRP. 299 481, Kl. 42 o, Gr. 8, Vorrichtung zum selbsttätigen Ein- und Ausrücken einer Stoppuhr bei der Geschwindigkeitsmessung bewegter Maschinen- und Apparateteile.

Digitized by Google

und U_2, zwei Schrittschaltwerken Sch_1 und Sch_2, die bei jeder Umdrehung einen Kontakt S_4 bzw. S_3 schließen, und einem Zählwerk ZR. Es wurden durchweg Relais verwandt, wie sie in der Fernsprechtechnik üblich sind. Als Schrittschaltwerke wurden zwei Vorwähler[4], als Zählwerk wurde ein Gesprächszähler benutzt. Die Relaiskontakte in Abb. 1 sind in der Ruhestellung vor der Messung gezeichnet. Sie sind mit dem zugehörigen Relais durch gestrichelte Linien verbunden.

Nach dem Einlegen des Hauptschalters H wird das Schrittschaltwerk Sch_2 von der Pendeluhr aus betätigt. Dann wird der Anker des Relais R_1 angelegt und der Kontakt S geschlossen. Da R_1 jetzt vom Strom durchflossen wird, bleibt dieser Zustand bestehen. In einer bestimmten Stellung des Schrittschaltwerkes Sch_2 wird der Kontakt S_3 geschlossen, das Relais R_2 spricht an und schließt die beiden Kontakte S_1 und S_2. Nunmehr ist das Schrittschaltwerk Sch_1 über S und S_1 geschlossen, die Zählung der Umdrehungen beginnt. Das Relais R_2 wird auch nach Öffnung des Kontaktes S_3 vom Strom durchflossen, u. zw. über den Kontakt S_2 und das Verzögerungsrelais VR. Dieses Relais VR spricht jedoch erst an, nachdem der Kontakt S_3 unterbrochen ist. Es legt dabei die beiden Wechselkontakte U_1 und U_2 um und bringt so den Schalter S_2 in einen Stromkreis, in dem die zweite Wicklung des Relais R_1 liegt, die der ersten Wicklung entgegengeschaltet ist. Wenn S_3 nach einer Umdrehung des Schrittschalters Sch_2 wieder geschlossen wird, dann wird das Relais R_1 von einem Gegenstrom durchflossen, der Kontakt S und mit ihm der gesamte Meßkreis werden unterbrochen. Wenn man den Anker R_1 während der Kontaktgabe von S_3 dagegen andrückt, so erreicht man, daß die Meßzeit auf ein Vielfaches verlängert wird. Für Sch_1 und Sch_2 verwendet man am zweckmäßigsten zwei gleiche Schrittschaltwerke. Sie hatten in der ausgeführten Anordnung 33 Zähne, die Meßzeit betrug also mindestens 33 s.

Zu Beginn der Messung wird das Schrittschaltwerk in die Anfangstellung gebracht, die Stellung des Gesprächzählers wird abgelesen (Ablesung A). Am Ende der Messung erhält man ebenso eine Ablesung B am Gesprächzähler und die Stellung a des Schrittschaltwerkes Sch_1. Die Zahl der Umdrehungen ist dann

$$(B - A) \cdot 33 + a,$$

die Drehzahl ist also

$$B - A + \frac{a}{33} \quad [\mathrm{U/s}],$$

oder da a mit einem Fehler von ± 1 behaftet ist, ist die Drehzahl

$$B - A + 0{,}03\,a \quad [\mathrm{U/s}].$$

[4] Die Schrittschaltwerke und die Relais wurden dem Elektrotechnischen Laboratorium von Herrn Dr. Boysen von S & H zur Verfügung gestellt.

Man erhält also die Drehzahl ohne jede Rechnung, was gerade bei hoher Meßgenauigkeit wertvoll ist, da alsdann der Rechenschieber nicht mehr benutzt werden kann.

Abb. 2 zeigt die äußere Ansicht der gesamten Anordnung. Mit ihr wurde im Elektrotechnischen Laboratorium der Technischen Hochschule Berlin ein Röhrengenerator mit einem Frequenzbereich 100 ... 2600 Hz geeicht. Die Zuverlässigkeit der Anordnung wurde geprüft, indem dieselbe Frequenz mehrmals nacheinander gemessen wurde. Es ergaben sich bei einer Meßzeit von 33 s Abweichungen von maximal 1 ‰. Die Frequenzmessung wurde auf eine

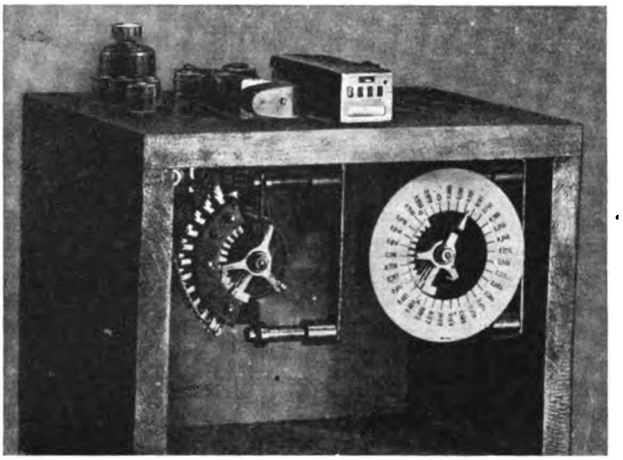


Abb. 2. Äußere Ansicht des Drehzahlmessers.

Drehzahlmessung zurückgeführt, indem auf einen Hilfsmotor mit der Kontaktscheibe K nach Abb. 1 eine stroboskopische Scheibe[5] gesetzt wurde. Sie wurde von einer Glimmlampe beleuchtet, an der die Spannung des Röhrengenerators in Reihe mit einer Gleichspannung lag. Während jeder Periode der Wechselspannung leuchtete die Glimmlampe einmal auf. Die Drehzahl des Motors wurde während der Messung dauernd kontrolliert und so nachgeregelt, daß die von der Glimmlampe beleuchtete Scheibe im Durchschnitt scheinbar stillstand. Die Drehzahl war daher im Mittel gleich einem bestimmten Bruchteil der Frequenz der zu untersuchenden Spannung.

Zur Drehzahlmessung an größeren Maschinen benutzt man zweckmäßig eine besonders gelagerte Kontaktscheibe, die ähnlich wie ein normales Tachometer oder ein mechanisches Zählwerk an die Maschinenwelle angedrückt wird.

[5] F. Schröter u. R. Vieweg, Arch. El. Bd. 12, S. 358 (1923).

Der Springschreiber T 30.

Die Fernschreibmaschine der Siemens & Halske AG.

Von E. Beier, Berlin.

Übersicht. Die Firma Siemens & Halske AG. hat einen neuen mechanisch arbeitenden Telegraphenapparat nach dem Springschreiberprinzip — den Springschreiber T 30 — herausgebracht. Der Apparat ist durch die DRP als Teilnehmerapparat zugelassen worden. Die DRP selbst hat ihn in ihren Betrieb eingeführt.

Über die Verwendung der Fernschreibmaschine als neuzeitliches Verkehrsmittel werden wir aus der Feder des Herrn Dir. Storch einen Aufsatz in H. 40 bringen.

Die Fernschreibmaschine der Siemens & Halske AG. — der Springschreiber T 30 — ist ein Telegraphenapparat, der wie der vor einiger Zeit bei der DRP eingeführte Springschreiber T 28 nach dem Springschreiber-(Start-Stop-) Prinzip arbeitet[1]. Die Zeichen werden nach dem neuen Telegraphenalphabet 2 gebildet, das bei der letzten Tagung des zwischenstaatlichen beratenden Ausschusses für Telegraphie für den zwischenstaatlichen Verkehr festgelegt wurde[2], zusätzlich des allen Apparaten dieser Art eigentümlichen Anlauf- und Sperrstromschrittes.

Die Arbeitsweise dieser Apparate sei hier kurz erwähnt. Der Sender schickt bei jedem Tastenanschlag zunächst einen Anlaufschritt, der ein Keinstromschritt ist, in die Leitung. Dann folgen die fünf Einheiten des Fünferzeichens und ein Sperrstromschritt, der ein Stromschritt ist. Der Anlaufschritt löst beim Gegenapparat den Empfänger aus, um das Fünferzeichen aufnehmen zu können. Die Stromeinheiten des Fünferzeichens stellen darauf den Wählmechanismus des Empfängers ein. Der danach folgende Sperrschritt bringt dann den Empfänger wieder in die Ruhestellung.

Der Springschreiber T 30 (Abb. 1 und 2) besteht aus dem Sendeteil — dem sogenannten Handsender (Abb. 3) —, zusammengesetzt aus Tastenwerk und Kontaktgeber (Abb. 4), dem Empfangsteil (Empfangsmagnet mit dem Wählmechanismus, Abb. 5), dem Druckteil (Abb. 6, Typenhebel mit Druckmechanismus) und dem allen Teilen gemeinsamen Antriebsmotor. Seine Arbeitsweise ähnelt der des Springschreibers T 28, bedingt durch die Anwendung des Springschreiberprinzips.

Der Handsender.

Der Handsender (Abb. 3) besteht aus einem Tastenwerk mit vier Tastenreihen, von denen die oberste die Zahlen von 1 bis 0 enthält, die drei nächsten tragen die Buchstaben in der Anordnung der deutschen Schreibmaschine und die nach dem Alphabet den Buchstaben zugeteilten Satzzeichen. Den Abschluß des Tastenfeldes bilden zwei längliche Tasten für den Buchstaben- bzw. Ziffern- und Zeichenwechsel mit Abstand. Der Abstand der Tasten und der Tastenreihen voneinander sowie die Steigung des Tastenfeldes entsprechen den Abmessungen der

[1] Vgl. ETZ 1928, S. 291; 1929, S. 1043.
[2] ETZ 1929, S. 1366.

Digitized by Google

genormten deutschen Büroschreibmaschine. Die Anpassung des Tastenwerkes an das der genormten Schreibmaschine hat die DRP sowohl für den Springschreiber T 30 als auch für den Springschreiber T 28 vorgesehen, um selbst Ausbildungskosten zu sparen, den Betrieb vereinfachen zu können und um in Teilnehmerleitungen den privaten Unternehmen die Besetzung des Apparates durch das Schreibmaschinenpersonal zu ermöglichen.

Abb. 1. Springschreiber T 30 (geschlossen).

Zur Bildung der für ein Telegraphierzeichen erforderlichen Stromschritte befinden sich — durch das Fünferzeichen bedingt — unter den Tastenhebeln fünf Wählschienen, flache, auf hohe Kante gesetzte Stahlschienen, die rechtwinklig zu den Tastenhebeln stehen und über die ganze Breite des Tastenwerkes verlaufen. Jede Wählschiene hat an ihrem oberen Rande dreieckige Einschnitte verschiedener Richtung, die entsprechend den Zeichenbildern des Fünferalphabets angeordnet sind. Die Wählschienen können durch die Tastenhebel leicht seitlich verschoben werden. Wird eine Taste gedrückt (Abb. 7 und 8), so legt sich der untere Rand des Tastenhebels auf die schiefen Ebenen der dreieckigen Ausschnitte der fünf Wählschienen. Durch den weiteren Druck des Tastenhebels auf die schiefen Ebenen werden dann die Wählschienen je nach der Richtung der schiefen Ebenen entweder nach rechts oder nach links bewegt.

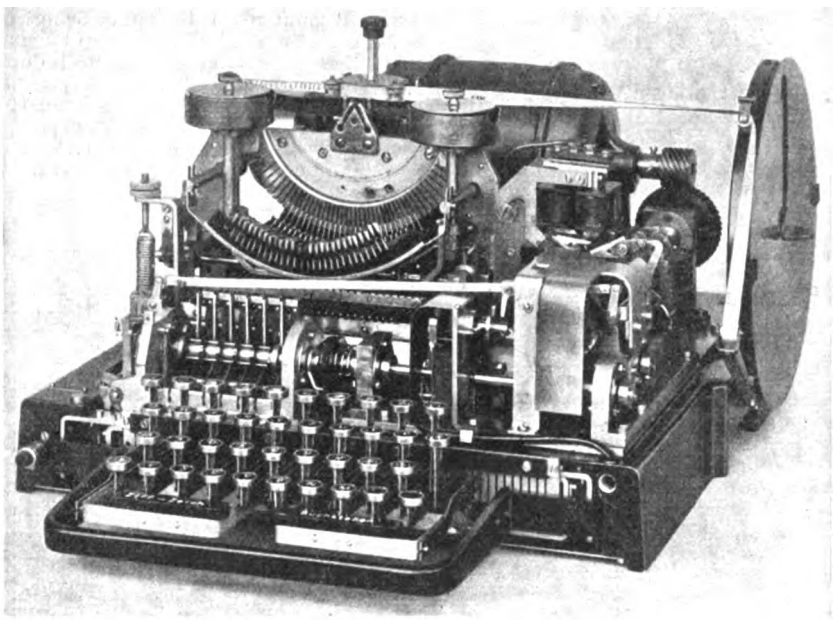


Abb. 2. Springschreiber T 30 (offen).

Die Wählschienen tragen an ihren linken Enden Ansätze von abgestufter Länge mit Nocken, wovon je eine zu je einem der später erwähnten fünf Kontakthebel des Kontaktgebers gehört.

Der Kontaktgeber (Abb. 4 und 9) besteht aus einer Achse mit sechs Nutenscheiben, der Kontaktgeberachse, die mit der Sendeachse gekuppelt werden kann. Unter diesen Nutenscheiben befinden sich sechs winkelförmige Kontakthebel. Die Nutenscheiben haben Nuten, die auf sechs Siebentel des Umfanges der Nutenscheiben nacheinander

Abb. 3. Handsender mit Kontaktgeber.

verteilt und je ein Siebentel lang sind. Jeder Kontakthebel trägt auf seinem senkrechten Arm einen Nocken, der in die Nut der Nutenscheibe einfallen kann. Hinter den Kontakthebeln stehen sechs Kontaktfederpaare. Die längeren Federn dieser Kontakte versuchen mit ihrer Spannung die Kontakthebel in die Nuten der Nutenscheiben zu drücken und dabei ihre Kontakte zu schließen. Die Nocken auf den Ansätzen der Wählschienen liegen je nach der Richtung der Verschiebung der Wählschiene entweder unter ihren zugehörigen Kontakthebeln und sperren sie, wenn die Wählschiene nach links verschoben worden ist, oder der Nocken liegt rechts vom Kontakthebel, so daß sich dieser frei bewegen kann, wenn die Wählschiene nach rechts bewegt worden ist. Im ersteren Falle können die Nocken der Kontakthebel bei Umlauf der Nutenscheiben nicht in die Nuten fallen, im letzteren Falle wirkt sich die Spannung der langen Kontaktfeder aus. Sie drückt den Nocken des Kontakthebels während eines Siebentels einer Umdrehung in die Nut der umlaufenden Nutenscheibe. Dabei legt sich die lange Kontaktfeder gegen den Kontakt ihrer Gegenfeder. Es fließt in diesem Falle Strom während eines Siebentels der Umdrehung in die Leitung. Die Nuten überlappen sich etwas, so daß bei hintereinander folgenden Stromstößen zwischen den Siebenteln keine Unterbrechung erfolgt, sondern der Stromstoß während eines Siebentels mit dem des folgenden Siebentels einen ununterbrochenen Stromstoß bildet.

Der sechste Kontakthebel ist von keiner Wählschiene abhängig. Er sendet mit seiner Nutenscheibe selbsttätig während des ersten Siebentels den Anlaufschritt aus, bleibt dann während der nächsten fünf Siebentel offen und gibt im letzten Siebentel den Sperrschritt in die Leitung. Alle Sendekontakte sind parallel geschaltet.

Eine sechste Schiene (Abb. 9), die wie die Wählschienen gezahnt ist, deren Zähne jedoch nur schiefe Ebenen in der gleichen Richtung haben, besorgt durch ihre Verschiebung nach rechts bei jedem Tastendruck die Kupplung der Kontaktgeberachse mit der Senderachse. Am linken Ende der sechsten Schiene steht senkrecht in einer Nut mit seinem unteren Arm ein zweiarmiger Auslösehebel, der zusammen mit einem Sperrbügel und einer Sperrklinke auf einer gemeinsamen Achse sitzt. Bei der Bewegung der sechsten Schiene nach rechts macht der obere Arm des Auslösehebels eine Bewegung nach links. Dabei nimmt er mit seiner Auslöseklinke den Sperrhebel mit, der dadurch seinerseits den klauenförmigen Entkupp-

Digitized by Google

ler von der Sperrnase der Kontaktgeberachse hebt. Die Kontaktgeberachse ist nun frei und wird durch eine Friktionskupplung von der Sendeachse für eine Umdrehung mitgenommen. Ein Exzenter auf der Kontaktgeberachse bringt die Auslöseklinke wieder in die Ruhelage, bevor der Auslösehebel selbst in seine Ruhestellung zurückgegangen ist. Dadurch wird der Sperrhebel sogleich wieder freigegeben und steht bereit, die Kontaktgeberachse erneut zu sperren. Eine Nase auf der Kontaktgeberachse bewegt den Sperrbügel, der sich für die Dauer der Umdrehung je nach der Stellung der Wählschienen entweder in die rechten oder linken Rasten auf den Ansätzen der Wählschienen legt. Dadurch werden die Wählschienen festgelegt und das Tastenwerk gesperrt. Während des Umlaufens der Kontaktgeberachse können die freigegebenen Kontakthebel in die Nuten der Nutenscheiben fallen. Die Kontakte dieser Hebel schließen sich und senden Strom in die Leitung.

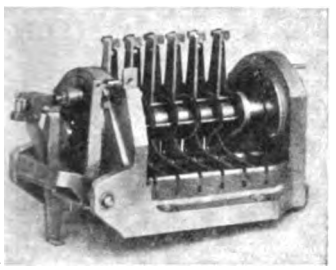


Abb. 4. Kontaktgeber (allein).

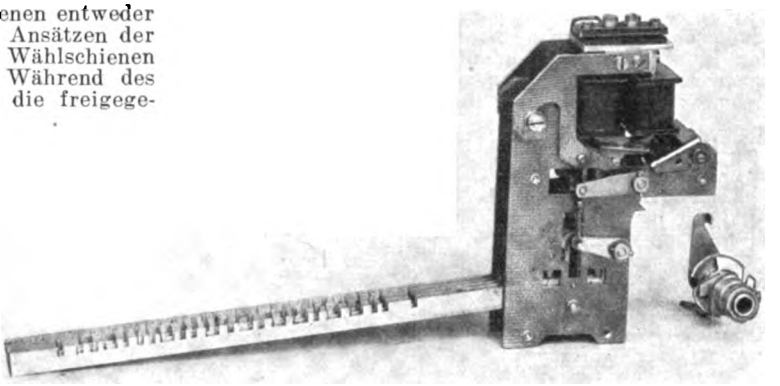


Abb. 5. Empfangsteil mit Wählmechanismus.

Das Aussenden eines Zeichens, z. B. des Buchstabens A, geschieht nun nach der vorangegangenen Beschreibung der Apparatteile wie folgt: Die gedrückte Taste bewegt mittels ihres Tastenhebels und der schiefen Ebenen an den Wählschienen die erste Wählschiene nach links, die zweite bis fünfte Wählschiene dagegen nach rechts.

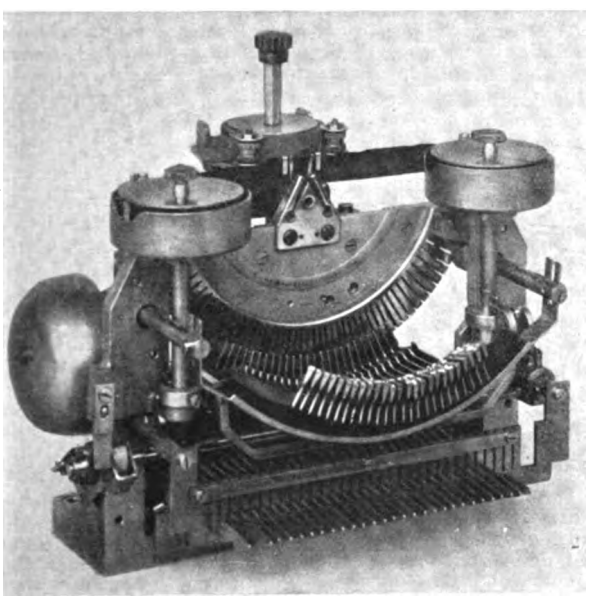


Abb. 6. Druckteil.

Die Nocke des Ansatzes der Wählschiene *1* schiebt sich unter den Kontakthebel *1* und sperrt diesen für diese Umdrehung. Die Wählschienen *2* ... *5* dagegen geben die Kontakthebel *2* ... *5* frei, so daß diese sich frei bewegen können. Diese Stellung entspricht dem Fünferzeichen A. Die sechste Schiene hat durch ihre Bewegung von links nach rechts während des Tastendrucks mittels des Auslösehebels und der Auslöseklinke den Sperrhebel bewegt. Dieser hat den Entkuppler freigegeben. Die Kontaktgeberachse wird von der Senderachse für die Dauer einer Umdrehung durch Reibung mitgenommen. Die Nase auf der Kontaktgeberachse legt den Sperrbügel in die Rasten der Ansätze der Wählschienen und sperrt diese. Während der Umdrehung der Kontaktgeberachse geht nun zunächst der sechste Kontakthebel aus der Nut der sechsten Nutenscheibe und sendet durch Öffnen des sechsten Kontaktes den Anlaufschritt während des ersten Siebentels der Umdrehung aus. Im zweiten Siebentel geht die Nut der ersten Nutenscheibe am ersten Kontakthebel vorbei. Da dieser Kontakthebel aber durch die Nocke auf dem Ansatz der Wählschiene festgelegt ist, kann sich dieser Hebel nicht in die Nut der Nutenscheibe legen. Der Kontakt *1* schließt sich also nicht. Während dieses Siebentels, der Zeit des ersten Schrittes des Fünferzeichens, fließt kein Strom in der Leitung. Im dritten Siebentel läuft die Nut der zweiten Nutenscheibe an ihrem Kontakthebel vorbei. Da dieser durch seine Wählschiene freigegeben worden ist, fällt er mit seiner Nocke infolge der Spannung der langen Kontaktfeder in die Nut. Der Kontakt wird geschlossen. Es fließt während des dritten Siebentels, also während der Zeit des zweiten Schrittes des Fünferzeichens, Strom in der Leitung. Im vierten bis sechsten Siebentel gelangen die Nocken der freigegebenen Kontakthebel *3* ... *5* nacheinander in die Nuten ihrer Nutenscheiben. Die Kontakte *3* ... *5* werden geschlossen. Während des vierten bis sechsten Siebentels ist demnach Strom in der Leitung. Der sechste Kontakthebel, der seinen Kontakt während dieser sechs

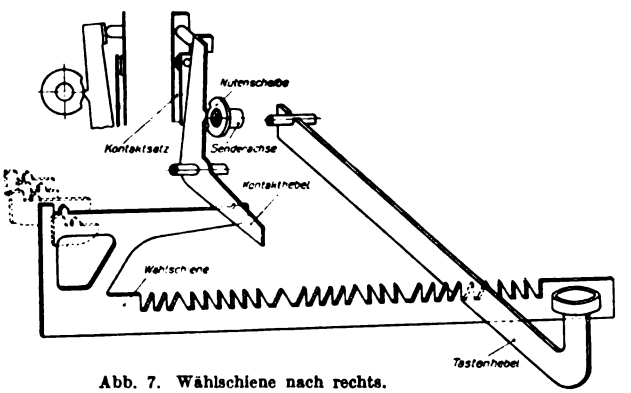


Abb. 7. Wählschiene nach rechts.

Siebentel aufgehalten hat, gelangt nun wieder in die Nut der sechsten Nutenscheibe. Der sechste Kontakt schließt sich dadurch und sendet im siebenten Siebentel den Sperrschritt aus. Zu diesem Zeitpunkt hält der Entkuppler die Kontaktgeberachse wieder an, indem sich die Sperrnase in die Klaue legt. Der Exzenter hatte während der Umdrehung die Auslöseklinke in ihre Ruhelage gebracht, so daß der Sperrhebel sich bereits in vorbereiteter Stellung für die Sperrung der Kontaktgeberachse befand, bevor sich die Sperrnase gegen die Klaue des Entkupplers legte.

Der Empfänger.

Der Empfänger (Abb. 5, 10 und 11) nimmt mittels eines gewöhnlichen Elektromagneten die aus der Leitung eingehenden Stromschritte des Fünferzeichens auf und stellt den Wählmechanismus für den Abdruck des Zeichens ein. Der Empfangsmagnet hat fünf Anker, für jeden Schritt des Fünferzeichens einen. Zu jedem Anker gehört ein Wählhebel und ein WählDaumen. Die WählDaumen sitzen nacheinander verteilt auf das zweite bis sechste Siebentel der Sendezeit eines Fünferzeichens auf einer Achse, der WählDaumenbuchse, die über eine Reibungskupplung von

Digitized by Google

dem Motor angetrieben werden kann. Die Wählhebel werden von den Wähldaumen bei Eingang der entsprechenden Schritte des Fünferzeichens von links nach rechts bewegt, wobei sie die Anker an den Magneten legen. Ist dabei der Schritt des Fünferzeichens ein Keinstromschritt, wird der Anker also nicht festgehalten, so klinkt sich der Wählhebel in eine Nut des Ankers. Ist der Schritt des Fünferzeichens dagegen ein Stromschritt, wird der Anker also festgehalten, so fällt der Wählhebel infolge des Zuges einer Spiralfeder nach rechts über. Vor den Ankern liegen weiter fünf Schwerter, die von einem sechsten Daumen der Wähldaumenbuchse mittels eines Hubhebels gegen die Nasen der Wählhebel beim Umlauf der Wähldaumenbuchse gehoben werden. Ist der zu einem Schwert gehörige Wählhebel von seinem Anker festgeklinkt, so stößt das Schwert

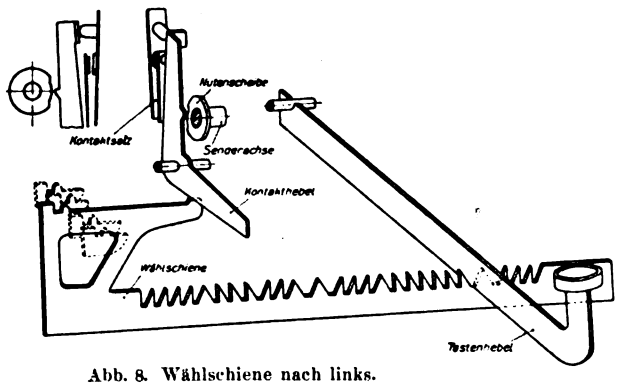


Abb. 8. Wählschiene nach links.

mit seinem Ansatz gegen die Nase des Wählhebels. Das Schwert wird nach links gelegt. Ist der Wählhebel eines Schwertes dagegen nach rechts gezogen worden, so findet der Ansatz des Schwertes keinen Anschlag. Eine Feder zieht ihn dann nach rechts. Ein siebenter Daumen der Wähldaumenbuchse bewegt dann einen Sperrhebel. Dieser schiebt einen Sperrstift in den von den verstellten Schwertern gebildeten dreieckigen Ausschnitt, wodurch die Schwerter festgelegt werden. Der sechste Daumen läßt nun durch den Hubhebel die Schwerter nach unten stoßen. Unter den Schwertern befinden sich Steuerhebel, die in Ausschnitten der Wählschienen sitzen, und zwar in jeder Schiene zwei, ein rechter und ein linker Steuerhebel. Bei dem Stoß der Schwerter nach unten drücken die nach links eingestellten Schwerter gegen die linken Steuerhebel der Wählschienen und schieben diese nach links. Die nach rechts eingestellten Schwerter stoßen dagegen auf die rechten Steuerhebel und verschieben dadurch die Wählschienen nach rechts.

Am Ende der Umdrehung der Wähldaumenbuchse hebt ein Anschlagarm, der ebenfalls auf der Wähldaumenbuchse sitzt, die Fahne eines Bügels. Der Bügel legt sich gegen die fünf Anker und drückt sie nach oben. Da zu dieser Zeit gerade der Sperrschritt — ein Stromschritt — einläuft, bleiben alle Anker am Magneten kleben. Der Anschlagarm wird nun von einem Anschlaghebel festgehalten, wodurch die Wähldaumenbuchse zum Stillstand kommt. Das ist die Ruhestellung des Empfängers. Der ankommende Anlaufschritt eines neuen Fünferzeichens — ein Keinstromschritt — läßt alle Anker zugleich abfallen. Sie drücken den Bügel nach unten, der Anschlaghebel wird dadurch freigegeben und die Wähldaumenbuchse von der Reibungskupplung mitgenommen; sie macht wieder eine Umdrehung für die Aufnahme des nächsten Zeichens.

Der Empfang des vorhin gesendeten Zeichens A spielt sich demnach folgendermaßen ab. Der Anlaufschritt läßt zunächst die fünf Anker abfallen. Der Bügel wird nach unten gedrückt. Der Anschlagarm wird freigegeben. Die Wähldaumenbuchse dreht sich und bewegt durch die Wähldaumen die einzelnen Wählhebel zuerst nach links und dann nach rechts, nachdem die Sperrung der Wählhebel durch den siebenten Daumen aufgehoben worden ist. Der erste Schritt des Fünferzeichens A ist ein Keinstromschritt. Der erste Anker wird also, nachdem er von dem Wählhebel gegen den Magneten bewegt worden ist, nicht festgehalten. Der Anker klinkt mit seiner Nut den Wählhebel fest. Der zweite Schritt ist ein Stromschritt. Der zweite Anker bleibt also, nachdem er von seinem Wählhebel bis gegen den Magneten gehoben worden ist, kleben. Dieser

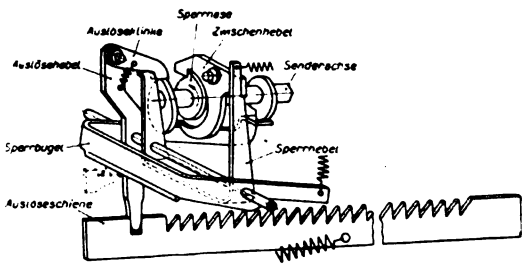


Abb. 9. Kupplung der Kontaktgeberachse mit der Senderachse.

Wählhebel kann von seinem Anker nicht festgehalten werden, sondern er legt sich durch die Kraft seiner Feder nach rechts. Der dritte bis fünfte Schritt des Zeichens sind ebenfalls Stromschritte. Die Anker dieser Schritte bleiben, nachdem sie von ihren Wählhebeln gegen den Magneten gedrückt worden waren, am Magneten kleben. Diese Wählhebel können ebenfalls durch ihre Anker nicht verklinkt werden. Sie legen sich infolge des Zuges ihrer Federn also alle nach rechts. Nun hebt der sechste Daumen mittels seines Hubhebels die Schwerter nach oben. Das Schwert *1* stößt mit seinem Ansatz gegen die Nase seines Wählhebels und wird dadurch nach links umgelegt. Die Schwerter *2* ... *5* dagegen finden keinen Anschlag, weil ja ihre Wählhebel nach rechts gezogen worden sind, sie legen sich also infolge der Kraft ihrer Federn nach rechts. Jetzt schiebt der siebente Daumen mittels des Sperrhebels den

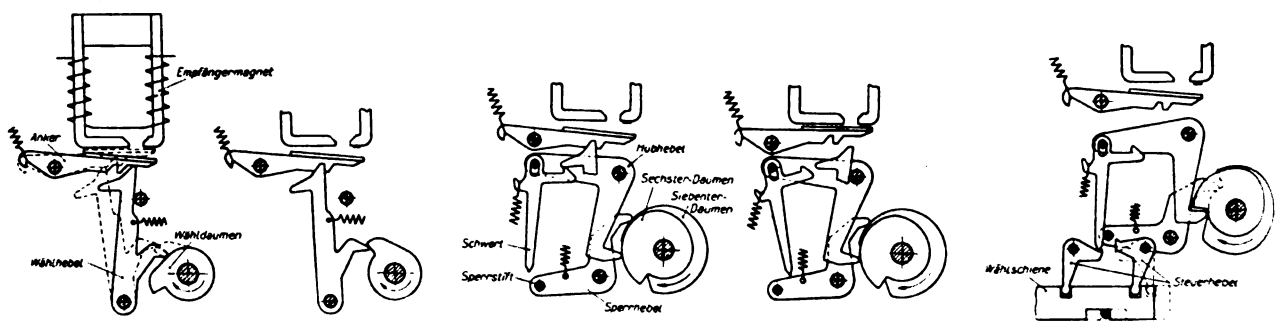


Abb. 10. Wahl des Zeichens.

Sperrstift in das von den Schwertern gebildete Dreieck und legt die Schwerter dadurch fest. Der sechste Daumen läßt nun durch seinen Hubhebel die Schwerter nach unten fallen, wobei das Schwert *1* gegen den linken Steuerhebel der Wählschiene *1* und die Schwerter *2* ... *5* gegen die rechten Steuerhebel der Wählschienen *2* ... *5* stoßen. Die erste Wählschiene wird durch diesen Stoß nach links und die zweite bis fünfte Wählschiene nach rechts verschoben. Die genuteten Wählschienen bilden eine Einfallnut für den Zugstab des Typenhebels des Buchstabens A.

Der Drucker.

Während des Einganges des Sperrschrittes des übermittelten Zeichens bewegt der Anschlagarm mit einer Nase einen Auslösebügel, der seinerseits mit einer Zugstange eine Sperrklinke (Abb. 12) von der Nase des angetriebenen Zahnrades hebt. Das angetriebene Zahnrad fällt durch die Kraft der Kupplungsfeder mit seinen Zähnen in die Zähne des Antriebszahnrades, das dauernd mit der Druckerachse umläuft, die von der Hauptachse über ein Vorgelege angetrieben wird. Auf dem gekuppelten Teil der Druckerachse befindet sich ein Exzenter, der Druckdaumen, der nun

Digitized by Google

während einer Umdrehung mit der Druckerachse umläuft. Dadurch, daß der Anschlagarm sogleich den Auslösebügel wieder verläßt, begibt sich die Sperrklinke sofort in ihre Ruhelage zurück und erwartet den Anschlag des angetriebenen Zahnrades, um die Kupplung zwischen Antriebszahnrad und dem angetriebenen Zahnrade nach der Umdrehung wieder aufzuheben. Auf dem Druckdaumen liegt ein Arm mit seiner Rolle. Die exzentrische Form des Druckdaumens gibt dem Arm eine Bewegung von oben nach unten, wodurch die Achse, auf der der Arm sitzt, eine Vor- und Rückwärtsdrehung macht. An der Achse ist die Druckfalle befestigt, die dabei eine Bewegung von hinten nach vorn und wieder zurück macht. Senkrecht zu den Wählschienen (Abb. 13) liegen über diesen die Zugstangen. Die Zugstangen sind auf hohe Kante gesetzte Schienen, die vorn einen langen, flachen dreieckigen Ausschnitt mit einer Nase haben und in der Ruhe von einer Feder auf die Druckfalle gezogen werden. Bei der Vorwärtsbewegung der

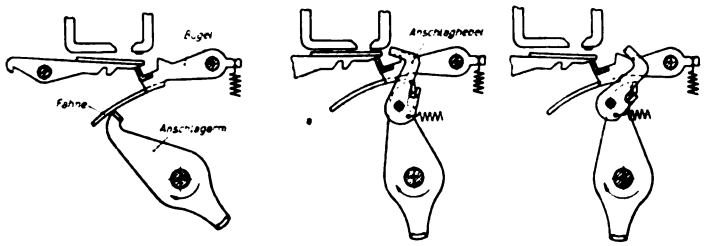


Abb. 11. Kuppeln und Entkuppeln der Wählaumenbuchse.

Druckfalle gelangt diese in die flachen Ausschnitte der Zugstangen. Die Zugstangen werden von ihren Federn nach unten gezogen und legen sich auf die Wählschienen. Nur die Zugstange, die die von den Wählschienen gebildete Einfallnut vorfindet, fällt in diese und dadurch so tief, daß die Druckfalle hinter die Nase dieser Zugstange kommt. Die Druckfalle reißt die Zugstange mit nach vorn. Diese Bewegung teilt die Zugstange über einen Zwischenhebel dem Typenhebel mit, der eine Bewegung von unten nach oben macht und mit seiner Type gegen den Papierstreifen schlägt. Danach geht die Druckfalle durch die Bewegung des Exzenters wieder von vorn nach hinten. Sie hebt dabei die Zugstangen von den Wählschienen und bleibt unter dem geraden Teil der Zugstangen liegen, bis das angetriebene Zahnrad mit dem Antriebszahnrad von neuem gekuppelt wird.

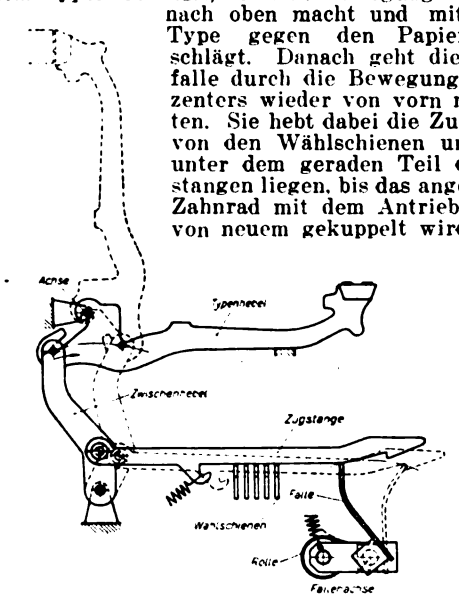


Abb. 13. Abdruck des Zeichens.

Der vorhin empfangene Buchstabe A wird mit Hilfe dieses Druckers auf folgende Weise abgedruckt. Nachdem der Anschlagarm durch den Auslösebügel den Exzenter — den Druckdaumen — mit der Druckerachse gekuppelt hat, bewegt der Exzenter die Druckfalle nach vorn. Die Zugstangen legen sich auf die Wählschienen. Dabei legt sich die Zugstange des Typenhebels des Buchstabens A in die von den Wählschienen gebildete Einfallnut. Bei dem Einfallen kommt die Nase dieser Zugstange in den Bereich der Druckfalle. Diese reißt die Zugstange mit nach vorn. Diese Bewegung wird durch den Zwischenhebel auf den Typenhebel A übertragen, der das Farbband gegen den Papierstreifen auf der Druckrolle — Schreibwalze — schlägt und so den Buchstaben A abdruckt. Darauf wird die Druckfalle von dem Exzenter wieder von vorn nach hinten bewegt, wobei sie die Zugstangen von den Wählschienen wegdrängt und diese für die Aufnahme des nächsten Zeichens freimacht.

Den Vorschub der Druckrolle und damit des Papierstreifens bewirkt eine Stoßstange, die an der Druckfalle befestigt und so gezwungen ist, die Bewegungen der Druckfalle mitzumachen. Die Stoßstange schiebt bei jeder Bewegung eine Klinke in ein Steigrad, das auf der Achse

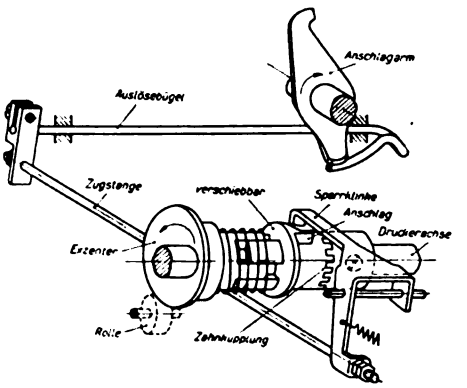


Abb. 12. Kuppeln und Entkuppeln des Druckdaumens.

der Druckrolle sitzt, so daß der Papierstreifen nach jedem Abdruck um eine Buchstabenbreite weiterbewegt wird.

Für den Übergang vom Buchstaben- zum Ziffern- oder Zeichenempfang und umgekehrt werden zwei Wechselzugstangen benutzt (Abb. 14). Beim Abdruck der Buchstaben steht die Druckrolle in ihrer unteren Stellung. Wird die Zugstange für Ziffern- und Zeichenwechsel gewählt und nach vorn gerissen, so wirkt sie auf die Hubgabelachse. Dadurch legt sich der unter Federspannung stehende Lagerhebel unter die Achse der Druckrolle, hebt diese in die obere Stellung und hält sie in der Lage für den Ziffern- bzw. Zeichenabdruck fest. Bei Umschaltung auf Buchstaben zieht lediglich die Zugstange für den Buchstabenwechsel den Lagerhebel unter der Achse der Druckrolle weg, wodurch die Schreibwalzenachse durch ihr Eigengewicht in die Buchstabenstellung fällt.

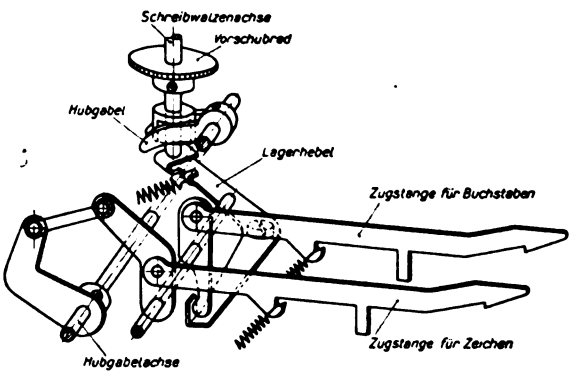


Abb. 14. Buchstaben- und Zeichenwechsel.

Das Farbband wird selbsttätig umgeschaltet und durch eine Stange mit einer Klinke von der Druckfalle vorgeschoben, indem die Klinke in ein Steigrad greift und dieses bei jeder Bewegung der Druckfalle um einen Zahn weiterschiebt.

Der Apparat leistet 7 Zeichen/s. Seine Betriebsgeschwindigkeit ist aber von der DRP auf 6,5 Zeichen/s festgesetzt worden. Die Betriebsgeschwindigkeit des Apparates wird mit Hilfe eines Fliehkraftreglers eingestellt und kann jederzeit von einem Zungen-Geschwindigkeitsmesser abgelesen werden. Der Regler hat außerdem die Aufgabe, die Wirkung der geringen durch die ungleichmäßige Belastung hervorgerufenen Schwankungen im Starkstromnetz auszugleichen.

Digitized by Google

Gleichmäßigkeit des Ganges von Webstühlen und der Wirkungsgrad der Motoren.

Von Ing. **F. Dittrich**, Tetschen a. E.

Übersicht. Auf Grund von betriebsmäßig durchgeführten Messungen wird an Hand von Tachogrammen festgestellt, daß verschiedene Motortypen auffallende Unterschiede in der Gleichmäßigkeit des Ganges des Webstuhles aufweisen. Eine nähere Untersuchung ergibt, daß der niedrigere Wirkungsgrad und der größere Drehzahlabfall beim Motor die Gleichmäßigkeit des Ganges günstig beeinflussen.

Wohl mit die wichtigste Anforderung, die an den Webstuhlantrieb gestellt wird, ist ein möglichst gleichmäßiger Gang desselben, weil dann eine Ware besserer Qualität infolge gleichmäßiger Dichte zu erzielen ist und eine sichere Bewegung des Schützens mit geringem Kraftaufwand erreicht wird. Es dürfte wohl heute als allgemein feststehend zu gelten haben, daß dies nur durch den Einzelantrieb zu erreichen ist, da auch der Gruppenantrieb erwiesenermaßen schon bei verhältnismäßig kurzen Wellensträngen in bezug auf Gleichmäßigkeit zu wünschen übrig läßt[1].

Der Einzelantrieb erfolgt durch Sondermotoren, bei denen auf hohen Wirkungsgrad, hohes Anzugsmoment und hohen Leistungsfaktor aus den bekannten Gründen Wert zu legen ist. Die Motoren treiben dabei entweder über ein Zahnradvorgelege oder Riemen des auf einer Wippe gelagerten Motors auf die Webstuhlwelle. In neuerer Zeit sind auch Antriebe mittels Spannrolle vom festgelagerten Motor in Aufnahme gekommen. Auf das Für und Wider dieser Antriebsarten soll an dieser Stelle nicht weiter eingegangen werden, da hierüber schon in der einschlägigen Literatur genügend diskutiert wurde und auch hinreichende langjährige Erfahrungen vorliegen, die erkennen lassen, daß eine Verallgemeinerung in dem Sinne, daß nur der eine oder der andere Antrieb der richtigste ist, nicht möglich ist. Es sind vielmehr in jedem einzelnen Falle alle wirtschaftlichen und textiltechnischen Forderungen gegeneinander abzuwägen und danach die Entscheidung zu treffen. Im folgenden soll die Aufmerksamkeit auf eine Tatsache gelenkt werden, die meines Wissens beim Einzelantrieb bisher noch nicht erörtert wurde.

Gelegentlich der Durchführung vergleichender Messungen an Einzelantrieben in einem größeren Betriebe, um auf Grund derselben die Entscheidungen bezüglich Antriebsart und Fabrikat zu treffen, wurden auch mittels eines an die Hauptwelle des Stuhles angesetzten Hornschen Tachographen die Drehzahlschwankungen aufgezeichnet. Es wurden drei verschiedene Fabrikate deutscher Großfirmen untersucht, und jedes Fabrikat war für Zahnrad- und Riemenwippenantrieb vorhanden. Die einzelnen Fabrikate werden im folgenden mit A, B und C bezeichnet. Die Motoren A und B waren für eine Nennleistung von 0,24 kW und die Motoren C für eine solche von 0,25 kW. Die Drehzahl war 950 U/min und die Spannung 380 V. Die so erhaltenen Tachogramme sind in Abb. 1 a ... f wiedergegeben. Erläuternd ist hierzu noch zu bemerken, daß die auf dem Tachographenpapier vorgedruckten Prozentwerte der Drehzahländerung doppelt so hoch waren, da im Tachometer eine Feder mit halber Empfindlichkeit eingesetzt war.

Ein Vergleich der verschiedenen Geschwindigkeitskurven der durch die Motoren A und B angetriebenen Webstühle zeigt weder bei Zahnrad- noch bei Riemenantrieb einen allzu wesentlichen Unterschied bezüglich der Gleichmäßigkeit des Laufes. Bei den Antrieben mit den Motoren B sind die Schwankungen bei Riemenantrieb um rd. 0,3 % und bei denen mit Zahnradantrieb um rd. 0,5 %

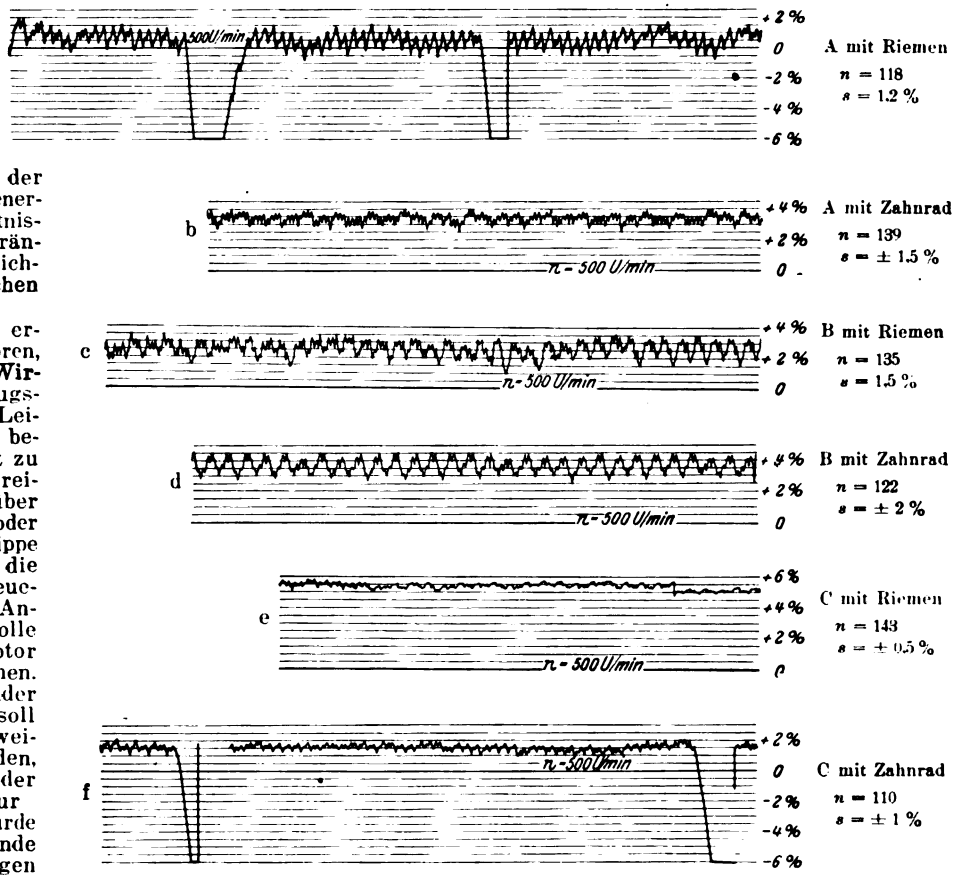


Abb. 1. Webstuhl-Tachogramme.

größer als bei den Motoren A. Dagegen zeigen die Antriebe mit den Motoren C ganz auffällig eine viel größere Gleichförmigkeit. Diese Erscheinung überrascht zunächst, erfährt aber durch die an den Motoren neben anderen Messungen auch durchgeführte Bestimmung der Wirkungsgrade ihre Erklärung.

Zu diesem Zwecke wurden die Motoren mechanisch durch eine Schnurbremse mit Federwaage gebremst. Auf Abb. 2 sind von den aus diesen Bremsungen gemessenen bzw. errechneten Werten der Wirkungsgrad und die Drehzahl bei verschiedenen Belastungen der Motoren A ... C dargestellt. Diese Kurven zeigen, daß die Motoren C einen erheblich geringeren Wirkungsgrad besitzen als die Motoren A und B. Ferner zeigen die Drehzahlkurven, daß auch der Drehzahlabfall der Motoren C wesentlich höher als der der Motoren A und B ist. Die mit dem Drehzahlabfall (Schlüpfung) verbundenen Verluste beeinflussen zusammen mit den übrigen Verlusten im Motor den Wirkungsgrad. Werden die letzteren gleichgehalten, so wird also der Wirkungsgrad eines Motors um so niedriger werden, je größer sein Drehzahlabfall bei Belastung bzw. seine Schlüpfung wird. Die Diagrammkurven lassen also er-

[1] Z. V D I Bd. 72, S. 916 (1928).

Digitized by Google

kennen, daß die Schlüpfungen bzw. Rotorverluste der Motoren C größer sind als die der anderen. Wenn die Leerdrehzahl der Motoren nicht bei jedem der untersuchten Motoren gleichhoch war, so rührt dies daher, daß die Motoren von einem eigenen Kraftwerk mit Strom versorgt wurden, dessen Frequenz ziemliche Schwankungen zeigte.

Die größere Gleichmäßigkeit der Antriebe mit den Motoren C ist also einfach durch die größere Schlüpfung der Motoren zu erklären, wodurch die mit den Motoren gekuppelten Massen in größerem Maße ausgleichend wirken

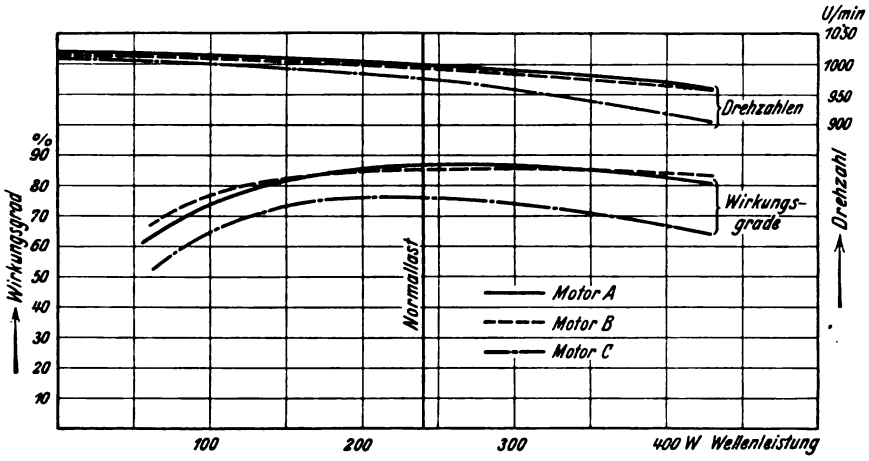


Abb. 2. Wirkungsgrad- und Drehzahlkurven der Motoren.

können als bei Motoren mit geringerer Schlüpfung. Dies gilt sowohl für Verzögerung als auch Beschleunigung dieser Massen, also motorische und generatorische Arbeitsweise der Motoren. Diese Pufferung durch erhöhte Schlüpfung muß nun notgedrungen durch höhere Rotorverluste erkauft werden. Es fragt sich nur, ob dieser Nachteil wirklich immer so bedeutungsvoll ist, und ob es nicht Mittel gibt, um diesen wenigstens zu mildern.

Der Wirkungsgrad der Motoren A und B ist fast gleich hoch und beträgt bei Nennlast durchschnittlich 0,83. Beim Motor C ist er 0,76. Daraus ergibt sich ein Mehrverbrauch der Motoren C von 0,026 kW = 9 %. Wenn man nun bedenkt, daß in den gesamten Produktionskosten der Stromverbrauch nur rd. 3 ... 5 % aller anderen einzukalkulierenden Selbstkosten beträgt, so wird es in vielen Fällen schließlich doch vorzuziehen sein, einen Motor mit größeren Rotorverlusten zu verwenden, wenn dadurch ein gleichmäßigerer Lauf des Stuhles und damit eine bessere Ware zu erreichen ist.

Weiter ist zu beachten, daß bei einem Motor mit geringerem Ankerwiderstand auch die fortwährenden Stromstöße größer sein müssen, weil die ausgleichende Wirkung der Massen nur eingeschränkt zur Geltung kommen kann. Infolgedessen werden auch die durch die Stromstöße bedingten Kupferverluste in der Stator- und Rotorwicklung größer werden und damit der mittlere Wirkungsgrad eines solchen Motors mit geringerer Schlüpfung nicht mehr allzu viel höher sein als der eines Motors mit größerer Schlüpfung, bei dem aber die Stromstöße bei jedem Schützenschlag nicht so groß sind.

Ferner besteht noch die Möglichkeit, einen Motor zu bauen, der trotz großer Schlüpfung einen höheren Wirkungsgrad besitzt. Dies ist nur möglich, wenn die Statorverluste im Eisen und Kupfer verringert werden Da aber auch das beim Einzelantrieb unbedingt geforderte hohe Anzugsmoment erhalten bleiben muß, so wird naturgemäß ein solcher Motor größer und teurer werden. Ob diese erhöhten Motorkosten tragbar sind, ist nicht in jedem Falle zu bejahen und müßte gemeinsam mit allen anderen Faktoren, wie Strompreis, Wertsteigerung der besseren Ware usw. kalkuliert werden.

Es ergibt sich aus diesen Ausführungen die zunächst etwas befremdliche Tatsache, daß ein wirtschaftlich geringerwertiger Motor doch Vorzüge besitzt, durch die er in manchen Fällen vorteilhafter verwendet wird. Dies ist schließlich eine auch auf anderen Gebieten der Technik festgestellte Erscheinung.

Verkehrsentwicklung und Untergrundbahn-Unternehmungen in Buenos Aires.

Von Prof. Dr.-Ing. **Arthur Geldermann**, Buenos Aires.

Übersicht. **Es wird zunächst auf einige Teillösungen hingewiesen, die das Problem des ständig wachsenden Verkehrs in Buenos Aires herausforderte, worauf über die erste in Betrieb befindliche und daran anschließend über die in Ausführung begriffene zweite Untergrundbahn berichtet wird. Schließlich werden noch sonstige bemerkenswerte elektrische Beförderungsmittel für Stadt und Umgebung erwähnt.**

Die Einwohnerzahl der Hauptstadt Argentiniens, der größten Stadt Südamerikas, hat sich im Laufe der letzten dreißig Jahre vervierfacht und beträgt heute rd. 2 Mill. Bemerkenswert ist hierbei, daß die Hauptstadt fast den fünften Teil der Gesamteinwohnerzahl des ganzen Landes, die sich heute auf ungefähr 11 Mill beläuft, umfaßt. Der sprunghaften Bevölkerungsbewegung gebührend Rechnung zu tragen, gestaltet sich hier schon deshalb ganz besonders schwierig, weil die gegebenen Raum- und Ortsverhältnisse hinderlich im Wege stehen: die Straßen des in der Art einer spanischen Kolonialstadt angelegten Zentrums sind von vornherein sehr eng bemessen worden, und die örtliche Lage der alten Stadt am rechten Ufer des Rio de la Plata beschränkte ihre Ausdehnung in dieser Richtung. Das hauptstädtische geschäftliche und kulturelle Leben konzentriert sich auf jenen Stadtteil, und seit Jahren ist es offenkundig, daß unter den gegebenen Umständen eine rationelle Behebung der Verkehrschwierigkeiten nur darin zu erblicken ist, daß der Massentransport der Bevölkerung außerhalb des Stadtbildes verlegt wird, d. h. seine Bewältigung mittels Hoch- oder Untergrundbahnen erfolgt.

Neben dieser Hauptlösung des Verkehrsproblems sind Teillösungen in Angriff genommen worden, die infolge ihres radikalen Charakters erwähnenswert scheinen. Der schachbrettartige innere Teil der Stadt wird von Diagonalen durchbrochen werden. Diese Arbeiten sind bereits so weit fortgeschritten, daß, durch verschiedene Straßenblocks hindurch, Teile dieser Diagonalen dem öffentlichen Verkehr übergeben werden konnten. Wenn man sich beispielsweise vorstellt, in Berlin sollte nur eine Diagonale solcher Art, etwa von der Ecke Unter den Linden und Friedrichstraße geradewegs über den Kaiserhof durchgeführt werden, so kann man sich ein Bild davon machen, welche ungeheuren Schwierigkeiten, welche Enteignungskosten und welche Ausführungsarbeiten mit einer so durchgreifenden Maßnahme verbunden sind. Um sie gutzuheißen, mußten sich die Verkehrsnöte erst derart fühlbar gemacht haben, daß daneben alle übrigen Erwägungen zurücktraten. In anderer Beziehung ist ebenfalls in den letzten Jahren radikal vorgegangen worden: soweit irgendwie angängig hat man bereits mit der Verbreiterung der Straßen, ohne Kosten zu scheuen, im belebtesten Teil der Stadt begonnen.

Auf dem Gebiete der Personenbeförderung ist vor einem Jahre eine eigenartige Neuerung zur Einführung gelangt, deren Entwicklung anfänglich große Ausdehnung annahm; inzwischen hat sie sich allerdings nur in bescheidenerem Maße als lebenskräftig erwiesen. Bei diesem Verkehrsmittel, dem sogenannten „Kollektivauto", welches als Zwischending zwischen Autodroschke und Autoomnibus angesehen werden kann, handelt es sich eigentlich nur um die wirtschaftlich bessere Ausnutzung von vorhandenen vier- bzw. sechssitzigen Mietautos, deren bisheriger Zweck — lediglich einzelne oder zusammengehörige Personen zu befördern — dahin erweitert wurde, daß in ihnen ebenso wie in den Autobussen einander fremde Fahrgäste aufgenommen werden. Auf diese Weise wird nicht nur der Fahrpreis auf die Person geringer, sondern

Digitized by Google

infolge der erheblich größeren Ausnutzung der Wagen, die bestimmte Strecken regelmäßig befahren, kann er an und für sich herabgesetzt werden. Durchweg ist die Fahrt im Kollektivauto nur etwa doppelt so teuer als im Autoomnibus; sie bietet aber dafür den von vielen hochgeschätzten Vorteil schnellerer Beförderung und es fällt der Nachteil der Überfüllung fort.

Die durch ihren Schienenweg in der Bewegungsfreiheit beschränkte und ganz besonders in den engen Verkehrsadern der Stadt stark gehemmte Straßenbahn, der erst vor wenigen Jahren in Gestalt der Autoomnibusse ein starker Wettbewerb entstanden war, hat sowohl gegen dieses wie gegen jenes Beförderungsmittel, soweit die ihr zur Benutzung überlassenen Straßenzüge in Betracht kommen, energisch Einspruch erhoben, den die Stadtbehörde in derselben Richtung über den Bahnhof Once der Westbahn nach dem Stadtteil Caballitos[1]. Hier ist für direkten Anschluß an die der gleichen Gesellschaft gehörige Straßenbahnlinie gesorgt; früher war die Fortsetzung der Fahrt ohne umzusteigen möglich, aber man ist trotz der Proteste des Publikums schließlich davon abgekommen, dieselben Untergrundbahnwagen auf die Straßenbahngleise übergehen zu lassen. Die ganze Strecke ist doppelgleisig ausgeführt. Die Entfernung der beiden Endstationen Plaza Mayo und Caballito, zwischen denen sich 12 Haltestellen befinden, beträgt rd. 7 km. Die Untergrundbahn wird mit Gleichstrom von 500 V betrieben. Das Unternehmen bezieht die Energie von dem Licht- und Kraftwerk der Compañia Hispano Americana de Electricidad (der früheren Deutsch-Überseeischen Elek

Abb. 1. Plan von Buenos Aires mit Untergrundbahn- und Eisenbahnlinien.

mit dem Bescheid ablehnte, keiner Gesellschaft darin Monopolrechte erteilt zu haben. Die angerufene gerichtliche Entscheidung — die Straßenbahn klagt auf mehrere Millionen Pesos Schadensersatz — steht noch aus.

Die eingangs erwähnte Hauptlösung des Verkehrsproblems mittels Hoch- und Untergrundbahnen befindet sich noch immer in verhältnismäßig bescheidenen Anfängen. Die vor 15 Jahren dem Betrieb übergebene erste Untergrundbahnstrecke *a* in Abb. 1 der Compañia Anglo Argentina de Tranvias Limitada (welcher der größere Teil — 620 km — des Straßenbahnnetzes mit über 2000 Wagen gehört, deren Leistung fünf Personen je Wagenkilometer beträgt) durchschneidet das Zentrum von Buenos Aires in gerader Linie von dem an der Plaza Mayo gelegenen Regierungsgebäude bis zu dem Kongreßpalast (an der Plaza Congreso) und führt von da ab weiter

trizitäts-Aktiengesellschaft), welche die größere der beiden Buenos Aires mit Strom versorgenden Gesellschaften ist. Die zum Fahrdraht führenden Speiseleitungen sind oberhalb an den Seitenwänden des Tunnels angebracht; die Stromabnahme erfolgt mittels Scherenstromabnehmer.

Zur Vorbeugung gegen Unglücksfälle ist neben den normalen Sicherheitsvorkehrungen folgende auch anderwärts bei Stadtschnellbahnen angebrachte Einrichtung vorgesehen worden, die der Möglichkeit Rechnung trägt, daß der Zugführer aus irgendwelchem Grunde (z. B. infolge von Ohnmachtsanfall) nicht in der Lage ist, an dem Aufleuchten des grünen bzw. roten Lichtsignales zu erkennen, ob er freie Fahrt hat oder ob der zu befahrende Streckenabschnitt noch besetzt ist. In letzterem Fall wird selbst-

[1] ETZ 1911, S. 584; 1914, S. 525.

Digitized by Google

tätig an der betreffenden Stelle die Stromzuführung unterbrochen. Hierzu tritt eine an einem seitlich der Bahnstrecke angeordneten beweglichen Arm hängende Gabel in Tätigkeit, die in der Gefahrstellung so weit heruntergelassen ist, daß die auf dem Dach des unter ihr herfahrenden Triebwagens befindliche Schaltstange zwangsläufig von ihr erfaßt und in die Ausschaltstellung gebracht wird.

Die seit einigen Monaten eingeführte, vom Zugführerstand aus bewirkte Türschließvorrichtung mittels Druckluft befindet sich hier noch im Versuchstadium. Bisher ist weder eine Signalanlage bzw. Warnungslampe mit der Vorrichtung kombiniert, noch irgendeine sonstige Maßnahme getroffen worden, wodurch der Fahrgast darauf aufmerksam gemacht wird, daß die Türen geschlossen werden. Vor Einführung dieser Neuerung blieben letztere nicht selten während der ganzen Fahrt offen, und es war jedenfalls leicht, während des Anfahrens einzusteigen. Unter Berücksichtigung dieser alten Gewohnheit vieler Fahrgäste wäre zur Zeit eine Warnungsvorrichtung durchaus am Platze. Allerdings ist anderseits die Möglichkeit gegeben, mit geringer Anstrengung die Tür stets, sowohl von außen wie von innen, in normaler Weise, d. h. ohne Zuhilfenahme irgendeiner besonderen Türentriegelung bzw. Notgriffs zu öffnen, wodurch eigentlich die ganze sog. selbsttätige Türschließvorrichtung illusorisch wird. Zudem ist für den Führer keinerlei Kontrolle über das richtige Türschließen vorhanden. Erst kürzlich hat sich ein schwerer Unfall auf der Untergrundbahn dadurch ereignet, daß ein Fahrgast infolge nicht richtig geschlossener Tür bei voller Fahrt aus dem Wagen stürzte und dann von einem in entgegengesetzter Richtung kommenden Zug getötet wurde. Es bleibt abzuwarten, ob die Untergrundbahnverwaltung den Protesten des Publikums nachkommt und die beabsichtigte Verbesserung in sachverständiger Erkenntnis ihrer Tragweite dem heutigen Stand der Technik anpaßt.

Die durchweg aus 5 Triebwagen bestehenden und nur eine Wagenklasse führenden Züge verkehren von morgens 5 Uhr bis nachts 1 Uhr. Die mittlere Reisegeschwindigkeit ist ungefähr 22 km/h. Zu Zeiten starken Verkehrs folgen die Züge in Abständen von 2 min. Der Aufenthalt auf den Zwischenstationen beträgt durchschnittlich etwa 10 s. Während jeder Wagen 42 Sitzplätze hat, ist bezüglich der Stehplätze bezeichnenderweise keinerlei Festsetzung getroffen. Ein behördlich bemessenes Fassungsvermögen hätte auch hier praktisch keine Bedeutung, da die Fahrgäste wie in anderen Ländern gewöhnt sind, während der Verkehrspitzen so zusammengepfercht wie nur irgend möglich zu reisen. Deshalb ist mit Rücksicht auf die weiblichen Mitfahrenden der letzte Wagen ausschließlich für diese zu den Zeiten des stärksten Verkehrs reserviert. Um eine schnellere und weniger unbequeme Reisemöglichkeit zu bieten, hat das Untergrundbahn-Unternehmen seit zwei Jahren damit angefangen, die Züge wie bei anderen Stadtschnellbahnen abwechselnd an einzelnen Stationen durchfahren zu lassen; für die Zeiten des Geschäftsbeginns und -schlusses hat diese Maßnahme noch keine ausreichende Besserung der Verhältnisse herbeigeführt.

Für das — erstmalig in New York anläßlich einer Grippeepidemie angewandte — System, durch Staffelung der Geschäftszeiten die Verkehrspitze abzuschwächen, hat sich die hiesige Geschäftswelt bisher nicht interessiert.

Der Fahrpreis — unterschiedslos für Erwachsene und Kinder — der direkten Fahrt für die ganze Strecke oder für Teilstrecken beträgt ebensoviel wie bei der Straßenbahn, und zwar 10 Centavos (etwa 17 Pf). Zwecks Kombination mit bestimmten Straßenbahnlinien der eigenen Gesellschaft werden Fahrscheine zu 15 Centavos ausgegeben; Monatskarten oder sonstige Ermäßigungssysteme sind nicht eingeführt worden.

Bei den vorliegenden einfachen Verhältnissen ließe sich die nur auf zweierlei Fahrkarten von 10 oder 15 Centavos sich erstreckende Erlegung des Fahrgeldes bequem selbsttätig nach dem Muster neuzeitlicher ähnlicher Anlagen gestalten. Bisher erfolgt die Fahrkartenausgabe jedoch noch immer in der althergebrachten Weise durch Beamte, die allerdings an dem jeweiligen Schalter nur die eine oder andere Sorte Karten verabfolgen. Außerdem wird an den Ein- und Ausgängen durch besondere Sperrenschaffner die Fahrkartenkontrolle vorgenommen. Innerhalb des durch die Sperre abgegrenzten Gebiets, also auch im Zuge selbst, findet keinerlei Kontrolle statt, da eine solche infolge des Vorhandenseins von nur einer Wagenklasse hinfällig ist.

Das finanzielle Ergebnis der Untergrundbahn an sich — welche durchschnittlich monatlich ungefähr 5 Mill Fahrgäste befördert — wird nach außenhin nicht ohne weiteres offensichtlich, da das Gedeihen der mit englischem Kapital arbeitenden Gesellschaft zum größeren Teil von ihrem Straßenbahngeschäft abhängt. Auf die ihr hierin erwachsenden Schwierigkeiten infolge des ständig zunehmenden Wettbewerbs andersartiger Beförderungsmittel wurde bereits oben hingewiesen.

Seit zwanzig Jahren steht der Gesellschaft Anglo Argentina laut erteilter städtischer Konzession das Recht zu, eine weitere Untergrundbahnlinie zu bauen, aber langwierige Auseinandersetzungen mit der Munizipalität — vorwiegend wegen der Tariffrage — hatten bisher die Inangriffnahme des Baues vereitelt. Im Monat Oktober v. J. ist nun endlich ein Bürgermeisterbeschluß erlassen worden, wonach unter anderm die Pläne unter gewissen Voraussetzungen gebilligt worden sind und bestimmt worden ist, daß innerhalb eines Jahres endgültig mit dem Bau zu beginnen ist. Diese neue, etwa 4½ km lange Untergrundbahn soll von Plaza Británica aus quer durch das Stadtzentrum nach dem Bahnhof Constitución der Südbahn führen (Linie *b* in Abb. 1). An der Ausgangstation Retiro (Plaza Británica) liegen die drei Hauptbahnhöfe der Gesellschaften: Ferro Carril Central Argentino, Ferro Carril Central Cordoba und Ferro Carril Pacifico. Durch diese neue Untergrundbahnlinie wird also demnächst endlich dem dringenden Bedürfnis nach einem glatten Verkehr zwischen den wichtigsten Bahnhöfen der Stadt entsprochen werden.

Eine andere Gesellschaft, die Compañia Federico Lacroze, welche ebenfalls als Unternehmerin elektrischer Straßenbahnen in Buenos Aires seit vielen Jahren tätig ist, hat nun seit Jahresfrist die Schwierigkeiten mannigfaltigen Charakters überwunden, die sich der Ausführung der von ihr geplanten Untergrundbahnlinien entgegenstellten. Als Eigentümerin einer elektrischen Vorortbahn wurde ihr bereits im Jahre 1912 durch Landesgesetz eine Konzession erteilt, wonach sie ermächtigt wurde, von dem Stadtbahnhof Chacarita jener Vorortbahn durch die Stadt bis zum Hafengelände eine Untergrundbahn (*c* in Abb. 1) zu bauen, die gewissermaßen als Verlängerung ihrer bestehenden Bahn angesehen werden kann. Die infolge dieses Konzessionsgesetzes aufgeworfene Kompetenzfrage zwischen Stadt- und Landesbehörde ist inzwischen wenigstens soweit geklärt worden, daß die Rechte der ersteren entsprechend gewahrt werden sollen. Nachdem nunmehr auch der finanzielle Teil des Projekts genügend sichergestellt worden war, konnte endlich, am 25. IX. 1928, feierlich mit der Tunnelausschachtung begonnen werden.

Der nordwestliche Endpunkt dieser neuen doppelgleisigen Bahn — deren beide Fahrtstrecken der ganzen Länge nach durch eine Mauer voneinander getrennt werden, in der je Meter Abstand eine Öffnung vorhanden ist, welche als Notzuflucht dienen kann — ist der Ausgangsbahnhof Federico Lacroze (Chacarita) der Gesellschaft, deren elektrische Überlandbahnen von dort nach außerhalb führen. Die andere östliche Endstation wird im Hafengelände liegen, so daß die nicht auf den Personenverkehr beschränkte Untergrundbahn bei dem Lastentransport von und nach Übersee in Zukunft erfolgreich mitwirken kann. Die Überführung der Güterwagen — deren Profile bei Bemessung des Untergrundbahntunnelprofils maßgebend waren — von dem Bahnhof Federico Lacroze der Vorortbahn auf die Gleise der Untergrundbahn wird mittels elektrischer Lokomotiven durch besondere Zufahrttunnels hindurch erfolgen, und es ist ferner geplant, daß nach Ausbau der ganzen Strecke auch die Personenwagen der Vorortzüge ihre Fahrt auf den Untergrundbahngleisen bis zu der im Herzen der Stadt gelegenen Zwischenstation Carlos Pellegrini fortsetzen sollen. Der zunächst zur Ausführung kommende Abschnitt vom Bahnhof Lacroze bis zur Straße Callao beträgt 6,268 km, welcher einschließlich des Aufenthalts auf den Zwischenstrecken in etwa 15 min durchfahren werden soll. Die ganze Strecke ist rund 8,600 km lang, und es sind insgesamt 11 Zwischenstationen vorgesehen, deren Entfernungen voneinander zwischen 500 und 900 m schwanken. Die höchste Stundengeschwindigkeit beträgt 60 km, die Verkehrsgeschwindigkeit etwa 22 km/h, gleich derjenigen der ersten Untergrundbahn.

Die Untergrundbahnhöfe, bei denen keinerlei den Verkehr störende Tragsäulen zur Verwendung kommen, werden mit glasierten Kacheln ausgelegt und erhalten Telephonzellen, Toiletten usw. Jede Zwischenstation wird durch Kacheln von einer andern Farbtönung gekennzeichnet. Galerien in den einzelnen Stationen stellen die Verbindung zwischen beiden Straßenseiten her, um den Reisenden die beim starken Straßenverkehr so lästige oberirdische Überquerung zu ersparen. Bei dem Hauptzwischenbahnhof Callao hat man sogar zur Erhöhung der Bequemlichkeit Zugänge von allen vier Straßenecken angelegt; insgesamt stehen daselbst 6 Treppen zur Verfü-

Digitized by Google

gung, von denen vier als Rolltreppen vorgesehen sind, eine Neuerung, die hier bisher noch unbekannt ist. Die Bahnsteige sind 132 m lang und entsprechen 8 Wagenlängen.

Die Bahn wird mit Gleichstrom von 600 V betrieben; die Stromzufuhr erfolgt in üblicher Weise mittels besonderer Stromschiene statt mittels Fahrdrahts wie bei der obenerwähnten, der Anglo Argentina gehörigen Untergrundbahn. Die elektrische Energie soll von einem der beiden hier bestehenden Elektrizitätswerke bezogen werden. Der erste Auftrag auf Triebwagen (56 Stück im Werte von 5 Mill RM) ist der Metropolitan-Cammell Cariage Wagon and Finance (Vickers-Gruppe) zugefallen; die englischen Kapitalisten, welche einen Teil der Baukosten dieser Untergrundbahn finanzierten, hatten bei jener Gelegenheit die Bedingung gestellt, daß britische Firmen bei Vergebung der Bestellung auf das rollende Material zu bevorzugen seien.

Die erste, vorerwähnte Strecke, deren Bau die nordamerikanische Firma Dwight, Robinson Co. übernommen hat, sollte innerhalb von 18 Monaten vom Tage der Inangriffnahme fertiggestellt sein. Für die betreffende Strecke ist dieser Termin auch einigermaßen eingehalten worden und inzwischen gehen die Arbeiten auf der zweiten Strecke, die Mitte 1931 fertiggestellt sein soll, rüstig voran. Die Ausschachtungsarbeiten werden soweit möglich mit mächtigen Greifbaggertraktoren ausgeführt. Sofort nach den Ausschachtungen wird der Tunnel in Eisenbeton gemauert. Dort, wo es infolge des starken Verkehrs untunlich ist, die Straße in ihrer ganzen Breite aufzureißen, wird nur ein Teil für die Ausschachtungsarbeiten in Anspruch genommen. So hatte man auf der Straße Triunvirato, auf der nur ein derselben Gesellschaft gehöriges Straßenbahngeleise vorhanden ist, dieses so dicht an die Seite verlegt, daß es zur Hälfte mit den Schwellen auf dem Bürgersteig ruhte. Um den Verkehr in den belebtesten Verkehrsadern möglichst wenig zu stören, werden dort die Arbeiten vollständig unterirdisch vorgenommen und mittels Schächten die Erdmassen nach oben befördert. Eine besondere Schwierigkeit bot ein Wasserlauf, der, weniger tief als der Tunnel gelegen, durch geschickte Zementarbeit in andere Richtung abgelenkt werden mußte. Die Erdmassen werden mittels 27 Lastautos „Kippsystem Brockway" von je 7 m³ Fassungsvermögen nach einer 8 km entfernten Abladestelle gefahren, wobei ein Transport hin und her einschließlich Ein- und Abladen nicht mehr als 50 min in Anspruch nimmt.

Das neue Untergrundbahnunternehmen der Lacroze-Gesellschaft, das unter dem Namen Compañia de Ferro Carril Terminal Central de Buenos Aires figuriert, ist berufen, eine der wichtigsten Rollen im Verkehrsleben innerhalb des eigentlichen Stadtbezirkes von Buenos Aires zu spielen, wenngleich ursprünglich die offizielle Auffassung vorlag, daß die neue Untergrundbahn lediglich zur direkten Verbindung des Bahnhofes Lacroze der Vorortbahn mit dem Hafen dienen sollte. Unter solchem Gesichtswinkel konnte es auch nur geschehen, daß der Gesellschaft durch Landesgesetz anstatt durch die städtische Obrigkeit die Genehmigung zum Bau der Bahn erteilt wurde. Dank dieses besonderen Umstandes befindet sich das Unternehmen in finanzieller Hinsicht in erheblich günstigerer Lage als die von der Stadt genehmigten Straßen- und Untergrundbahnen, denn letztere haben an städtischen Abgaben 6 % ihrer Bruttoeinnahmen zu entrichten, während auf Grund der Landeskonzession nur 3 % des Reingewinnes an Steuern abzuführen sind.

Daß in Buenos Aires eine ausschließlich dem direkten Lastverkehr dienende elektrische Untergrundbahnlinie besteht, verdient im Rahmen dieser Betrachtungen schon insofern Erwähnung, als hierdurch der Straßenverkehr eine nicht unerhebliche Entlastung von Karren und Lastautos erfährt. Diese unterirdische Betriebstrecke besteht in einem Tunnel von 8 km Länge, der den Endbahnhof Once der Buenos Aires-Westbahn mit dem Hafengelände verbindet, d. h. mitten in der Stadt liegt. Zum Teil geht diese Linie direkt unter dem Tunnel der Gesellschaft Anglo Argentina her. Im Interesse des allgemeinen Verkehrs ist es sehr zu bedauern, daß diese so günstig gelegene Strecke nur für Güterzüge benutzbar ist. Die Buenos-Aires-Westbahn-Gesellschaft, die bereits seit dem Jahre 1923 ihre Vorortstrecke von mehr als 100 km Gleislänge mittels Gleichstrom von 800 V betreibt, verwendet für die Güterzüge auf der ganzen Strecke (d. h. einschließlich des Tunnelverkehrs) Lokomotiven, während für die Personenzüge der eigentlichen Vorortstrecke Triebwagen zur Anwendung kommen.

Eine große Entlastung der Stadtverkehrsadern wird ganz besonders durch die Vorortlinien der Compañia Ferro Carril Central Argentina herbeigeführt, deren Zwischenbahnhöfe zum Teil noch innerhalb des Stadtbezirkes liegen. Eine der dieser Gesellschaft gehörenden Linien, die in der Richtung nach Norden, d. h. vom Stadtbahnhof Retiro bis zu dem 28 km entfernten Vorort Tigre führt, wird seit dem Jahre 1916 elektrisch mittels 800 V Gleichstrom betrieben, und kürzlich ist beschlossen worden, auch die anderen vom Bahnhof Retiro ausgehenden Vorortlinien der gleichen Gesellschaft, die bisher mit Dampflokomotiven betrieben wurden, elektrisch nach dem Vorbild der ersteren auszurüsten. Die höchste Geschwindigkeit auf der elektrisierten Tigrestrecke beträgt 60 km/h. Es kommen dabei Triebwagen zur Verwendung. Der Hauptverkehr spielt sich auf der betreffenden Strecke innerhalb der Stadtgrenzen ab und macht den entsprechenden Straßenbahnen und Omnibuslinien trotz des viel höheren Fahrpreises scharfen Wettbewerb. Die Vorteile erheblich größerer Verkehrsgeschwindigkeit, höherer Zuverlässigkeit und bequemerer Beförderungsweise fallen so bedeutend in die Waagschale, daß die genannte Bahngesellschaft sogar vor mehreren Jahren dazu übergehen konnte, die Fahrpreise um 20 % zu erhöhen, während die Straßenbahngesellschaften, welche zeitweise ebenfalls den gleichen Aufschlag erhoben hatten, längst wieder durch die Stadtbehörde genötigt worden sind, sich mit dem Einheitstarif von 10 Centavos abzufinden. Allerdings zeigt dagegen die Eisenbahn den regelmäßigen Fahrgästen durch Ausgabe von Monatskarten ein gewisses Entgegenkommen. Es sei hier noch nebenbei bemerkt, daß die argentinischen Eisenbahnen im Gegensatz zu den Straßen- und Untergrundbahnen zwei Klassen führen; die 2. Klasse, welche als Arbeiterwagen bezeichnet werden könnte, wird aber durchschnittlich viel weniger benutzt. Die Vorortzüge führen durchweg doppelt soviel Wagen 1. wie 2. Klasse. Aus dieser Einstellung heraus und im Zusammenhang mit dem Vorgesagten erklärt sich auch das gute finanzielle Ergebnis, das die in englischen Händen liegenden Bahngesellschaften hier gerade mit den Vorortbahnen erzielen, deren Bedeutung angesichts der Zweckmäßigkeit, die Wohnstätten immer weiter nach draußen zu verlegen, von Jahr zu Jahr zunimmt.

Zur Projektierung von Lichtreklameanlagen[1].

Maßgebend für die Wirkung der Lichtreklame sind bei Leuchtschriften die Größe der Buchstaben, bei beleuchteten Flächen und Transparenten die Höhe und die Gleichmäßigkeit der Leuchtdichte. Bei Glühlampenbuchstaben mit opalglasabgedecktem Leuchtkanal liegen die Leuchtdichten zwischen 1000 und 4000 Lux auf Weiß, bei beleuchteten Firmenschildern zwischen 60 und 300 Lux auf Weiß. Die Ungleichmäßigkeit der Beleuchtung von Firmenschildern darf höchstens 1 : 9 betragen; damit dies der Fall ist, muß der Reflektorabstand vom Schilde mindestens gleich der halben Schildhöhe gemacht werden. Erhöhen läßt sich die Gleichmäßigkeit der Schildbeleuchtung 1. durch eine unten am Schild angebrachte Reflexionsleiste, 2. durch eine zur Schildfläche geneigte Glasscheibe und 3. durch einen zweiten von unten her wirkenden Reflektor mit Glühlampen. Damit die einen innen mattweißen Kasten abdeckende Opalscheibe gleichmäßig erscheint, ist der Abstand der Glühlampen von der Leuchtfläche gleich einem Drittel der größten Abmessung der einer Lampe zugeordneten Teilfläche der Scheibe zu wählen. — Die Berechnung der für ein Transparent oder für ein angeleuchtetes Firmenschild notwendigen Energie erfolgt am besten nach der Wirkungsgradmethode, wobei z. B. der Wirkungsgrad für ein angeleuchtetes Firmenschild 20 ... 25 % beträgt.

Die Größe der erforderlichen Buchstaben bei aufgesetzten Glühlampen, mit offenem Leuchtkanal und mit Opalabdeckung von 7500 Lux auf Weiß, ergibt sich aus der einfachen Beziehung $\frac{B}{E} = 350$, d. h. die Buchstabengröße B muß mindestens $^1/_{350}$ der Entfernung E betragen, aus welcher die Schrift gelesen werden soll. Für Opalbuchstaben geringerer Leuchtdichte und für Buchstaben mit Blechabdeckung müssen die Buchstaben größer, u. zw. muß mindestens $B = \frac{E}{320}$ gewählt werden. *Vge.*

[1] W. Kircher, Licht u. Lampe Bd. 19 S. 137.

Digitized by Google

Die 55/110 kV-Übertragungsleitung über den Paß Lueg.

Von Dr.-Ing. **Karl Riedlinger**, Wien.

(Schluß von S. 1267.)

Die sechs Maste der beiden Weitspannfelder sind an Ort und Stelle hergestellte, mit Rundeisen armierte Stampfbetonmaste von 20,77 m Gesamtlänge, wovon 1,90 m im Fundament stecken. Bereitete schon die Trassierung

Abb. 10. Trägerkolonne.

am Paß und über den Offenauer Berg (insbesondere die genaue Aufnahme und Freimachung der Trasse über den Südsteilhang erforderte ein mehrmaliges Durchklettern der an manchen Stellen fast senkrecht abfallenden Wand) ziemliche Schwierigkeiten, so wuchsen dieselben in ungleich größerem Maße bei der Durchführung der für die Materialtransporte und Mastherstellung erforderlichen Arbeiten. Alle Materialien wurden von Golling über den Nordhang des Offenauer Berges zu den einzelnen Maststandpunkten transportiert, mit Ausnahme des Schotters, welcher bei den einzelnen Maststandpunkten aus gesprengtem Material gebrochen wurde, und mit Ausnahme der Seile für das Weitspannfeld über den Südsteilhang, welche vom Tal herauf aufgezogen wurden. Der zur Schotterbereitung erforderliche motorisch angetriebene Schotterbrecher mußte in seinen einzelnen Bestandteilen ebenso durch Träger auf den Berg geschafft werden wie auch alles übrige dort oben benötigte Material. Abb. 10 zeigt eine Trägerkolonne. Die Träger, durchwegs kräftige Gebirgsbewohner, gingen täglich zwei- bis dreimal auf den Berg, mit Lasten von 50 ... 80 kg.

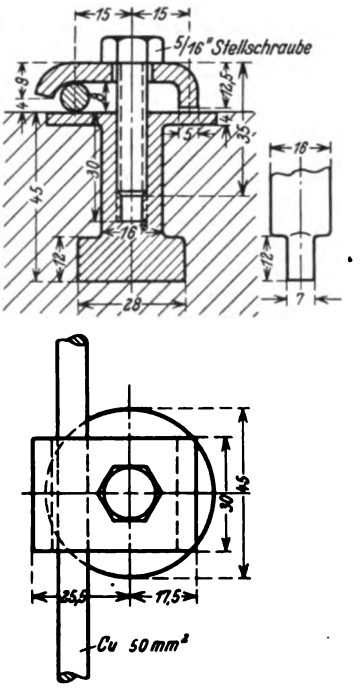


Abb. 11. Erdungsdrahtklemme für Eisenbetonmasten.

Die Maste wurden derart bemessen, daß bei den angegebenen maximalen Belastungen in den Armierungseisen keine größeren Zugspannungen als 1200 kg/cm² und im Beton keine größeren Druckspannungen als 60 kg/cm² auftraten. Für die Herstellung der Maste wurden eigene Eisenschalungen verwendet, welche sich sehr gut bewährten und die Herstellung der Maste einschließlich der Ausleger in einem Stück gestatten. Zur Herstellung der Maste wurde schnellbindender, frühhochfester Zement gewählt, so daß dieselben bereits nach 7 ... 11 Tagen mittels eigener schwerer Stellgerüste aufgestellt werden konnten. Das Gewicht eines jeden der sechs einzelnen Maste für die beiden Weitspannfelder beträgt rd. 20 t. Die Mastfundamente, welche für die Abspannmaste als standsichere Fundamente berechnet wurden, sind, soweit die Maste nicht direkt in Fels gegründet wurden, als Hohlfundamente hergestellt und der Zwischenraum wurde nach dem Aufstellen der Maste mit Zementmörtel vergossen. Große Schwierigkeiten bot das Fundament des einen Weitspann-Einzelmastes W 20 im Tal des Passes. Dieser Mast, welcher in der Böschung zwischen Bahn und Salzach zu stehen kommt, mußte auf Vorschrift der Wasserbaubehörde ein tiefes Fundament erhalten, welches auf der der Salzach zugewendeten Seite ziemlich frei steht. Beim Ausschachten der Mastgrube wurde jedoch in rd. 3,5 m Tiefe Schwimmsand angetroffen, dessen Mächtigkeit nicht festzustellen war. Es mußte daher, um eine sichere Fundierung zu schaffen, zur Pilotierung gegriffen werden. Es wurden in diese Grube 37 Stück rd. 4 m lange und rd. 30 cm dicke Lärchenpiloten geschlagen, auf welchen das Fundament im Ausmaße von insgesamt 154 m³ ruht. Um das Fundament dieses Mastes gegen Angriffe der Salzach zu schützen, wurde es durch Betonflanken in den Fluß stromliniengemäß eingebunden.

Abb. 12. Seilabtransport über den Südsteilhang des Offenauer Berges.

Die Maste erhielten sofort bei der Herstellung eiserne, verzinkte Steigbügel eingesetzt, so daß die Besteigbarkeit der Maste leicht und sicher durchzuführen ist. Gleichzeitig wurden bei der Herstellung im Mastkopf vier verzinkte Steinschrauben zur Befestigung der Hofmannschen Blitzseilklemmen versetzt sowie die Löcher für die durchgehenden Schraubenbolzen zum Befestigen der Abspannarmaturen ausgespart.

Besonderes Augenmerk wurde der sorgfältigen Erdung der Maste und aller ihrer Eisenteile geschenkt, wobei der Grundsatz, alle Teile der Erdung jederzeit zugänglich und kontrollierbar zu haben, eingehalten wurde. Um die Führung des dazu notwendigen, außen am Mast geführten Erdungsleiters zu sichern, eines verzinnten Vollkupferdrahtes von 50 mm² Querschnitt, wurden in jeweiligen Abständen von 1 ... 2 m eigene Erdungsklemmen nach Abb. 11 vorgesehen. Das Unterteil derselben aus verzinktem Eisen konnte durch Befestigung an der Mastschalung gleichzeitig mit der Mastherstellung in den Mastbeton eingebracht und so befestigt werden. War sodann der Mast aufgestellt und fertig armiert, so wurde der Erdungsleiter mit dem aus verzinnten Preßmessing bestehenden Oberteil durch eine ½zöllige Kopfschraube, welche in dem Unterteil eingeschraubt wurde, gehalten. Die Erdung selbst

Digitized by Google

wurde folgendermaßen durchgeführt. Die durchgehenden Armierungseisen wurden, nachdem der Eisenkörper „gestrickt" war, am Mastende und Mastkopf miteinander leitend verbunden und ein Hauptarmierungseisen am Mastkopf so gebogen, daß es aus dem Beton des fertigen Mastes rd. 8 ... 10 cm herausragt. Über dieses herausstehende Ende wurde eine Kupferhülse von 4 mm Wandstärke so aufgetrieben, daß das herausstehende Armierungseisen davon vollständig umhüllt war und die Kupferhülse selbst noch etwas in den Beton hineinreichte. Der kupferne Erdleiter trägt an seinen beiden Enden je einen Klemm-Kabelschuh. Mit dem oberen Ende ist er an die Erdseilklemme, mit dem unteren an das Erdnetz angeschlossen. Vermittels Kreuzklemmen ist sowohl das am Mastkopf herausragende Bewehrungseisen als auch die Gehänge an den Auslegerenden an den durchgehenden Erdleiter angeschlossen, so daß damit alle außen wie innen am Mast befindlichen Eisenteile an den durchgehenden Erdleiter und somit an das Erdseil und an das Erdnetz angeschlossen sind. Erdnetze sind im allgemeinen alle 1 ... 2 km verlegt, natürlich sind die Kreuzungsmaste gemäß den bestehenden behörd-

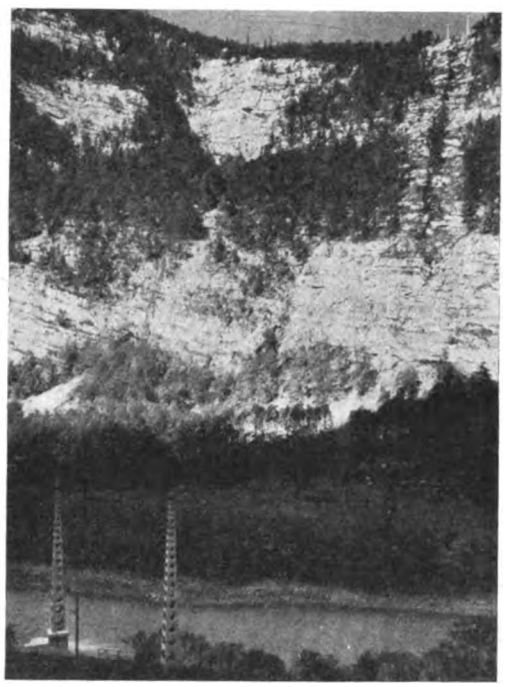


Abb. 13. Weitspannfeld über den Südsteilhang des Offenauer Berges.

lichen Vorschriften außerdem mit Erdnetzen versehen. Die beiden unten im Paß stehenden Maste O 20 und W 20 wurden statt an ein eigenes Erdnetz an die vorbeigehenden Schienen der Bahn angeschlossen. Für die beiden auf der Höhe des Südsteilhanges O 18 und W 18 stehenden Maste wurde nur ein gemeinsames Erdnetz verlegt und beide Maste daran angeschlossen, da es schwierig war, auf dem Berge mehrere gute Erden zu finden. Gleiches wurde bei den beiden Masten O 17 und W 17 durchgeführt.

Nicht weniger schwierig als die Mastmontage gestaltete sich die Seilmontage. Im Steilfeld über die Südwand des Offenauer Berges mußten an hervorstehenden Felsrippen Holzverschalungen angebracht werden, um ein Verletzen der Seile beim Darüberziehen mit Sicherheit zu vermeiden. Von oben wurde dann die Wand durchklettert (Abb. 12) und so ein dünnes, aber äußerst zähes Stahlseil heruntergebracht, welches über die Salzach im Kahn herüberbefördert und am Bronzeseilende bei Mast 20, wo die Trommel stand, befestigt wurde. Von der Steilhanghöhe wurde dann vermittels einer kräftigen Winde das Bronzeseil hochgezogen. Ebenso wurde auch die zweite Phase sowie das stählerne Spitzenseil hochgebracht.

Wertvollste Dienste leistete bei der Ausführung der Seilverlegung und der Spannarbeiten über den Steilhang eine provisorisch über denselben verlegte Erdtelephonleitung. Das übrige Leitungsmaterial wurde gleich dem Mastmaterial über den Nordhang des Berges von Trägern zu den Maststandpunkten befördert. Abb. 13 gibt eine Ansicht des fertigen Weitspannfeldes über den Steilhang.

Anschließend an die beiden Weitspannfelder geht die Leitung in kleineren Spannfeldern über den Nordhang des Offenauer Berges hinunter zur Salzach, die sich nun, aus den „Salzachöfen" kommend, in der Ebene gegen Golling

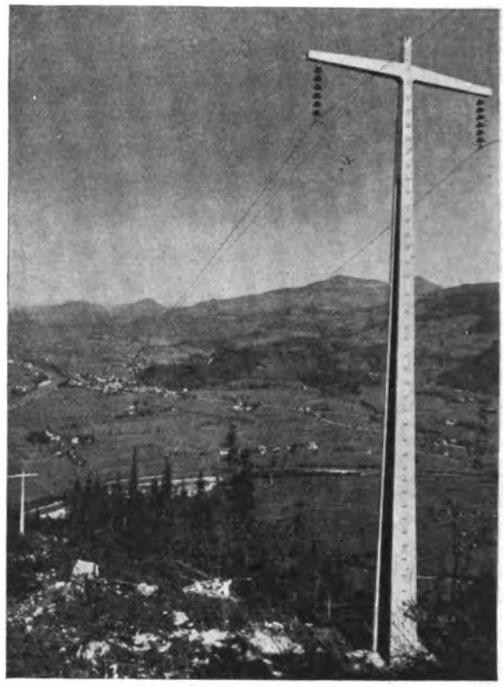


Abb. 14. Eisenbeton-Tragmast für 110 kV am Nordhang des Offenauer Berges.

hinschlängelt, nachdem sie noch die Lammer aufgenommen hat. Die in den beiden Weitspannfeldern aufgelöste Leitungsführung vereinigt sich auf dem den beiden Weitspanneinzelmasten 17 folgenden Mast. Dieser Mast mußte

Abb. 15. Eisenbeton-Abspannmast für 110 kV am Nordhang des Offenauer Berges.

wegen eines im Feld liegenden Felsriegels sehr hoch ausgeführt werden und ist die höchste Tragmasttype der ganzen Leitung, welche Type nur in diesem einen Falle ausgeführt wurde (Abb. 14). Die Abwärtsbewegung der Lei-

Digitized by Google

tung bildet noch beim Abspannmast Nr. 14 einen leichten Winkel, verläßt dann bei Mast Nr. 12, dessen Standpunkt aus dem Fels gesprengt werden mußte (Abb. 15), den Berghang und setzt in einem Spannfeld von rd. 240 m über die Salzach zu Mast Nr. 11, der bereits in der Ebene auf der Halbinsel zwischen Salzach und Lammer steht. Am anderen Ende der Halbinsel steht sodann Mast Nr. 10, der letzte Mast der 110 kV-Ausführung. Von diesem geht die Leitung auf normalen 55 kV-Masten zum Unterwerk Golling.

Die Berechnungs- und Belastungsgrundlagen für die Strecke Mast 16 bis Mast 10 waren dieselben wie für die beiden Weitspannfelder. Als Leiterseile wurden jedoch wieder die normalen Hartkupferseile von 95 mm² Querschnitt und das normale Spitzenseil von 50 mm² Querschnitt verlegt, von welchem das erstere mit 16 kg/mm² und das letztere mit 20 kg/mm² bei — 5 ° und der bereits angeführten erhöhten Zusatzlast gespannt wurde.

Die Leiterseile wurden an sechsgliedrigen Isolatorenketten aufgehängt bzw. abgespannt, für welche wieder normale Vollkernisolatoren der Type Österr. Bundesbahnen und normale Hofmannsche Armaturen zur Verwendung kamen. Zur Aufhängung der Ketten dienten an den Auslegerenden angebrachte U-Hängebügel, deren Schraubenmuttern auf über und unter den Betonauslegern angebrachten eisernen Platten aufsaßen. Zur Abspannung der Ketten wurden normale Nasenabspannbügel verwendet, welche in kurzen, ebenfalls an den Auslegerenden angebrachten U-Eisen eingehängt waren. Diese Abspann-U-Eisen wurden durch zwei durch das Auslegerende gehende Schraubenbolzen gehalten. Alle verwendeten eisernen Armaturen waren selbstverständlich verzinkt. Für die Berechnung und Herstellung der Betonmaste am Nordhang waren die gleichen Grundsätze maßgebend wie die für die Maste der Weitspannfelder angegebenen. Ebenso wurde auch die Erdung in der dort bestehenden Weise und Anordnung ausgeführt.

Die Trassierung der Leitungstrecke im Paß Lueg und über den Offenauer Berg wurde im Sommer 1928 durchgeführt. Die Fundamente für die eisernen Fußkonstruktionen der Holzmaste im Paß sowie die Fundamente der beiden Betonmaste 20 ebendort mußten im Winter 1928/29 bei Salzach-Niederwasser hergestellt werden. Ebenso wurde der Winter, soweit nicht die Arbeiten wegen der großen Kälte ganz eingestellt werden mußten, dazu benutzt, um die für die Maste und Fundamente am Offenauer Berg erforderliche Schottermenge zu brechen und Transporte, insbesondere der Armierungseisen und Werkzeuge, durchzuführen. Die eigentlichen Bauarbeiten wurden im Frühjahr 1929 im Paß Lueg mit dem Zusammenbau der Holzmaste und auf dem Offenauer Berg mit dem Betonieren der Betonmaste begonnen. Fertig gespannt, betriebsbereit gestellt und übergeben wurde die beschriebene Strecke Ende August 1929. Die Unterspannungsetzung Anfang September 1929 ging anstandslos vonstatten, und die ganze Übertragungsleitung bis zum Unterwerk Golling steht bis heute im Betrieb.

Die ganze Teilstrecke der Übertragungsleitung vom Unterwerk Schwarzach-St. Veit bis zum Unterwerk Golling wurde über Auftrag der Elektrisierungsdirektion der Österr. Bundesbahnen von der ELIN AG. für elektrische Industrie, Wien, ausgeführt, welche die Lieferung und Herstellung der Betonmaste der Allgemeinen Baugesellschaft A. Porr, Wien, übertrug. Die Ausführung des Leitungstückes über den Offenauer Berg stellt eine der schwierigsten Arbeiten auf dem Gebiete des Leitungsbaues in den letzten Jahren in Österreich dar, und es ist anerkennend festzustellen, daß es der einmütigen und hingebungsvollen Zusammenarbeit aller Beteiligten gelang, die Leitung trotz des strengen Winters 1928/29 in der bedungenen Frist fertigzustellen.

Betrachtungen über die Elektrizitätsversorgung Rumäniens.

Von Dipl.-Ing. **H. Thieß**, Hermannstadt.

Übersicht. Es wird der Versuch gemacht, an Hand der letzten Betriebsstatistik der Elektrizitätswerke den gegenwärtigen Stand der Elektrizitätsversorgung Rumäniens darzustellen. Doch muß in Erwägung gezogen werden, daß das Schlußergebnis über die Gesamterzeugung elektrischer Arbeit (einschl. der Industrieunternehmen) in Ermangelung einer ausführlichen Reichsstatistik nur genereller Natur sein kann, woher denn auch die bezüglichen sich widersprechenden Zahlen in den verschiedenen Veröffentlichungen herrühren.

Bereits bei der im Jahre 1920 in Hermannstadt erfolgten Gründung der Vereinigung der Elektrizitätswerke der neuen Gebiete Rumäniens wurde als wesentliche Aufgabe die Herausgabe einer Statistik der Elektrizitätswerke ins Auge gefaßt. Es kostete viel Mühe, die Vertreter der elektrisch betriebenen Unternehmungen von der Notwendigkeit einer derartigen Statistik zu überzeugen, und es darf daher auch nicht Wunder nehmen, wenn in der ersten Statistik für das Betriebsjahr 1920 auf bescheidenen 21 Seiten die Daten von nur 48 Werken erscheinen konnten. Doch war der Anfang gemacht, und die folgenden Jahre zeigen ein ständiges Wachsen der Zahl der erfaßten Werke.

Die Statistik 1929[1] weist bereits die Angaben von 157 in Betrieb befindlichen Elektrizitätswerken auf; es fehlen höchstens die Angaben einiger kleiner Gemeindewerke, die jedoch auf das Gesamtergebnis der Werke öffentlichen Charakters keinen nennenswerten Einfluß ausüben können.

Anders verhält es sich mit den industriellen Eigenanlagen. Wenn auch in der neuen Statistik die Daten der größten Unternehmungen erscheinen, so gilt es doch, in dieser Beziehung noch viel Arbeit zu leisten und zu zeigen, daß Eigenbrötlerei nicht zum Ziel führt, sondern daß einer für alle und alles zum Vorteil der Allgemeinheit dienen muß.

Die Zahlentafeln 1 bis 3 geben zunächst Aufschluß über die Leistungsfähigkeit, die Art der Betriebskraft und über die Jahreserzeugung der öffentlichen Elektrizitätswerke.

[1] Zu beziehen durch die Geschäftstelle der Vereinigung: Elektrizitätswerk Hermannstadt-Sibiu. Preis 9 RM. — Vgl. ETZ 1928, S. 1190 u. 1929, S. 1486.

1. Art der Betriebskraft und Leistung.

Antriebsmaschinen	Anzahl	Gesamtleistung kW	% der Gesamtleistung kW	Mittlere Einzelleistung kW
Wasserturbinen . . .	63	15 200	9,0	240
Dampfturbinen . . .	90	96 500	57,0	1070
Ölmotoren	258	54 500	32,4	210
Gas- u. Benzinmotoren	37	2 800	1,6	77
Zusammen . . .	448	169 000	100	380

Man ersieht, daß sich die Wasserkraftanlagen noch in sehr bescheidenen Grenzen bewegen, während die Dampfmaschinen und Dampfturbinen über die Hälfte der Gesamtleistung ausmachen (57 %); auch weist die Leistung je Maschine hier den höchsten Wert auf (1070 kW), wohingegen auf die Wasserturbinen nur eine Durchschnittsleistung von 240 kW entfällt. Bei den Ölmotoren fällt die hohe Stückzahl (258) auf. Sie rührt von den vielen kleinen im Betrieb stehenden Gleichstromanlagen her, wie dies auch aus Zahlentafel 3 zu entnehmen ist. Durch die Maßnahmen der gegenwärtigen Regierung ist dem ausländischen Kapital die Möglichkeit gegeben, an der Verwirklichung der Landeselektrizitätsversorgung regen Anteil zu nehmen, so daß nach Verlauf einiger Jahre auch die vielen kleinen Ortszentralen abgebaut werden können. Mit der Elektrisierung des Prahovatales bis Bukarest ist bereits in großem Maßstab begonnen worden, und die Elektrisierung der Gegend Kronstadt—Mediasch, Hermannstadt—Deva dürfte die nächste Etappe bilden. Doch ist auch in den übrigen Landesteilen eine rege Tätigkeit bemerkbar; man kann nur wünschen, daß alle diese Bestrebungen zu einem günstigen Ziel führen.

In Zahlentafel 2 ist die Jahreserzeugung nach Art der Kraftquelle angeführt. Es zeigt sich, daß auf die Dampfanlagen 58,5 % der Gesamterzeugung entfallen. In großem Abstand folgen die Ölmotoren mit 25,5 % und dann die Wasserturbinen mit 14,9 % der Jahreserzeugung. Am geringsten sind Zahl und Produktion der Gas- und Benzinmotoren.

Digitized by Google

2. Jahreserzeugung nach Art der Kraftquelle.

Kraftquelle	Jahreserzeugung Mill kWh	% der Gesamterzeugung	Mittlere jährl. Benutzungsdauer h	Ausnutzungsfaktor %
Wasser	43,0	14,9	2830	32
Dampf	169,0	58,5	1760	20
Öl	74,8	25,5	1360	15,5
Gas u. Benzin .	3,2	1,1	1130	12,9
Zusammen .	290,0	100	1720	19,6

Hinsichtlich der jährlichen Benutzungsdauer übertreffen die Wasserkraftmaschinen (2830 h) die Dampfmaschinen (1760 h); für die Ölmotoren ergeben sich nur 1360 h im Jahr.

Die Gesamtjahreserzeugung beträgt 290 Mill kWh bei einer installierten Maschinenleistung von 169 000 kW und einer durchschnittlichen Einzelleistung von 380 kW. Die nutzbare Stromabgabe der öffentlichen Elektrizitätswerke beträgt etwa 243 Mill kWh, während die Verluste 47 Mill kWh (19,3 %) ausmachen. Die jährliche mittlere Benutzungsdauer errechnet sich zu 1720 h, ein ziemlich niedriger Wert.

Zahlentafel 3 gibt über die Art der Stromerzeugung Auskunft. Aus ihr kann entnommen werden, daß mehr als die Hälfte der Werke noch mit Gleichstrom arbeiten, doch beträgt deren Anteil an der Gesamtleistung nur 15,5 % bei einer durchschnittlichen Einzelleistung der Maschinen von 120 kW. Dagegen entfallen 81 % der Gesamtleistung auf die Drehstromgeneratoren, deren durchschnittliche Leistungsfähigkeit 630 kW beträgt. Die Ein- und Zweiphasenmaschinen spielen eine untergeordnete Rolle sowohl der Zahl als auch der Leistung nach (3,3 %).

3. Art der Stromerzeugung.

Stromart	Zahl der öffentlichen Werke	Zahl der Maschinen	Gesamtleistung kW	% aller Werke	% der Gesamtleistung	Einzelleistung kW
Gleichstrom . . .	85	220	26 300	54	15,5	120
Ein- u. Zweiphasenstrom	3	12	5 500	2	3,3	460
Drehstrom	69	218	137 200	44	81,2	630
Zusammen . . .	157	450	169 000	100	100	380

Zahlentafel 4 gibt schließlich ein Bild der Leistungsfähigkeit der Betriebe, geordnet nach der Unternehmungsform. In dieser Übersicht erscheinen auch die industriellen Eigenanlagen. Da diese jedoch nicht sämtlich erfaßt werden konnten, ist man zum Teil auf Schätzungen angewiesen. Doch dürfte das Gesamtergebnis von 570 Mill kWh für das Jahr 1929 nicht allzusehr von der tatsächlichen Produktion abweichen, weil, wie schon oben erwähnt, sich die Angaben der größten und wichtigsten elektrischen Industrieunternehmungen in der Statistik finden.

4. Erzeugung und Leistung nach der Unternehmungsform.

Eigentumsverhältnis	Zahl der Betriebe	Leistung 1000 kW	Erzeugung Mill kWh	Benutzungsdauer h
Staatl. u. komm. Werke	86	110,0	173,0	1570
Private Werke	71	59,0	117,0	2000
Öffentl. Werke zusammen	157	169,0	290,0	1720
Eigenanlagen	—	84,5	207,0	2460
Zusammen lt. Statistik	—	253,5	497,0	1960
Sonstige el. Anlagen .	—	36,5	73,0	—
Insgesamt . . .		290,0	570,0	—

Rumänien besitzt eine Gesamtoberfläche von rd. 295 000 km², so daß bei 17,6 Mill Einwohnern etwa 60 dieser auf 1 km² Bodenfläche entfallen, und umfaßt in 71 Komitaten 167 Städte und 15 974 Landgemeinden oder zusammen 16 141 Orte. Wie aus dem der Statistik beigefügten Verzeichnis entnommen werden kann, erhalten ungefähr 267 Ortschaften mit etwa 4,4 Mill Einwohnern (25,8 %) elektrischen Strom (1,64 %). Während also rd. ein Viertel der Gesamtbevölkerung dessen Vorzüge genießen kann, sind erst ungefähr 2 % aller Ortschaften elektrisiert. Auf die Gesamtbevölkerung bezogen, entfallen 17 kWh bzw. 10 W auf den Einwohner. Zieht man nur die Einwohnerzahl der mit Strom versorgten Orte in Betracht, so ergibt die Berechnung einen Mittelwert von 66 kWh bzw. 38 W je Einwohner, und, auf die Gesamterzeugung bezogen (d. s. 570 Mill kWh), findet man einen Durchschnittswert von 32 kWh bzw. 16 W je Einwohner.

Im Anschluß hieran sind in Zahlentafel 5 die Angaben einiger größerer öffentlicher Elektrizitätswerke angeführt:

5. Erzeugung bedeutender Elektrizitätswerke im Jahr 1929.

Elektrizitätswerk	Einwohner des Versorgungsgebiets 1000	Strompreis in Lei/kWh Licht	Strompreis in Lei/kWh Kraft	Erzeugung insgesamt Mill kWh	Erzeugung je Einwohner kWh	ab 1929 mittlere Steigerung je Jahr %
Bukarest. . . .	860	10/13	10/3.5	75,5	88	38
Temesvar . . .	102	14/12	7.5/3.5	16,8	164	12
Klausenburg . .	95	11	8/6	13,4	141	7
Hermannstadt .	78	12/6	6/2.25	12,6	162	10
Czernowitz . .	150	30/12	6/4	10,7	71	17
Arad	97	17	7.5	8,7	90	8
Großwardein . .	94	18.5/12	8.5/5	8,2	87	7
Jassy	185	20/12	7	6,0	32	—
Kiseneff	250	14/9	9	5,8	23	12

Auffallend ist in dieser Tafel der hohe Mittelwert der jährlichen Steigerung von 38 % für Bukarest, trotzdem dort nur 88 kWh der Jahreserzeugung auf den Einwohner entfallen; für diese Stadt kann also noch eine gewaltige Verbrauchsteigerung erwartet werden. Auf Grund der vorhandenen statistischen Daten läßt sich ein Durchschnittswert der jährlichen Konsumerhöhung von 15 % ermitteln.

Der Tariffrage wird in letzter Zeit besondere Aufmerksamkeit geschenkt, doch zeigen die in der Statistik angeführten Strompreise, daß die Schwankungen noch außerordentlich groß sind, und solange den Unternehmungen nicht die Möglichkeit geboten ist, auf die Goldbilanz überzugehen, kann auch mit einer einheitlichen Regelung der Tariffrage nicht gerechnet werden. So schwanken die Preise für den Lichtstrom zwischen 40 und 6 Lei/kWh und für den Kraftstrom zwischen 20 und 2,25 Lei/kWh. Der Durchschnittswert beträgt für ersteren etwa 17 und für letzteren 9 Lei/kWh. Neben dem normalen Zählertarif gewinnt der sog. Haushaltungstarif immer mehr an Bedeutung, während vom Pauschaltarif das Gegenteil behauptet werden kann.

Die Gesamtlänge des Hochspannungsnetzes ist zur Zeit etwa 1035 km. Als normale Periodenzahl gilt 50 Hz, während bei einigen älteren Werken noch mit 42 Hz gearbeitet wird.

Diese Ausführungen zeigen, daß der Elektrizitätswirtschaft in Rumänien noch ein weites Feld offen steht, und wenn für das Jahr 1929 eine Gesamterzeugung von rund 570 Mill kWh ermittelt werden konnte, so dürfte 1940 mit einer Produktion elektrischer Arbeit von etwa 1,2 Mrd kWh in Aussicht stehen[1].

[1] In der Ende Mai abgehaltenen 10. Hauptversammlung der Vereinigung der Elektrizitätswerke der neuen Gebiete Rumäniens hat deren Präsident, Generaldirektor S. Dachler, u. a. darauf hingewiesen, daß die rumänische Regierung in einsichtiger Weise Verfügungen getroffen und teilweise auch Gesetze geschaffen habe, um dem ausländischen Kapital die Möglichkeit für eine großzügige Beteiligung an der Elektrizitätsversorgung des Landes zu geben. Überdies sei zu erwarten, daß durch eine baldige Änderung des Energiegesetzes eine freie und richtige Ausnutzung der so reichlich vorhandenen Energiequellen Rumäniens gewährleistet werde.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

Die Übertragung großer Leistungen. — M. L. Keller gliedert seine Arbeit in zwei Hauptabschnitte, einen theoretischen, in dem allgemeine Gesetzmäßigkeiten entwickelt werden, und einen praktischen, in dem durch Nachrechnung einer ausgeführten Anlage die Anwendung jener Gesetzmäßigkeiten gezeigt wird. Der theoretische Teil beginnt mit der Ableitung der bekannten Gleichungen über die „lange Leitung". Nach Behandlung der Einfachleitungstrecke werden zusammengesetzte Leitungsgebilde in 18 verschiedenen Schaltungen auf den Fall der Einfachleitung zurückgeführt. Die entsprechenden Ersatzkonstanten sind in Tafeln zusammengestellt. Diese Zusammenstellung wird für manche theoretische Untersuchung wertvoll sein. Leider sind die Konstanten der „langen Leitung" zwar in eine Reihe entwickelt, jedoch die Reihenglieder nicht in ihre komplexen Komponenten zerlegt worden. Diese Zerlegung (bis zum quadratischen Glied) ergibt nämlich sehr einfache Ausdrücke und hat für praktische Leitungsberechnungen den großen Vorteil, daß man damit Korrekturglieder für den Ohmschen Widerstand, die Reaktanz, die Kapazität und die Ableitung erhält, mit Hilfe deren man rasch feststellen kann, wie sich die Einfachleitungskonstanten bei langen Leitungen ändern.

Anschließend an die Berechnung der Leitungskonstanten werden Kreisdiagramme abgeleitet. Hiermit sind entgegen unserem Sprachgebrauch nicht Stromdiagramme, sondern Spannungsdiagramme gemeint. Es handelt sich um Diagramme, die im wesentlichen durch andere Veröffentlichungen[1] schon bekannt sind. Den an die Diagramme angeknüpften allgemeinen Erörterungen über die wirtschaftlichste Betriebsweise wird man nicht ohne weiteres zustimmen können. Auch die im Kapitel „Die Grenzen der Kraftübertragung" angegebene Bestimmung der maximal übertragbaren Leistung mit Hilfe einer Tangentenkonstruktion ist nicht ganz zutreffend. In den folgenden Abschnitten werden die Bedingungen für die statische und dynamische Stabilität einer Kraftübertragung ausführlich behandelt. An Hand der allgemeinen Differentialgleichung einer schwingenden Synchronmaschine werden die die Stabilität beeinflussenden Faktoren zergliedert. Da der rechnerische Weg zur Bestimmung der Stabilität eines Netzgebildes mit Generatoren und Motoren zu kompliziert erscheint, hat man versucht, das schwingende System elektrisch oder mechanisch im Modell nachzubilden und daran die Erscheinungen zu untersuchen. Ein mechanisches Modell wird näher beschrieben. Die für die Stabilität der Kraftübertragung zu erfüllenden Voraussetzungen werden einzeln behandelt (Generatoren mit kleiner Ankerrückwirkung und kleiner Streuung, rasch arbeitender Spannungsregler, geringe magnetische Trägheit des Erregersystems, Kompensierung des Spannungsabfalles durch Kompoundierung mittels Gleichrichters u. a.). Anschließend wird der Einfluß der Belastungsänderungen, Schaltungsänderungen und der Störungen auf die Stabilität untersucht und an Diagrammen erläutert.

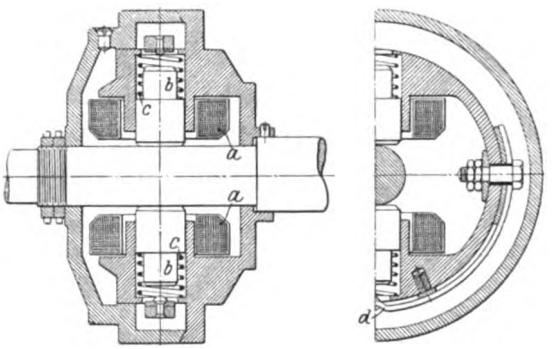
Der 2. Teil der Arbeit bringt als Beispiel einer Kraftübertragung die 220 kV-Übertragung vom Wasserkraftwerk Conowingo nach Philadelphia. Das Kraftwerk wird im Vollausbau 450 MW erzeugen. Die Leitung hat eine Länge von nur 93 km. Die Wahl einer so auffallend kurzen Leitungslänge für das Beispiel hat offenbar ihren Grund in der Absicht des Verfassers, bei der später durchgeführten Berechnung der Kurzschlußströme bei Erdschluß einen größeren Einfluß der angeschlossenen Anlagen zu erreichen. Anderseits zeigt natürlich diese kurze Übertragung die charakteristischen Eigenschaften der im 1. Teil abgeleiteten „langen Leitung" nicht. Aus der ausführlich gegebenen und mit Abbildungen belegten Beschreibung der Kraftanlage sind u. a. interessant: die Wahl von 3 parallelen Einfachleitungen, die Verwendung von 2 Erdseilen und Überspannungsschutz für 220 kV, die Aufstellung von 200 kV-Transformatoren mit 3 Wicklungen und Anzapfungen auf der Ober- und Unterspannungsseite. Die Arbeitsweise der Kraftübertragung unter den verschiedensten Bedingungen wird zahlenmäßig ausführlich nach den im 1. Teil entwickelten Gleichungen durchgerechnet. Die entsprechenden Spannungsdiagramme werden aufgestellt und die Ergebnisse in Tafeln zusammengestellt. Bei der berechneten Grenzleistung jedes Systems von 870 MW wurde außer acht gelassen, daß die Erwärmung und mit dieser der Durchhang der Leitungen der Belastung eine frühere Grenze setzen, die bereits bei etwa 400 MW liegen dürfte. Sehr lehrreich und interessant ist die durchgeführte Berechnung der Kurzschlußströme und Spannungen im Falle eines Erdschlusses. Der Verfasser bedient sich hierzu der auch dem allgemeinsten Belastungsfall gerecht werdenden Methode der Zerlegung der unsymmetrischen Belastung in symmetrische Komponenten[1] (in eine „positive", eine „negative" und eine „neutrale"). Die Rechnung ist in prozentualen Reaktanzbeträgen sehr übersichtlich durchgeführt. Den Schluß der Arbeit bildet eine kurze wirtschaftliche Betrachtung, die sich auf eine in 12 Positionen unterteilte Aufstellung der Anlagekosten stützt.

Abschließend kann gesagt werden, daß der 1. Teil nur für den Interesse hat, der sich eingehend mit der Theorie befassen will, während der 2. Teil für den Projekteur und den Betriebsleiter wertvolle Gesichtspunkte enthält. Der Abhandlung ist ein ausführliches Verzeichnis der einschlägigen Literatur beigegeben. (M. L. Keller, Bull. SEV Bd. 20, S. 477 u. 517.) *Arn.*

[1] Z. B. Ossanna, El. u. Maschinenb. Bd. 44. S. 113 (1926).

Elektromaschinenbau.

Drehstrommotor mit selbsttätiger Anlaßvorrichtung. — Im Engineering wird ein 85 PS-Drehstrommotor mit gewickeltem Rotor beschrieben, der keine Schleifringe besitzt, sondern mit einer eingebauten selbsttätigen Anlaßvorrichtung versehen ist. Die letztere besteht aus zwei weichen Eisenkernen *b* (Abb. 1), die sich bei Stillstand



a Spule *b* Eisenkern *c* Spiralfeder *d* Blattfeder

Abb. 1. Selbsttätige Anlaßvorrichtung.

des Motors durch den Druck der Federn *c* gegen die Welle legen. Um jeden Eisenkern ist eine Spule gewickelt, deren eines Ende mit dem Gehäuse verbunden ist, während das andere an eine Feder *d* angeschlossen ist, die mit der zweiphasigen Rotorwicklung in Verbindung steht. Beim Einschalten des Motors ist der Widerstand der Spulen genügend hoch, um den Ständerstrom auf einer vorgeschriebenen Höhe zu halten. Im weiteren Verlauf des Anlaßvorganges fällt alsdann der Strom, bis die Eisenkerne unter der Wirkung der Zentrifugalkraft nach außen gedrückt werden, wobei sich die Induktanz der Spulen verringert, so daß der Statorstrom wieder den normalen Wert annimmt. Zu gleicher Zeit wird die vorher genannte Feder gegen das Gehäuse gedrückt, so daß die Rotorwindungen kurz geschlossen werden. Wenn nach Abschalten des Stromes die Motordrehzahl auf einen bestimmten Wert gesunken ist, bewegen sich die Eisenkerne wieder nach innen und die Spulen werden in den Rotorstromkreis eingeschaltet (Abb. 2). In einer abgeänderten Konstruktion wird die Feder weggelassen und die Spulen bleiben im Rotorkreis auch während der Motor im Betrieb

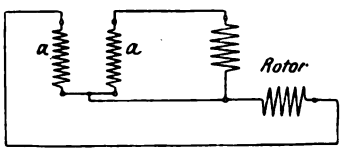


Abb. 2. Schaltbild.

[1] Vgl. Bekku, Arch. El. Bd. 14. S. 533 (1925). — Oberdorfer, ETZ 1929, S. 265.

Digitized by Google

ist. Dadurch wird zwar der Ohmsche Widerstand um einen zu vernachlässigenden Betrag erhöht; aber die Induktanz des Motorkreises bleibt praktisch unverändert. Es wird angegeben, daß bei Anlaufen das Vollast-Drehmoment erreicht werden kann mit einem Anlaufstrom gleich dem 1,5fachen des Vollaststromes. Bei Überlastung bleibt der Motor selbsttätig stehen, ohne daß er sein Drehmoment verliert, so daß nach Aufhören der Überlastung die Anlaßvorrichtung wieder selbsttätig in Tätigkeit tritt. Der Motor ist also gegen Spannungsrückgang gesichert. Hersteller ist die Firma British Sousedik Electric Motors Ltd., Paisley. (Engg. Bd. 129, S. 106.) *Ka.*

Neuer kompensierter Asynchronmotor. — Einen neuen kompensierten Asynchronmotor beschreibt Pistoye in der Revue Générale de l'Electricité. Es handelt sich um einen Asynchronmotor, dessen Sekundärkreis in bekannter Weise durch einen Frequenzumformer (Kompensator) gespeist wird. Das Neuartige besteht darin, daß der Hauptmotor und der Kompensator ein gemeinsames Eisenpaket besitzen. Um eine Einwirkung der Wicklung des Hauptmotors auf die des Kompensators zu verhindern, werden die beiden Wicklungen mit verschiedener Polzahl ausgeführt, wodurch sich naturgemäß beträchtliche Komplikationen ergeben. Ob unter diesen Umständen ein kommerzieller Vorteil des neuen Motors gegenüber den bekannten bestehen kann, erscheint dem Berichter zum mindesten zweifelhaft. Theoretisch ist aber die Ausführungsmöglichkeit eines solchen Motors immerhin von Interesse. Der Verfasser beschreibt eingehend die sich bei den verschiedenen Polzahlen ergebenden Wicklungs- und Schaltungsweisen. (H. de Pistoye, Rev. Gén. de l'El. Bd. 27, S. 15 u. 57.) *Schü.*

Leitungen.

Kurven zur Berechnung des Skineffektes in Hohlleitern. Die Anwendung von Hohlleitern für Kraftübertragungen mit Freileitungen oder Kabeln für die Versorgung von Elektroöfen mit sehr großen Stromstärken zwingt zur Berücksichtigung des Effektes der Stromverdrängung in solchen Leitern. Die Widerstandserhöhung beträgt bei der üblichen Frequenz etwa 20 %. Bisher veröffentlichte Kurven zur Ermittlung des Skineffektes für Hohlleiter gelten für viel höhere Frequenzen, daher besteht ein Bedarf nach solchen für niedere Frequenzen. Ohne diese Hilfsmittel sind umständliche Rechnungen unter Benutzung Besselscher Funktionen nötig. Die in Abb. 3 wiedergegebenen Kurven umfassen den Bereich der runden Volleiters bis zum unendlich dünnen Hohlleiter. Die Berechnungen für die Aufstellung der Kurven haben demgemäß drei Leiterarten zu berücksichtigen: Volleiter, Hohlleiter mit endlicher Wandstärke und Hohlleiter mit unendlich dünner Wandstärke und endlichem Widerstand. Daher sind 3 verschiedene Ausgangsformeln maßgebend:

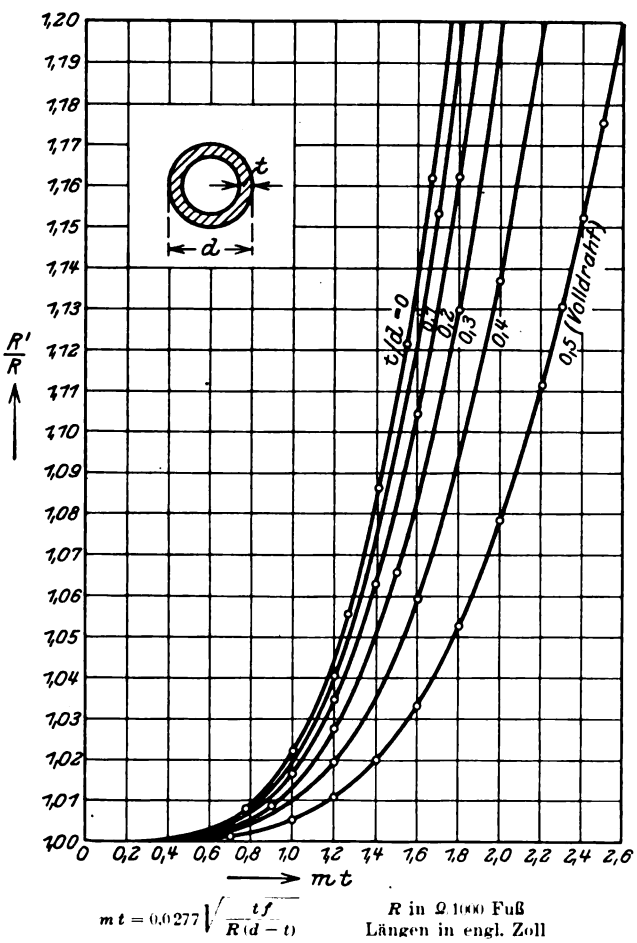


Abb. 3.

1. Für den Volleiter

$$\frac{R'}{R} = \frac{m r}{2} \cdot \frac{\mathrm{ber}\, m r\, \mathrm{bei}'\, m r - \mathrm{ber}'\, m r\, \mathrm{bei}\, m r}{\mathrm{ber}'^2\, m r - \mathrm{bei}'^2\, m r}.$$

r Drahtradius in cm

$$m = \sqrt{\frac{4\pi\mu\omega}{\varrho}} = 2\pi f$$

f Periodenzahl

μ Permeabilität (gewöhnlich konstant)

ϱ spez. Leiterwiderstand in Ohm mal cm

$\frac{R'}{R}$ Verhältnis des Wechselstromwiderstandes zum Gleichstromwiderstand

ber, bei reelle und imaginäre Teile von Besselschen Funktionen erster Art und nullter Ordnung, ' bedeutet die erste Ableitung.

2. Für den Hohlleiter

$$\frac{Z'}{R} = \frac{j m r}{2} \cdot \frac{(r^2 - q^2)}{r^2} \times \frac{\mathrm{ber}\, m r + j\, \mathrm{bei}\, m r + \frac{C + j D}{A + j B}(\mathrm{ker}\, m r + j\, \mathrm{kei}\, m r)}{\mathrm{ber}'\, m r + j\, \mathrm{bei}'\, m r + \frac{C + j D}{A + j B}(\mathrm{ker}'\, m r + j\, \mathrm{kei}'\, m r)}.$$

$\frac{Z'}{R}$ Verhältnis der Wechselstromimpedanz zum Gleichstromwiderstand

r Außenradius des Hohlleiters in cm

q Innenradius „ „ „ „

$j = \sqrt{-1}$

$$\frac{C + j D}{A + j B} = -\frac{\mathrm{ber}'\, m q + j\, \mathrm{bei}'\, m q}{\mathrm{ker}'\, m q + j\, \mathrm{kei}'\, m q}$$

ker, kei reeller und imaginärer Teil Besselscher Funktionen zweiter Art und nullter Ordnung.

Diese Formel ist für Hohlleiter mit $t/d = 0{,}1$, 0,2, 0,3 und 0,4 benutzt. Die Lösung ergibt einen reellen und einen imaginären Teil; der reelle ist das gesuchte Widerstandsverhältnis, der imaginäre gibt Änderung der Induktanz bei verschiedener Frequenz.

3. Für die Kurve $t/d = 0$ führt die Formel zum Ziel:

$$\frac{Z'}{R} = \frac{1 + \frac{j m^2 t^2}{2!} + \frac{(j m^2 t^2)^2}{4!} + \dots}{1 + \frac{j m^2 t^2}{3!} + \frac{(j m^2 t^2)^2}{5!} + \dots}.$$

Die Formeln beziehen sich auf einen Leiter, der von anderen nicht beeinflußt ist. Bei Vorhandensein eines zweiten runden Leiters im Abstand gleich dem vierfachen Durchmesser oder mehr ist der Wechselstromwiderstand nicht über 4 % größer, unabhängig von der Frequenz.

Es ist ein **Beispiel** für folgenden Fall durchgeführt: Bei 60 Hz ist der Wechselstromwiderstand zu ermitteln für

$d = 1{,}3$ [in] — 1 in = 2,54 cm

$2q = 0{,}52$ [in]

Gleichstromwiderstand 0,0073 Ω/1000 ft — 1 ft = 30,48 cm

$$t = \frac{d}{2} - q = 0{,}39 \text{ [in]}$$

$$\frac{t}{d} = 0{,}30;$$

$$d - t = 0{,}91 \text{ [in]}$$

$$m t = 0{,}0277 \sqrt{\frac{t f}{(d - t) R}} = 1{,}642.$$

Für $t/d = 0.3$ bei $m t = 1{,}642$ ist aus dem Kurvenblatt zu entnehmen

$$\frac{R'}{R} = 1{,}093; \quad R' = 0{,}0080\,\Omega.$$

(A. W. Ewan, Gen. El. Rev. Bd. 33, S. 249.) *W. K.*

Digitized by Google

Das Verhalten der Isolatoren gegen Überspannungen verschiedenen zeitlichen Ablaufes. — In den Mitt. Hermsd.-Schomb. beginnt Har. Müller mit der Veröffentlichung größerer Versuchsreihen über die obige Frage. Zunächst werden die für das Verhalten gegenüber Stoßspannungen wichtigen Begriffe der Minimal-Stoßüberschlagspannung und des Zeitverzuges in ihren gegenseitigen Beziehungen eingehend besprochen, dann folgen ausführliche Versuchsreihen über die Minimal-Stoßüberschlagspannung von Freileitungsisolatoren. Für die sämtlichen vom VDE genormten Stützenisolatoren der Delta-, Weitschirmtype und der verstärkten Typen werden die Minimal-Stoßüberschlagspannungen für verschiedene Vorzeichen der Überspannung, einmal für geerdete, das andere Mal für isolierte Anordnung in Zahlentafeln zusammengestellt und außerdem die Stoßverhältnisse für trockene und beregnete Isolation angegeben. Auch für den Fall des rückwärtigen Einschlages werden die Minimal-Stoßüberschlagspannungen für die verschiedenen Vorzeichen gebracht. In einem weiteren Abschnitt werden die Minimal-Stoßüberschlagspannungen und Stoßverhältnisse für Isolatorenketten mit und ohne Schutzarmaturen wiederum für verschiedene Betriebsverhältnisse und Vorzeichen in Kurven und Tafeln für die sämtlichen vom VDE genormten Typen wiedergegeben. Als interessantes Ergebnis zeigt sich dabei, daß für die Höhe der Stoßüberschlagspannung bei Ketten ohne Schutzarmaturen vor allem der Überschlagweg maßgebend ist, und daß es dabei wenig von Belang ist, ob es sich um Ketten aus Motor- oder Kappenisolatoren handelt (Abb. 4). Die Stoßüber-

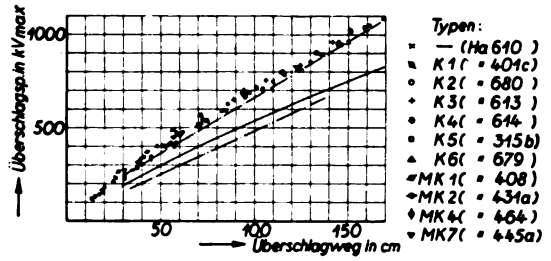


Abb. 4. Minimal-Stoßüberschlagspannungen (trocken) von Ketten aus Motor- und Kappenisolatoren in Abhängigkeit vom Überschlagweg.

schlagspannung von Ketten liegt etwas höher als die Stoßüberschlagspannung einer Spitzenfunkenstrecke, deren Schlagweite gleich dem Überschlagweg dieser Kette bei derselben Stoßspannung ist. Das gleiche gilt für die normalfrequente Trockenüberschlagspannung von Ketten, die ebenfalls etwas höher liegt als die Überschlagspannung einer Spitzenfunkenstrecke, deren Schlagweite wiederum gleich dem normalfrequenten Überschlagweg der betrachteten Kette ist. Für Ketten mit Schutzarmaturen zeigt sich, daß die Stoßüberschlagspannungen dieselbe Höhe haben wie die Stoßüberschlagspannung einer Spitzenfunkenstrecke, deren Schlagweite gleich dem Abstand der Schutzarmaturen ist. Dabei ist Voraussetzung, daß die Überschläge frei zwischen den Schutzarmaturen erfolgen und daß es sich um längere Ketten handelt, bei denen die Ausmaße der Schutzarmaturen gegenüber dem Abstand zu vernachlässigen sind. So zeigt sich bei einer Armatur aus 2 Schutzringen, die aus Rohren von 25 mm Dmr. hergestellt sind, daß erst bei Schlagweiten über 60 cm die Stoßüberschlagspannung gleich der einer Spitzenfunkenstrecke gleicher Schlagweite wird. Für kleinere Schlagweiten liegt die Stoßüberschlagspannung zwischen den Ringen höher als für eine Spitzenfunkenstrecke. Die für die besonderen, von der Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren G. m. b. H. entwickelten Schutzarmaturen durchgeführten Versuche lassen sich in ihren Ergebnissen auch auf andere Schutzarmaturenformen übertragen, so daß die mitgeteilten Kurven ganz allgemein verwendet werden können. Mit Rücksicht auf die Stoßversuche an Schutzarmaturen sind am Schluß des Heftes die von der Hescho entwickelten und empfohlenen Schutzarmaturen[1] nochmals zusammengestellt. Der Zusammenstellung sind Aufnahmen von Stoßversuchen an Ketten mit diesen Schutzarmaturen beigefügt.

In einem der folgenden Hefte sollen Versuchsreihen über das Verhalten von Kraftwerkisolatoren beschrieben und abschließend die Messungen über die Zeitverzögerung veröffentlicht werden. (Har. Müller, Mitt. Hermsd.-Schomb. 1930, H. 53/54.) *Sb.*

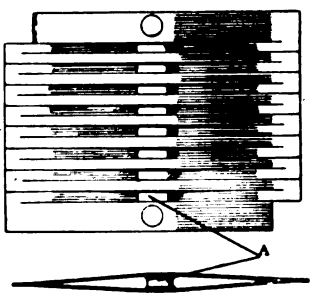
[1] Vgl. Mitt. Hermsd. Schomb. 1929, H. 41/42 u. 44/45.

Amerikanische Kabelverlegungspraxis. — Die Kabelkommission der amerikanischen National Electric Light Association (Nela) berichtet über eine Reihe interessanter Betriebs- und Versuchsergebnisse. Vorerst werden in Amerika immer noch die meisten Kabel in unterirdische Kanäle eingezogen in ähnlicher Weise wie bei uns die Fernmeldekabel der Reichspostverwaltung. Die amerikanischen Elektrizitätswerke haben daher viele Studien verwendet auf den höchsten Zug, der den verschiedenen Kabeltypen zugemutet werden darf. Durch die Auswahl der richtigen Schmier- und Gleitmittel und durch systematische Zusammenstellung der Versuchsergebnisse sind Methoden festgelegt worden, bei denen eine Beschädigung des Kabels während des Einziehvorganges nach Möglichkeit vermieden wird. Der Bericht enthält in tabellarischen Zusammenstellungen die bei den einzelnen Elektrizitätswerken erzielten Ergebnisse. Vielfach wird neuerdings auch die oberirdische Verlegung der Starkstromkabel durch Aufhängung der Kabel an Stahlseilen vorgenommen. Das Verfahren ist billiger als das Einziehen in Kanäle und Verlegung in die Erde, läßt sich aber wohl nur dort durchführen, wo keine Rücksichten ästhetischer Art genommen zu werden brauchen. Mehr und mehr geht man scheinbar auch in Amerika zur europäischen Praxis über, die Kabel direkt in die Erde zu legen. Der Bericht erwähnt einen interessanten Versuch, Erdkabel anstatt eines Bleimantels durch eine starke und feuchtigkeitssicher imprägnierte Asbestumhüllung zu schützen und anstatt der Eisenbandbewehrung eine Armierung durch Fiberbänder vorzunehmen.

Die Frage, ob bei Spannungen von mehr als 35 kV Einfachkabel oder Mehrfachkabel zu wählen sind, wird gleichfalls eingehend erörtert. In Amerika wird bei höheren Spannungen und hohen Übertragungsleistungen das Einfachkabel bevorzugt. Im Bericht ist eine wirtschaftliche Berechnung enthalten zum Nachweis dafür, daß oberhalb einer bestimmten Energiemenge die Verlegung von Einfachkabeln sehr starken Querschnitts gegenüber dreifach verseilten Kabeln den Vorzug verdient (Nat. El. Light Assoc., Nov. 1929, Bericht Nr. 2, Cable Installation). *At.*

Apparate.

Starrer, rostsicherer Widerstand von hoher Festigkeit. — Die Firma Mecano G. m. b. H., Düsseldorf, bringt einen aus Spezialstahl mit geringem Temperaturkoeffizienten[1] hergestellten Widerstand von hoher mechanischer Festigkeit auf den Markt, dessen Aufbau aus Abb. 5 ersichtlich ist. Jedes Gitter wird aus dem vollen Blech in Zickzackform ausgeschnitten. Sehr großes Spiel in der Gesamtdurchflußlänge des Gitters und zu gleicher Zeit im Querschnitt dieses Durchflusses ist durch Verändern der Schnittzahl von 6 bis zu 40 gegeben. Die Höhe der Gitter ist festgelegt auf 180 mm, die Breite schwankt zwischen 127 und 356 mm. Die Starrheit des Gitters ist durch die Dreiecksform gewährleistet, die durch Ausbiegen je des nächsten Streifens aus der Flächenmitte und durch Durchspleißen eines Isolierpakets *A* (Abb. 6) erhalten wird. Ein entgegengesetztes Verschränken der äußersten Streifenenden unterbindet jede Kontaktmöglichkeit der Gitterstreifen. Die Verbindung benachbarter Gitter wird durch elektische Schweißung der Endstreifen bewerkstelligt, die rechtwinklig abgebogen sind. Der Stromdurchgangs-Querschnitt an der Schweißstelle ist mindestens gleich dem Vierfachen des Gitterstreifens. Durch hydraulisches Pressen des fertigen erhitzten Blocks wird derselbe kompakt und bleibt so selbst bei den späteren Arbeitsbedingungen mit beständigem Erhitzen und Abkühlen. Auf diese Weise entsteht ein starrer, fester und infolge der Schweißung kontaktloser Widerstandsblock. Alle Gitter und Zubehörteile aus Stahl werden zum Schutz gegen Rost vor der Montage sherardisiert. Nach der Montage werden die Blocks noch galvanisiert, um auch die Schweißstellen durch



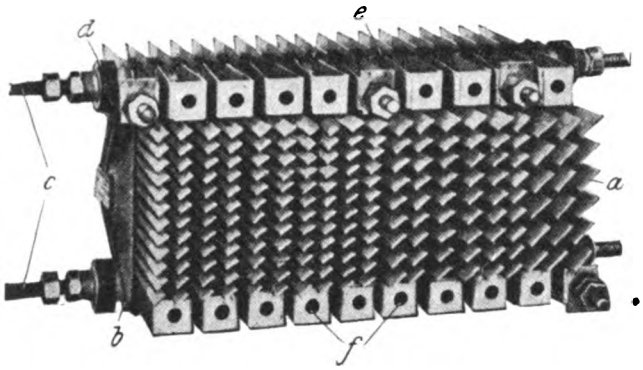
A Isolierpaket

Abb. 5. Widerstandsgitter.

[1] Auf Wunsch wird auch anstatt Stahl eine Legierung verwendet, deren Temperaturkoeffizient praktisch gleich Null ist.

Digitized by Google

Verzinkung gegen Oxydation zu schützen. Anzapfstellen können hinter jedem Gitter eingeschaltet werden. Eine Schwächung der Gitter ist selbst bei starker Belastung nicht zu befürchten, da jede Schlinge selbst bei Rotglut starr in ihrer Lage gehalten wird. Die Isolierung besteht aus Glimmer und Mikanit. Die Kühlfläche ist im Verhältnis zum Gewicht groß. Die Widerstände können entweder in nackten Blocks unmontiert oder montiert in Rahmen



a gespleißte geschnittene Stahlblechgitter
b Tempergußbrücke (früher aus U-Eisen)
c hochzugfeste Stahlgewindestangen
d Glimmerendisolatoren
e Mikanitisolatoren
f wählbare Anschlußklemmenlöcher

Abb. 6. Widerstandsblock.

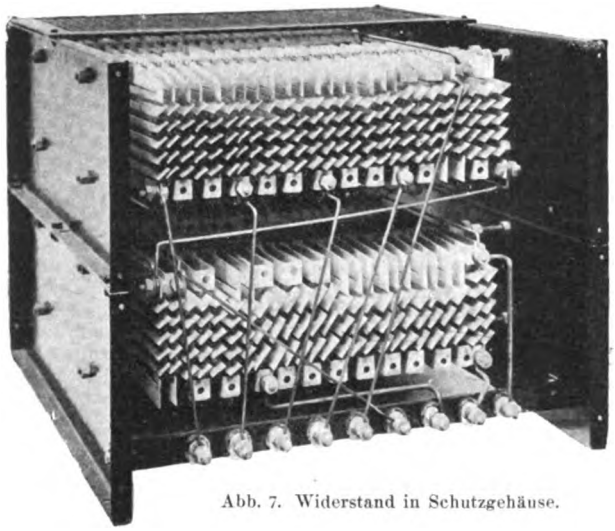
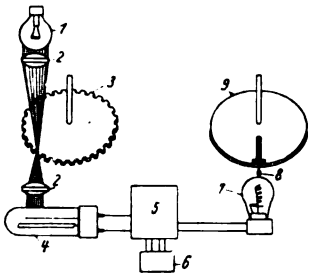


Abb. 7. Widerstand in Schutzgehäuse.

mit geeigneten ventilierenden Deckplatten bezogen werden. Die Anschlußklemmen werden dann auf eine Klemmenleiste, Stahl-Glimmer-Aufbau, unten an den Rahmen verlegt und lassen so die Kontrollerkabel leicht anschließen, diese dazu noch von den heißen Gittern entfernt haltend (Abb. 7). Der Widerstand eignet sich für rauhe und schwere Betriebe, Hebezeuge, Stahl- und Walzwerke, Gruben, Straßenbahnen, elektrische Lokomotiven usw. *fi*

Meßgeräte und Meßverfahren.

Stroboskopische Zählereichung. — Schon vor längerer Zeit[1] wurde auf ein stroboskopisches Verfahren aufmerksam gemacht, das es gestattet, mit einem Normalzähler sehr genaue Zählereichungen unter geringstem Zeitaufwand durchzuführen. Unter Verwendung einer lichtelektrischen Zelle ist jetzt das Verfahren seit einiger Zeit bei der Westinghouse Co. zur praktischen Durchführung gelangt. Die einfache Zählung der Umdrehungen erfolgt in der Weise, daß man einen Lichtstrahl durch ein Loch in der Zählerscheibe auf eine Photozelle fallen läßt, die bei jedem Impuls über Zwischenrelais ein Zählwerk betätigt. Die stroboskopische Eichmethode ist in Abb. 8 dargestellt. Normalzähler und X-Zähler sind auf die gleiche Last geschaltet. Die Scheibe des Normalzählers ist gezahnt, die des X-Zählers ist am Umfang in gleicher Zahl geteilt. Die Zähne des Normalzählers erzeugen über die Photozelle, den Verstärker und die Spannungsquelle Lichtblitze einer Neonlampe, die die X-Zählerscheibe beleuchtet. Sind die Drehzahlen gleich, so scheint der X-Zähler stillzustehen; wenn nicht, rotiert er scheinbar nach links oder rechts. Das Eichverfahren kommt auf das Synchronisieren des X-Zählers hinaus; es



1 Lichtquelle
2 Linse
3 Normalzähler
4 Photozelle
5 Verstärker
6 Batterie
7 Neonlampe
8 Zeigerindex
9 X-Scheibe

Abb. 8. Schema der stroboskopischen Zählereichung.

geht sehr schnell, und es wird hohe Genauigkeit erzielt. Die Zähnezahl ist 400, die Drehzahl kann bis herab zu 2 % der Normallast (etwa 6 ... 8 Lichtimpulse/s) verglichen werden. Die Genauigkeit ist etwa 0,25 %, wenn man nur eine einzige Umdrehung beobachtet. — Die Eichung erfordert nach dieser Methode nur die halbe Zeit gegenüber dem bisherigen Verfahren. (S. Aronoff u. D. A. Young, The Electric Journ. Bd. 26, S. 255.) *Kth.*

Bahnen und Fahrzeuge.

Die Fahrleitung der spanischen Ferrocarriles Vascongados. — Für den elektrischen Betrieb auf dem eingleisigen Netz der Ferrocarriles Vascongados mit Gleichstrom von 1750 V in dem Verkehrsgebiet zwischen Bilbao und San Sebastian wurde unter Berücksichtigung der besonderen örtlichen und betrieblichen Verhältnisse, wie außergewöhnlicher Steigungen, schwerer Zugeinheiten, dichter Zugfolge usw., eine neue Fahrleitungsart als Erstausführung erstellt. Sie ist in ihren Grundzügen schon seit längerer Zeit bekannt, doch hier wohl erstmals systematisch zur Durchführung gekommen. In ihrem theoretischen Aufbau ist diese Leitungsanlage aus zwei Vielfachaufhängungen gebildet, deren jede eine Länge von zwei Mastabständen (2×60 m) besitzt. Die Stützpunkte der beiden Systeme sind versetzt angeordnet, so daß System I in den Punkten *c*, System II in *d* getragen werden (Abb. 9). Jedes der Systeme besteht nur aus einem Draht, der abwechslungsweise Tragdraht und Fahrdraht ist. Die Durchhangslinien der beiden Systeme überschneiden sich girlandenartig. In jeder Spannweite übernimmt jeder der beiden Drähte die eine Hälfte als Trag-, die andere als Fahrdraht.

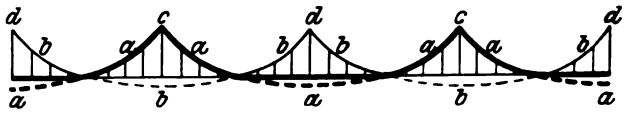


Abb. 9.

Ausgeführt wurde diese Fahrleitungsanlage mit zwei derartigen Doppelsystemen, in paralleler Anordnung, um den nötigen Querschnitt zu erreichen. Für den endgültigen Ausbau nach einer erwarteten Betriebserhöhung um 125 % errechnete sich ein Fahrdrahtquerschnitt von rd. 500 mm². Zunächst genügte ein solcher von 300 mm², der in vier Drähte von je 75 mm² unterteilt wurde. Später sollten durch Hinzunahme zweier weiterer Drähte von je 106 mm² die 500 mm² erreicht werden.

Temperaturschwankungen lassen im Trag- wie im Fahrdrahtteil der Anlage nur gleichmäßige Zustandsänderungen auftreten, da beide Teile aus gleichem Material und von gleichem Querschnitt sind. Die Durchhänge der einzelnen Systeme ändern sich gleichmäßig und somit auch die Fahrdrahthöhenlage. Fahrdraht und Tragdraht gleichen sich in ihrem gegenseitigen Verhalten selbst aus. Besondere Nachspannvorrichtungen sind somit überflüssig. Mit dieser Leitung wurden die Strecken sowie die zwei Hauptgleise jeder Station ausgerüstet. Die Bespannung der letzteren erfolgte in der Weise, daß sich die aus zwei parallelen Doppelsystemen bestehende Streckenleitung an der Bahnhofseingangsweiche teilt und über jedem der zwei Gleise ein Doppelsystem verläuft, um sich am Bahnhofsende wieder zu vereinigen. Hierdurch bleibt die Kontinui-

[1] Vgl. ETZ 1926, S. 1261; 1928, S. 103.

Digitized by Google

tät des Systems in mechanischer wie in elektrischer Hinsicht für die ganze Länge gewahrt. Der jeweilige Tragdraht dient auch zur elektrischen Kraftübertragung und übernimmt die Hälfte des erforderlichen Querschnittes. Ausgenommen von dieser Neukonstruktion sind nur die Bahnhofsnebengleise, die mit normaler Vielfachaufhängung ausgerüstet sind.

Der mechanische Zusammenhang zwischen Fahrdraht und Tragdraht wird durch eine begrenzte Zahl von Hängedrähten aus Bronze, die als Schleifen ausgebildet sind, hergestellt. In der Höchstspannweite von 60 m genügen je zwei solche Hänger von 560 und 104 mm Länge bei einer Zugbeanspruchung von 9,12 kg/mm² (5 °). Längenänderungen in den Hängern infolge von Temperatureinflüssen haben im Fahrdraht nur so verschwindende Verschiebungen aus seiner normalen Lage zur Folge, daß dadurch die einwandfreie Gleitbewegung des Stromabnehmers bei einem Anpressungsdruck von 5 ... 6 kg und einer Fahrgeschwindigkeit von 20 ... 25 m/s nicht gestört wird. Diese etwa im Fahrdraht auftretenden Unebenheiten sind von der gleichen Größenordnung wie zufällige Unebenheiten in den Gleisen oder wie sie durch Schwankungen der Maschine oder des Stromabnehmers selbst hervorgerufen werden. Charakteristisch für das neue System ist das Fehlen von Hilfstragdrähten. Alle Längsdrähte sind hier gleichzeitig elektrische Leiter, Tragdraht und Fahrdraht.

Ein weiterer Vorteil ist, daß alle Drahtverbinder, Spanner usw. in den tragenden Teil der Fahrleitung verlegt werden können. Spannungsausgleichvorrichtungen sind entbehrlich, ebenso Abspannungen. Hat sich ein Fahrdraht stark abgenutzt, so genügt es, den Fahrdrahtteil in die Aufhängungen zu verlegen, so daß der noch nicht abgenutzte Tragteil die Funktion des Fahrdrahtes übernimmt. Die Aufhängepunkte werden bei 2 Tragdrähten von je 75 mm² im ungünstigsten Falle durch eine horizontale Zugkraft von 264 kg beansprucht, wenn verschiedene Spannweiten aufeinander folgen. Dies würde eine Verschiebung der Drähte in den Aufhängungen um 0,0006 m zur Folge haben. Dieser Wert ist so gering, daß die Tragdrähte ohne Gefahr an den Isolatoren der Aufhängevorrichtung befestigt werden können. Der Ausleger macht diese Bewegung mit einer Winkeldrehung von 0 ° 15′ mit. Für die Hauptgleise sind die Hänger mit Doppelklemmen, für die Nebengleise und Nebenstrecken mit Einfachklemmen aus Preßmessing versehen.

Über Fahrdrahthöhen bestehen in Spanien noch keine Vorschriften. Bisher bewegten sich die angewendeten Höhen zwischen 4,5 und 5,65 m. Hier entschloß man sich zu 5,75 m bei 10 °, so daß ein Unterschreiten von 5,5 m bei 43 ° in der größten Spannweite (60 m) vermieden wird. Die lichte Profilhöhe beträgt 3.8 m. Die Ausleger mit den Aufhängungen lassen sich durch gelenkartige Befestigungen zur Änderung der Fahrdrahthöhe verstellen. In Tunneln und Wegüberführungen mußten teilweise Mindestfahrdrahthöhen von 4,14 m zugelasen werden. Vielfach wurde hierzu das Gleis erst noch gesenkt. Der Übergang der normalen Höhe zu der im Tunnel mit einer Differenz von 1,6 m vollzieht sich unter einem Neigungswinkel von 1 : 100. An keiner Stelle wurde der Mindestabstand von 200 mm spannungführender Teile von Erde unterschritten. Für die Zickzackführung wurden mit Rücksicht auf die Länge des Bügelschleifstückes (1,2 m), sowie die Mastabstände und die Kurvenabzüge Seitenverschiebungen des Fahrdrahtes aus der Gleisachse von ± 26 cm in Kurven von 600 m Halbm. angenommen. In Kurven von 100 m Halbm. bei Spannweiten von 40 m mit Mehrfachabzug beträgt die Seitenverschiebung 25 cm und in Kurven von 60 m Halbm. nur 18 cm. In den Kurven ist die Seitenverschiebung nicht gleichmäßig durchgeführt, um den Neigungen der Maschinen bei Überhöhungen von 150 mm, den Schwankungen durch die Wagenfedern usw. Rechnung zu tragen. Die vorkommenden Spannweiten zwischen den Stützpunkten betragen 30, 40, 50 und 60 m. Hieraus ergeben sich für die Abzugsmaste folgende Zwischenentfernungen (m):

$$\frac{60}{2} \quad \frac{50}{2} \quad \frac{40}{2} \quad \frac{50}{3} \quad \frac{30}{2} \quad \frac{40}{3}.$$

Abwechselnd mit jeder Aufhängung sind auch in der Geraden Maste für seitliche Festlegung angeordnet. Der geringste Abstand von Mastmitte zu Gleisachse beträgt 2,350 m, in Kurven von 60 m Halbm. 2,7 m. Die Aufhängungsvorrichtung besteht aus einem sichelförmig gebogenen Mannesmannrohr, dessen Arme in einem Winkel von 90 ° zueinander stehen. Der eine Arm dieses Rohres ist mittels 2 Doppelglocken-Isolatoren horizontal unter dem Ausleger befestigt. Auf einem dritten im horizontalen Teil des Rohres befindlichen Isolator ist das Tragseil befestigt. Am vertikalen Teil des Rohres befindet sich verstellbar ein kurzer Gelenkarm kleineren Querschnittes, der an seinem Ende mittels Doppel- oder Einfachklemme den Fahrdraht hält. Für die Fahrdrahtabzüge werden ebenfalls diese Gelenkarme in Verbindung mit Eierisolatorenketten verwendet. Aus Gründen der Betriebsicherheit wurde fast durchweg doppelte Isolation vorgesehen. Zur Anwendung kamen 4 Isolatorentypen, u. zw. große und kleine Doppelglocken-, Eier- und Stützisolatoren. Ausgenommen vom Prinzip der doppelten Isolation sind nur die Streckentrenner aus trockenem, in Leinöl gekochtem Akazienholz mit einer Festigkeit von 0,4 kg/mm². Man wählte diese Art, um beträchtliche Gewichtserhöhungen durch Porzellan zu vermeiden. Dieses Holz genügt bei einer Mindestlänge von 30 cm als Isolation für 1750 V. Die ganze Strecke des Netzes (rd. 168 km) ist durch Hauptschalter in 6 Speisebezirke geteilt, die durch Streckenschalter noch weiter unterteilt werden können. (L. Pontecorvo, Anales de la Asociacion de Ingenieros del Instituto Catolico de Artes e Industrias, 1929) *A. H.*

Elektrische Zugförderung in Marokko. — Die Eisenbahnen Marokkos befinden sich in lebhaftem Ausbau. Es besteht ein Netz von 600 mm Spurweite, das eine Ausdehnung von 1284 km besitzt und von der Administration du protectorat verwaltet wird. Ferner betreibt eine spanisch-französische Gesellschaft die vollspurige, 310 km lange Linie Tanger—Fez (vgl. Abb. 10). Alle übrigen Normalspur-

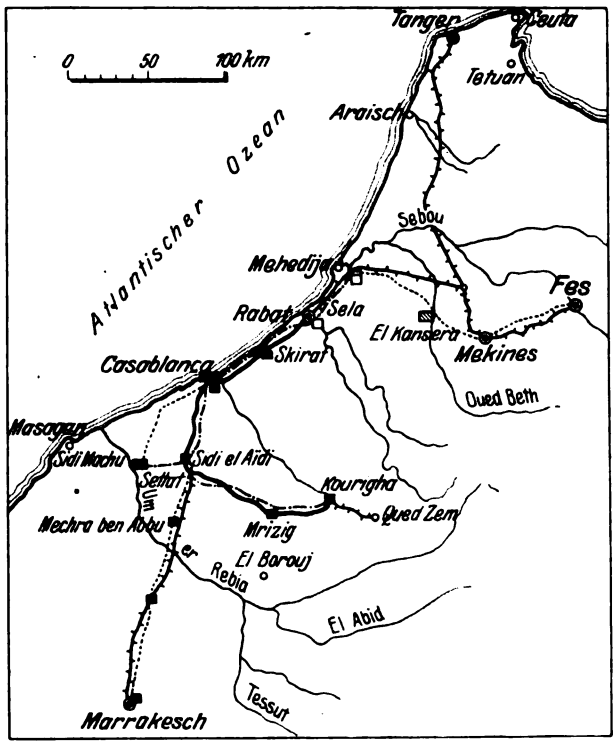


Abb. 10.

strecken (583 km im Betrieb, 435 km im Bau) sind im Besitz der Gesellschaft „Chemin de fer du Maroc", an der die Paris-Lyon-Méditerranée- und die Paris-Orleans-Bahn interessiert sind. Der Güterverkehr ist nicht unbedeutend. Bei Kourigha werden Phosphatlager ausgebeutet. Die Strecke fällt von hier bis Casablanca fast gleichmäßig. Die 1000 ... 1200 t schweren beladenen Züge können also durch Nutzbremsung einen großen Teil des Stromes aufbringen, der zur Bergfahrt der Leerzüge (400 ... 450 t) erforderlich ist. Auf dieser 138 km langen Strecke konnte man durch den elektrischen Betrieb die Fahrzeit der Güterzüge von 7 h 20 m auf 5 h 50 m einschränken. Ferner ergab die Nutzbremsung Ersparnisse an Bremsschuhen, Radreifen und Oberbau.

Die Bahn arbeitet mit 3000 V Gleichstrom. Sie bezieht Drehstrom von 50 Hz, 60 kV von der Gesellschaft Energie électrique du Maroc, der zwei Dampf- und Dieselkraftwerke sowie ein Wasserkraftwerk (in Sidi Machou) gehören. Alle Werke sind untereinander und mit den Bahnumformerwerken durch 60 kV-Drehstromleitungen verbunden. Die Leitungen mußten besonders gut isoliert werden (Ketten von je 4 Ölisolatoren), da der Seewind Salz auf den Isolatoren ablagert. Die Bahnunterwerke enthalten je 2 ... 3 Umformergruppen von 1000 kW. Nur die Maschinen und Transformatoren stehen unter Dach,

Digitized by Google

Sammelschienen, Trenn- und Ölschalter dagegen im Freien. Jede Umformergruppe besteht aus einem Synchronmotor und zwei dauernd in Reihe geschalteten Gleichstromgeneratoren von je 1500 V Klemmenspannung. Die Fahrleitung ist zusammengesetzt aus einem Tragseil von 94, zwei Fahrdrähten von je 104 und einer auf den Fahrleitungsmasten verlegten Speiseleitung von 50 mm². Die Masten haben 63, die Hängedrähte 4,5 m Abstand voneinander. Da der Temperaturunterschied 70 ° innerhalb eines Jahres erreicht, werden die Fahrleitungen der Jahreszeit entsprechend nachgespannt.

Im Dienst stehen $10\,B_0 + B_0$-Lokomotiven folgender Abmessungen:

Stundenleistung	1000 kW	Länge über Puffer . .	11,87 m
Dauerleistung	747 „	Dienstgewicht	73 t
Höchstgeschwindigkeit	60 km/h	Raddurchmesser	1400 mm

Je zwei Fahrmotoren liegen dauernd in Reihe. Bei Nutzbremsung werden alle 4 Motoren hintereinander geschaltet. Zum Antrieb des Erregergenerators, der Akkumulatoren-Lademaschine und der beiden Fahrmotorenlüfter dient ein gemeinsamer Motor. 16 ähnliche Lokomotiven, die jedoch 1045 kW Dauerleistung erhalten, sind im Bau.

Den Personenverkehr bewältigen zehn vierachsige Triebwagen. Sie sind 19,25 m lang, 72 t schwer und enthalten 16 Sitzplätze erster, sowie 48 zweiter Klasse. Die vier Tatzenlagermotoren leisten je 104,5 kW, so daß auf der Horizontalen noch mit 135 t Anhängelast 80 ... 85 km/h erreicht werden können. Die elektrischen Einrichtungen entsprechen möglichst weitgehend denen der Lokomotiven. In völliger Übereinstimmung mit der Vorausberechnung konnte man im Betrieb den bemerkenswert niedrigen Verbrauch von 12,7 Wh/tkm am Stromabnehmer messen. (Génie civil Bd. 93, S. 500.) *Tf.*

Fernmeldetechnik.

Schutz vor Rundfunkstörungen. Der Magistrat in Treffurt hat für das Städtische Elektrizitätswerk die Stromlieferungsbedingungen zum Schutz des Rundfunks wie nachstehend ergänzt:

„In die Bedingungen für die Lieferung von elektrischem Strom durch das städtische Stromnetz in Treffurt ist durch Beschluß der städtischen Körperschaften folgender § 14 a eingefügt worden:

Hochfrequenzheilgeräte, automatische Blinkvorrichtungen und andere derartige Apparate dürfen erst dann angeschlossen werden, wenn sie an deutlich sichtbarer Stelle das Prüfzeichen des Verbandes Deutscher Elektrotechniker oder einer anderen von der Stadtgemeinde anerkannten Stelle tragen, das für das Vorhandensein einer Vorrichtung Gewähr gibt, durch die Störungen der Rundfunkdarbietungen verhindert werden.

Die Besitzer nicht mit derartigen Einrichtungen versehener Apparate müssen diese entweder durch Umbau störungsfrei machen lassen oder nicht in den Hauptsendezeiten in Gebrauch nehmen."

Weiter wird in den Vorschriften für die Ausführung elektrischer Anlagen im Anschluß an das Niederspannungsnetz der Städtischen Werke Saarbrücken, die diese am 1. VIII. d. J. erlassen haben, im § 33 (Rundfunkschutz) bestimmt:

„Zur Verwendung kommende Hochfrequenz-Bestrahlungsapparate müssen das VDE-Prüfzeichen tragen und mit Störungsverhinderungsvorrichtung versehen sein. Das gleiche gilt für bereits in Betrieb befindliche Apparate." (Mitt. Reichs-Rundf.-Ges. Nr. 208, 1930.)

Lichttagessignale bei der Reichsbahn. — Nach mehrjährigen Versuchen hat die Deutsche Reichsbahn im Jahre 1929 auf den ersten Strecken Lichttagessignale in Betrieb genommen, nämlich auf der Berliner Stadtbahn und der schlesischen Gebirgsbahn zwischen Hirschberg und Dittersbach. Das Bedürfnis nach solchen Signalen wird — angeregt durch die Seddiner Ausstellung — besonders auf Strecken mit elektrischem Oberleitungsbetrieb wachgerufen, weil in dem Gewirr der Tagdrähte usw. das Formsignal schwerer zu sehen ist als auf der Dampfbahn. Aber auch sonst gibt es viele Stellen im Betriebe, an denen es schwierig ist, die Formsignale günstig aufzustellen. Lichtsignale dagegen sind unter allen Verhältnissen gut zu sehen.

Die Linsen der Lichtsignale sind von Siemens & Halske mit Busch in Rathenow entwickelt worden. Ihre Ochsenaugenform ist aus Abb. 11 im Schnitt (1) ersichtlich. Sie ist geschliffen. Das erhöht zwar den Preis, gibt aber unvergleichlich bessere Wirkung als die gegossenen, amerikanischen Stufenlinsen, die sich bei den Lichtsignalen der anderen Länder durchgesetzt haben. Zur Erzeugung der notwendigen Seitenstreuung sind auf der Innenseite der Linse senkrechte Streuriefen eingeschliffen, die je nach ihrer Tiefe einen Streuwinkel bis zu 16 ° anzuwenden gestatten. Die Ochsenaugenform der Linse hat noch den Vorteil, daß die bei tiefstehender Sonne auf der Linse entstehenden Lichtreflexe so geringe Ausdehnung haben, daß sie das Farblicht nicht überstrahlen.

Die Lampe muß einen sehr kurzen, aber stark leuchtenden Faden haben. Deshalb wird eine Nitralampe für 12 V, 40 W, die viel für Kraftwagenleuchten gebraucht wird, angewandt. Sie erzeugt 55 HK sphär., die durch die Linse bei 4 ° Seitenstreuung auf das 650fache verstärkt werden. Mit der Lichtwirkung erzielt man Sichtweiten, die bei klarem Wetter weit über 1000 m gehen. Die Versuche bei unsichtigem Wetter und Nebel haben ergeben, daß die Lichttagessignale immer besser zu sehen sind als die Formsignale. Für die Nahsicht z. B. von einer vor dem Signal haltenden Lokomotive sind nur sehr geringe Lichtstärken erforderlich. Die Lebensdauer der Lampe beträgt etwa 1000 Brennstunden. Die Farbengebung erfolgt durch Farbfilter, die in die Leuchte unmittelbar hinter der Linse eingesetzt werden (*fa* in Abb. 11). Die Leuchte besteht aus Gußeisen und wird mit 3 Schrauben *s* auf dem Träger *b*, einem Stahlblechschirm, befestigt. Die Schrauben gestatten ganz feine Einstellung der Laterne in eine bestimmte Richtung. Im Gehäuse wird die Lampe so angebracht, daß ihr Leuchtfaden im Brennpunkt der Linse sitzt. Für die Lampen sind so enge Toleranzen für die Maße mit Osram vereinbart, daß der Lampenträger nach einmaliger Einstellung im Werk unverschieblich eingebaut werden kann. Die Entlüftung der Laterne ist notwendig, um Schwitzwasserbildung zu verhüten. Sie erfolgt durch kleine Öffnungen, die zum Schutz gegen Insekten mit feinmaschiger Drahtgaze bedeckt sind. Eine Schute *sch* deckt die Linse gegen Schnee, Regen und Sonne. Der Träger *b* bildet zugleich den sog. künstlichen Hintergrund für die Signallichter, ohne den sie wesentlich schlechter zu sehen sind. Der Träger wird am Signalmast befestigt. Er ist für den Einbau in gewissen Grenzen drehbar, um die grobe Richtungseinstellung der Leuchten zu gestatten.

Die Signalbilder sind — abgesehen von der Stadtbahn, die ein eigenes Signalsystem hat — die gleichen, wie die bisher bei Dunkelheit üblichen; so bedeuten z. B. zwei grüne Lichter untereinander: Fahrt frei für ein abzweigendes Geleis. Zwei gelbe Lichter schräg übereinander besagen: das folgende Hauptsignal steht auf Halt usw. Für den Wechsel der Farblichter, z. B. von Rot in Grün, sind zwei Leuchten erforderlich: die rote erlischt, die grüne leuchtet auf. Für jedes rote Farblicht, also für das Haltesignal, sind immer zwei rote Leuchten vorgesehen. Wenn die erste z. B. wegen Durchbrennens der Lampe erlischt, schaltet sich selbsttätig die zweite ein. Wenn die Lampe eines Signals, das „Fahrt frei" bedeutet, versagt, erscheint selbsttätig das Haltsignal. Dem Wärter wird die jeweilige Stellung des Signals durch elektromagnetische Rückmelder angezeigt. Das ist erforderlich, weil der Wärter die Lichter der meisten Signale nicht sieht. Die bei den bisher üblichen Lichtsignalen vorhandenen Rücklichter sind ja wegen der Überwachung des Brennens da und zur Prüfung, ob die Signale der Hebelbewegung gefolgt sind. Beides wird beim Lichttagessignal mit Hilfe der Magnetschalter besorgt. Erlischt ein Signal, dann erkennt das der Wärter am Farbwechsel des Rückmelders, den er bei der Signalbedienung zu beobachten hat. Die Rotlicher erhalten wegen ihrer besonderen Wichtigkeit noch eine besondere Überwachungseinrichtung: Das Erlöschen der ersten Rotlampe wird durch Aufleuchten einer Warnlampe, das der zweiten durch Wecker und Warnlampe anderer Farbe anzeigt. Der Wärter hat dann sofort für Ersatz der beschädigten Lampen oder, wenn der Schaden von ihm nicht beseitigt werden kann, für Meldung zu sorgen.

Die Umschaltung der Lichtsignale erfolgt auf der schlesischen Gebirgsbahn durch Kontakte an den Signalhebeln im Stellwerk, dessen Einrichtung beibehalten wird. Die Signaleinrichtung der Berliner Stadtbahn erfolgt im Zusammenhang mit der selbsttätigen Streckenblockung. Die Stromversorgung geschieht bei der Versuchstrecke in Schlesien, die bekanntlich mit Wechselstrom von 16 kV betrieben wird, vom Fahrdraht aus. An jedem Bahnhofsende ist ein Masttransformator eingebaut, der den Strom der Fahrleitung auf 220 V umspannt. Der Masttransformator kann durch einen Hörnerschalter, der vom Mastfuß aus bedienbar ist, an die Fahrleitung an- oder von ihr abgeschaltet werden. Der 220 V-Strom wird über die erwähnten Schaltkontakte im Stellwerk zu den Signalen geführt und dort durch kleine Transforma-

Digitized by Google

toren auf die Lampenspannung von 12 V gebracht. Die Stellwerke, die Signale zu bedienen haben, sind untereinander mit einer Speiseleitung verbunden, so daß beim Ausfall eines Stromversorgers am einen Bahnhofsende der des andern einspringen kann.

Einen der Lichttagessignalmaste gibt Abb. 12 wieder. Es ist hier ein Signal als Beispiel gewählt, das ein einflügeliges Hauptsignal ersetzt. Man sieht drei Laternen, eine rote als Haltsignal, eine zweite rote für das sich selbsttätig einschaltende rote Ersatzlicht und eine grüne für das Signal „freie Fahrt". Unten am Mast sitzen in einem Gehäuse die Signaltransformatoren, die die Spannung von 220 auf 12 V herabsetzen.

Da die Signale mit 12 V bei Dunkelheit viel zu hell leuchten würden, wird die Spannung nachts auf 5 V herabgesetzt durch Benutzung einer Anzapfung am Masttransformator. Die Magnetschalter für die Rückmelder im Stellwerk sind so hergestellt, daß sie auch beim Herabgehen der Lampenspannung auf 3,5 V, was durch Spannungsabfall in der Fahrleitung vorkommen könnte, noch mit Sicherheit arbeiten.

Die neuesten Versuche von Osram haben erwiesen, daß es möglich ist, Lampen mit sehr konzentriertem Leuchtfaden für 100 V Spannung herzustellen; deshalb

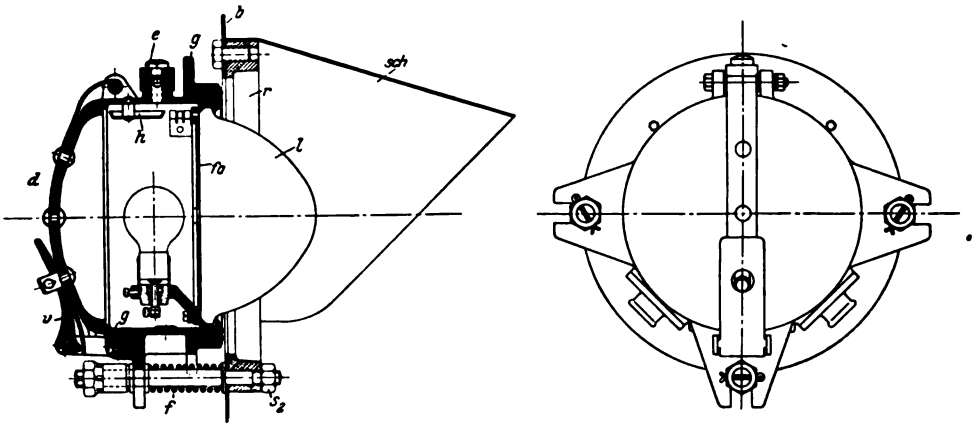


Abb. 11. Laterne für Lichttagessignale.

geht man jetzt von der 12 V-Lampe auf die 100 V-Lampe über. Das hat den Vorteil, daß man von Wechselstrom auf Gleichstrom und damit auf Speicherbatterien als Stromquelle übergehen kann. Man macht sich damit von den lästigen Spannungschwankungen des Versorgungsnetzes frei und ist in der Lage, eine für etwa zwei Tage reichende Stromreserve bereitzuhalten. Gleichstromversorgung bei 12 V Lampenspannung ergäbe unwirtschaftliche Kupferquerschnitte. Die nächste Strecke, die mit Lichttagessignalen ausgerüstet wird, wird voraussichtlich schon Gleichstromschaltung erhalten.

Alle Leitungen der Signalanlagen werden gekabelt. (Buddenberg, Verkehrstechn. Woche 1929, H. 15/22.) *Sb.*

Das Doppelsternkabel München—Augsburg. — Die elektrischen Eigenschaften und die Wirtschaftlichkeit der Doppelsternkabel unterzieht K. Fischer einer Betrachtung unter Bezug auf das im Jahre 1929 zwischen München und Augsburg ausgelegte Kabel dieser Art. Bei der Kabelausschreibung waren 104 Adernpaare in Sternverseilung verlangt, darunter 8 metallisch abgeschirmte Doppeladern für Musikübertragung. Neben der Sternverseilung waren auch Angebote auf Doppelsternverseilung zugelassen. Die elektrischen Bedingungen entsprechen dem Fernkabel-Pflichtenheft der Reichspost für 1928. Die von Fischer in Vergleich gesetzten Angebote der Tekade stellten folgende 4 Ausführungsformen zur Wahl:

Angebot I a entsprach einem Vorschlag des RPZ, bei I b waren die Aderdurchmesser so verringert, daß die geforderten Dämpfungswerte noch gerade erreicht wurden; II a mit den üblichen 0,9- und 1,4 mm-Adern ergab für Stammkreise die verlangten Eigenschaften, für die Phantomkreise aber erheblich günstigere Werte; II b, das zur Ausführung kam, sah einen einheitlichen Aderdurchmesser von 1,2 mm vor und zeigte daher im Durchschnitt sehr viel günstigere als die verlangten Dämpfungswerte. Die Pupinisierung entsprach der mittelstarken Belastung. Die Grenzfrequenz war für alle Stromkreise praktisch gleich 3500 Hz. Die Güte der Sprechkreise hinsichtlich ihrer Reichweite konnte also gleich angesehen werden.

Um die wirtschaftlich günstigste Kabelausführung zu ermitteln, stellt Fischer die Kosten für ein „Einheits-Sprechkreis-Kilometer" nebeneinander. Als Einheits-Sprechkreis-Kilometer ist ein Aderpaar

Abb. 12. Hauptsignal mit Lichttagessignalen.

angenommen, das eine kilometrische Dämpfung von 0,02 Neper hat. Als Vergleichspreis dient der Angebotspreis *A* für das Kabel des Angebots I a; der zugehörige Sprechkreis-Kilometer-Preis ist mit *a* bezeichnet. Die Berechnung ergibt folgende Vergleichszahlen:

Angebot Nr.	Sprechkreiszahl	Sprechkreis-km-Zahl	Sprechkreis-km-Preis	Angebotspreis
I a	125	13 985	0,9578 *a*	1,0362 *A*
I b	125	12 927	*a*	*A*
II a	147	14 011	0,8680 *a*	0,9408 *A*
II b	132	15 857	0,8296 *a*	1,0144 *A*

Nach dieser Berechnung ist das Doppelsternkabel zwar um 1,44 % teurer als das billigste Sternkabel, der Sprechkreis-Kilometer ist aber beim Doppelsternkabel um 17,04 % billiger als beim Sternkabel.

Dem Aufsatz sind ausführliche Kurvenbilder über die Werte der Dämpfung, des Wellenwiderstandes, des Nebensprechens, der Echodämpfung und nähere Angaben über den Kondensatorverbrauch bei der Abgleichung des Doppelsternkabels beigefügt. Fischer kommt zu dem Schluß, daß bei der Doppelsternverseilung im Vergleich zur Stern- und auch zur Diesselhorst-Martin-Verseilung bei gleichem Kostenaufwand verbesserte elektrische Eigenschaften zu erzielen sind. (K. Fischer, Europ. Fernspr. 1930, H. 16, S. 83.) *Bkm.*

Verseilungsart	Gesamtpaarzahl	Sprechkreise normal: Ader-Dmr. mm	Paarzahl	Ader-Dmr. mm	Paarzahl	geschützt in Bleikern: Ader-Dmr. mm	Paarzahl	in Metallfolie: Ader-Dmr. mm	Paarzahl
Sternverseilung:									
Angebot I a	118	0,9	68	1,4	36	0,9	2	1,4	12
Angebot I b	118	0,9	68	1,35	36	0,85	2	1,35	12
Doppelsternverseilung:									
Angebot II a	98	0,9	72	1,4	16	0,9	2	1,1	8
Angebot II b (ausgeführt)	88	1,2	76	—	—	1,2	4	0,9	8

Digitized by Google

Eine mechanisch-elektrische Zugbeeinflussung[1]. — Über eine mechanisch-elektrische Zugbeeinflussung wird in der Zeitung des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen berichtet. Dieses System ist auf englischen Bahnen (Great Western Railway) bisher auf 300 Lokomotiven in Betrieb. Der Empfänger auf der Lokomotive ist eine Art Gleitschuh in lotrechter Führung, der an den „Beeinflussungspunkten", über eine rd. 12 m lange, T-förmige leicht geneigte Eisenschiene hinweggleitet. Auf diese Weise wird der Schuh um etwa 40 mm angehoben, u. zw. unabhängig davon, ob der Beeinflussungspunkt auf „Frei" oder „Halt" gestellt ist. Die Beeinflussung ist nur für das Vorsignal, u. zw. eine gewisse Strecke vor diesem, vorgesehen. Bei „Frei"-Stellung ist die erwähnte Schiene durch eine Streckenbatterie erregt, bei „Halt"-Stellung nicht. Es treten somit bei „Frei"-Stellung gleichzeitig zwei Wirkungen auf: die elektrische und die mechanische, bei „Halt"-Stellung dagegen nur die mechanische. Erstere löst ein Glockensignal aus, letztere ein Pfeifensignal mit darauffolgender Zwangsbremsung.

Bemerkenswert ist, daß die Gleitschiene nicht seitlich des Gleises, wie in Deutschland, sondern zwischen den Schienen verlegt ist.

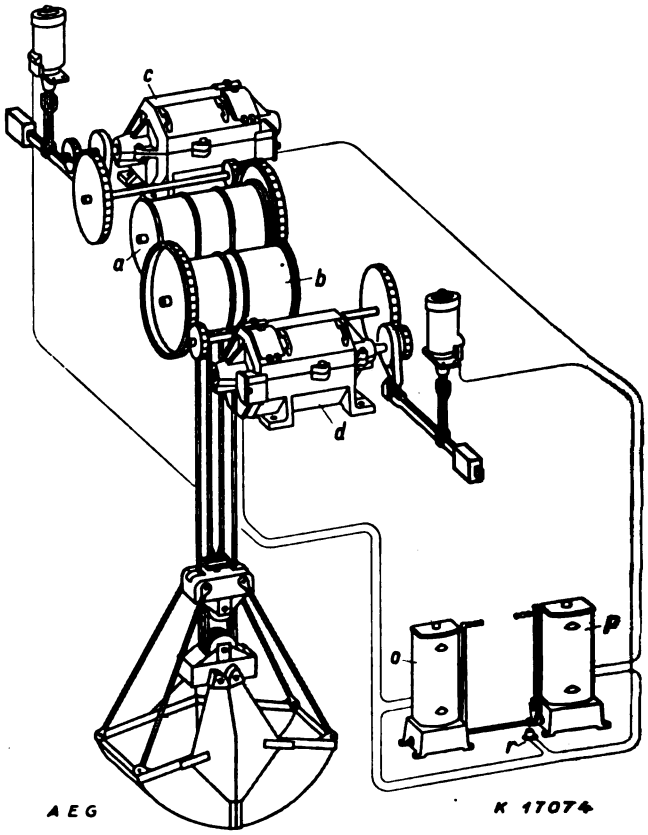
Als Vorteil gegenüber dem in Deutschland bekannten van Braannschen mechanischen System wird hervorgehoben, daß das System der Great Western Railway unbewegliche Streckenteile besitzt; ein Nachteil des Systems ist ohne Zweifel, daß die Unterscheidung zwischen „Frei"- und „Halt"-Anzeige auf der Lokomotive durch eine Streckenbatterie erkauft werden muß. Es muß allerdings zugegeben werden, daß der Energiebedarf für die Erregung verhältnismäßig klein ausfällt.

Der Verfasser spricht schließlich von gewissen Täuschungen, denen man sich bei uns bezüglich der Bewegungsverhältnisse mechanischer Zugbeeinflussungsysteme hingebe. Für den Augenblick der ersten Berührung des Fühlhebels mit der Rampe (bei dem englischen System die T-förmige Schiene) ist es gleichgültig, welche Neigung beide Teile gegeneinander besitzen. Dem Sinne nach ist der Fühlhebel also in diesem Augenblick als ein starrer Körper aufzufassen, der nicht drehbar ist.

Die Einrichtung, welche die Verwertung der Beeinflussung selbst vorzunehmen hat, d. h. diejenige Apparatur, welche bei uns unter dem Begriffe „Wachsamkeitsgebilde" bekannt ist, fällt bei der englischen Zugbeeinflussung außerordentlich einfach aus, weil es hier nur auf die sogenannten Führerstandsignale ankommt. Ein Vergleich mit unseren deutschen induktiven Zugbeeinflussungen ist in dieser Beziehung also schlecht möglich, weil ja bei diesen zwei Wirkungen, eine hinter dem Vorsignal (300 m dahinter) und eine am Hauptsignal verlangt wird, wobei die Wirkung am Hauptsignal die absolute Fahrsperre ergeben soll, d. h. ein Überfahren des Hauptsignals bei Haltstellung ausgeschlossen sein muß. Aber gerade dadurch wird die konstruktive Durchbildung des Wachsamkeitsgebildes schwieriger. (Bäseler, Zg. V. Dt. Eisenb.-Verw. Bd. 69, S. 1277.) *Kmr.*

Hebezeuge und Massenförderungen

Steuerung für Greiferhubwerke. — Einmotoren-Greifersteuerungen erfordern stets eine mechanische Kupplung zwischen Schließseil- und Halteseiltrommel. Bei Zweimotoren-Greifersteuerungen ist ebenfalls eine mechanische Kupplung erforderlich, falls außer mit dem Greifer auch mit einem Klappkübel gearbeitet wird. Der Klappkübel kann nicht greifen, sondern lediglich durch Öffnen das Material abwerfen. Die Füllung des Kübels muß von fremder Hand, z. B. durch Abziehen des Materials aus einem Füllrumpf, erfolgen. Es fehlt also der für den Selbstgreifer charakteristische Flaschenzug, der das Greifen ermöglicht. Die hierdurch gegebene andere Lastverteilung zwischen Schließseil und Halteseil bedingt bei Kübelbetrieb die mechanische Kupplung. Bei reinem Greiferbetrieb kann jedoch bei entsprechender Ausbildung der Steuerung die Zweimotoren-Greifersteuerung ohne mechanische Kupplung arbeiten. Die AEG hat zwei Greifersteuerungen ohne mechanische Kupplung entwickelt, die sich dadurch unterscheiden, daß die eine mit zwei Hebeln (Abb. 13) bedient wird, während bei der anderen die Bedienung soweit vereinfacht ist, daß sämtliche Greiferbewegungen mit einem einzigen Hebel ausgeführt werden können. Die Steuerungen sind für Drehstrom und Gleichstrom mehrfach ausgeführt worden und haben sich im Betrieb bestens bewährt. Sie sind einfach bedienbar, betriebsicher und gestatten die Erzielung hoher Förderleistungen. Mit der letztgenannten Einhebelsteuerung wurden im Seehafen beim Erzumschlag vom Seeschiff in Schute bis 90 Greiferspiele/h erzielt. In Drehstromanlagen besteht die Möglichkeit, die beschriebene Steuerung durch Verwendung von Doppelkranmotoren noch leistungsfähiger zu gestalten. Die Doppelkranmoto



a Schließseiltrommel
b Halteseiltrommel
c Schließseilmotor
d Halteseilmotor
o Halteseil-Steuerwalze
p Schließseil-Steuerwalze
r Ausschalt-Druckknopf

Abb. 13. Zweimotoren-Greifersteuerung mit Zweihebelbedienung.

ren gestatten dann, das Senken und Öffnen des Greifers mit rd. doppelter Geschwindigkeit auszuführen. (W. Engel, AEG-Mitt. 1929, S. 654.) *Sb.*

Energiewirtschaft.

Erzeugung und Verbrauch elektrischer Arbeit in Deutschland[1]. Die erfaßten 122 Elektrizitätswerke haben im Juni 1930 insgesamt rd. 127,5 Mill kWh (10 %) und arbeitstäglich rd. 3,161 Mill kWh (6 %) weniger selbst erzeugt als im gleichen Monat des Vorjahres. Nach den Angaben des Statistischen Reichsamts betrug die Produktion im ersten Halbjahr 8127 Mill kWh, d. s. 2,5 % mehr als in dem gleichen Zeitabschnitt von 1929, wo die entsprechende Steigerung aber 17,5 % ausmachte. Der Anschlußwert der unmittelbar von 103 Werken belieferten gewerblichen Abnehmer ist im Mai um 0,280 Mill kW (6 %) gegen denselben Monat des Vorjahres gewachsen, während ihr Verbrauch im ganzen eine Abnahme um 10 Mill kWh (2 %) und arbeitstäglich um 1,171 Mill kWh (6 %) aufweist.

Monat	Arbeitstage		Von 122 Elektrizitätswerken selbst erzeugte Mill kWh				Anschlußwert und Verbrauch der von 103 Elektrizitätswerken direkt belieferten gewerblichen Abnehmer							
			insgesamt		arbeitstäglich		Anschlußwert Mill kW		Gesamtverbrauch Mill kWh		arbeitstäglicher Verbrauch			
											insgesamt Mill kWh		kWh/kW Anschlußwert	
	1930	1929	1930	1929	1930	1929	1930	1929	1930	1929	1930	1929	1930	1929
I.	26	26	1555,7	1443,6	59,8	55,5	4,6	4,8	545,0	540,0	21,0	20,8	4,6	4,8
II.	24	24	1392,5	1282,0	58,0	58,4	4,6	4,8	512,8	499,8	21,8	20,8	4,7	4,8
III.	26	25	1425,9	1306,9	54,8	52,3	4,6	4,8	523,4	510,2	20,1	20,4	4,4	4,7
IV.	24	25	1286,1	1299,1	53,6	52,0	4,6	4,8	487,5	511 6	20,3	20,5	4,4	4,7
V.	26	25	1296,4	1302,6	49,9	52,1	4,6	4,8	500,4	510,4	19,2	20,4	4,2	4,7
VI.	24	25	1169,9	1297,4	48,7	51,9	.	4,4	.	581,3	.	21,8	.	4,9

[1] Vgl. a. ETZ 1930, S. 1244.

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1980; 1980, S. 1179.

Digitized by Google

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Bibliothek.

Die Zeitschriften-Bibliothek, die der EV im Lesesaal des Ingenieurhauses, Berlin NW 7, Friedrich-Ebert-Str. 27, unterhält, wird unseren Mitgliedern erneut in Erinnerung gebracht und recht eifriger Benutzung empfohlen. Nachfolgend bringen wir die Zusammenstellung der vom Elektrotechnischen Verein laufend gehaltenen Zeitschriften. Die Zahlen neben den Zeitschriften bedeuten die Jahrgänge und Bände, die von den einzelnen Zeitschriften gebunden vorhanden sind. Sie können, soweit sie nicht mit einem * versehen sind, gleichfalls im Lesesaal des Ingenieurhauses eingesehen werden. Die mit einem * versehenen lagern in der Geschäftstelle des EV, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a, und stehen hier während der Geschäftstunden (täglich von 8 h bis 16 h 30 m, Sonnabends von 8 h bis 13 h) zur Benutzung.

Die Mitgliedskarte des EV berechtigt zum Eintritt in den Lesesaal des Ingenieurhauses und zur Benutzung aller dort verfügbaren Bücher und Zeitschriften, und zwar:

Montag, Dienstag, Donnerstag von 9 bis 19 h,

Mittwoch und Freitag von 9 bis 21 h,

Sonnabend von 9 bis 13 h.

I. Liste der deutschen Zeitschriften, die vom EV gehalten werden.

AEG-Mitteilungen 1927, 1928, 1929.
Archiv für Elektrotechnik 1927, 1928, 1929.
BBC-Nachrichten 1927*, 1928*, 1929*.
Bergmann-Mitteilungen 1926, 1927, 1928.
Carlswerk-Rundschau.
Deutsche Licht- und Wasserfach-Zeitung 1928, 1929.
IEW 1927, 1928, 1929.
Mitteilungen der Hermsdorf-Schomburg Isolatoren G. m. b. H.
Siemens-Zeitschrift 1927, 1928, 1929.
Technik voran! 1927, 1928.
Tropenpflanzer 1927, 1928, 1929.
Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft.
Weltwirtschaftliches Archiv 1927, 1928, 1929.
Wirtschaftsdienst 1926, 1927, 1928, 1929.
Wissenschaftliche Veröffentlichungen aus dem Siemens-Konzern.
Zeitschrift für Feinmechanik und Präzision 1927, 1929.

II. Liste der Auslandszeitschriften, die vom EV gehalten werden.

Abstract Bulletin of Lamp Development Laboratory, Nela Park.
Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones 1927, 1928, 1929.
Annali dei Lavori Pubblici 1927, 1928, 1929.
Archives d'Electricité Médicale 1927, 1928.
Aseâ-Journal (Zeitschrift der Allgemeinen Schwedischen Elektrizitäts-AG.) 1929.
Ateliers de Constructions Electriques de Charleroi (A.C.E.C.) 1926*, 1927/28.
Bell System Technical Journal 1927, 1928.
Bell Telephone Quarterly 1927, 1928, 1929.
Bulletin de la Société Française des Electriciens 1927.
Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins 1926, 1927, 1928, 1929.
Bulletin Oerlikon 1926, 1927, 1928, 1929.
Bureau of Standards, Journal of Research 1928, 1929.
Chemical and Metallurgical Engineering 1927, 1928.
Electrical Communication 1927, 1928, 1929.
Electrical Review 1927, 1928, 1929.
Electrical World 1927, 1928, 1929.
The Electrician 1926, 1927, 1928, 1929.
Electricidad 1927, 1928.
Electric Journal 1927 (wird z. Z. nicht mehr ausgelegt).
Electric Railway Journal 1927, 1928, 1929.
Electro Farming 1926, 1927, 1928, 1929 (jetzt Rural Elektrification and Electro Farming).
Electro-Technick 1928.
Elettrotecnica 1927, 1928, 1929.
Energia Elettrica 1926, 1927, 1928, 1929.
The Engineer 1927, 1928, 1929.
Engineering 1927, 1928.
Engineering Journal 1927, 1928.
Engineering News Record 1927, 1928, 1929.
Factory and Industrial Management 1929.
General Electric Review 1926, 1927, 1928, 1929.
Génie Civil 1926, 1927, 1928, 1929.
German-American Commerce Bulletin.
Helvetica Physica Acta.
Illustrated Official Journal (Patents) 1926, 1928.
Illustrated Official Journal (Abridgements of Specifications) 1926, 1927, 1928.
Index of Patents issued from the United States Patent Office 1928.
Industrial Management 1926, 1927.
Industrial Engineering 1926, 1927, 1928, 1929.
De Ingenieur, Utrecht, 1926, 1927, 1928, 1929.
Iron Age 1927, 1928, 1929.
Journal de Physique et le Radium 1926, 1927, 1928.
Journal of the American Institute of Electrical Engineers 1926, 1927, 1928.
Journal of the American Waterworks Association 1926, 1927, 1928, 1929.
Journal of the Institution of Electrical Engineers 1926, 1927, 1928, 1929.
Journal of the Franklin Institute 1926, 1927, 1928, 1929
Journal Télégraphique 1927*, 1928*, 1929*.
Official Gazette of the U. S. Patent Office.
Orgaan der Vereeniging van Electrotechnische Ambtenaren der Telegrafie en Telefonie.
Philosophical Magazine, Edinburgh, Dublin, London, 1926, 1927, 1928, 1929.
Physical Review 1926, 1927, 1928, 1929.
Post Office Electrical Engineers Journal 1926, 1927, 1928.
Proceedings of the Engineers Soc. of Western Pennsylvania.
Proceedings of the Institute of Radio and Radio Eng. 1926, 1927, 1928, 1929.
Proceedings of the Physical Society of London 1926, 1927, 1928, 1929.
Radio News 1927, 1928, 1929.
Radio Service Bulletin 1929.
Railway Age 1927, 1928, 1929.
Railway Electrical Engineer 1926, 1927, 1928, 1929.
Railway Engineer 1927, 1928, 1929.
Revista Electrotecnica 1929.
Revue Générale des Chemins de Fer 1926, 1927, 1928, 1929.
Revue Générale de l'Electricité 1926, 1927, 1928, 1929.
Rural Electrification and Electro Farming (s. a. unter Electro Farming).
Science Abstracts 1927, 1928, 1929.
Scientific American 1927, 1928, 1929.
Scientific Papers of the Institute of Physical and Chemical Research 1929.
Scientific Papers of the Bureau of Standards, Washington, 1926/27*.
Schweizerische Bauzeitung 1927, 1928, 1929.
Technologic Papers of the Bureau of Standards, Washington, 1926/27*.
Technicki List 1929.
Teknisk Tidskrift 1926, 1927, 1928.
Telegraph and Telephon Age 1926, 1927, 1928, 1929.
Telegraph and Telephon Journal, London, 1926, 1927, 1928, 1929.
Telephone Engineer 1927, 1928.
Telephony 1927, 1928, 1929.
Tramway and Railway World.
Transactions of the Faraday-Society 1926, 1927, 1928, 1929.
Wireless World and Radio Review 1927, 1928, 1929.
World Power 1926, 1927, 1928, 1929.

Die Bücher und Zeitschriften dürfen nur in der Bücherei selbst benutzt werden.

Elektrotechnischer Verein
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

Digitized by Google

SITZUNGSKALENDER.

Düsseldorfer Elektrotechn. Verein. 23. IX, 1930, abds. 8h, Städt. Tonhalle, Düsseldorf, Saal 1, I. Stock: Vortrag Dir. Sieber, „Spannungs- und Leistungsregulierung mittels Transformatoren".

Oberschles. Elektrotechn. Verein, Gleiwitz. 23. IX. 1930, nachm. 5 h, Büchereisaal der Donnersmarckhütte in Hindenburg: Vortrag Dr. Jaensch, „Warum Käfigmotoren statt Schleifringmotoren?".

Elektrotechn. Verein, Leipzig. 23. IX. 1930, abds. 8 h, Vortragsaal des neuen Grassimuseums, Eing. Rabensteinplatz-Täubchenweg: Lichtbildervortrag Dipl.-Ing. Flanze, „Fernkabel und Verstärkerämter".

Pomm. Elektrotechn. Verein, Stettin. 19. IX. 1930, abds. 8¼ h, Konzerthaus: Vortrag Dr. Kesselring, „Die Entwicklung moderner Hochleistungsschalter".

Verein deutscher Ingenieure, Berlin. 3. u. 4. X. 1930: Betriebswissenschaftliche Arbeitstagung mit einer Vortragsreihe „Planmäßige Betriebsführung" (6. bis 10. X.) in Essen. Auskunft durch die Geschäftstelle der ADB-Ortsgruppe, Essen, Lambertstr. 2.

BRIEFE AN DIE SCHRIFTLEITUNG.

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Schriftleitung und ohne deren Verbindlichkeit.)

Belastungsgebirge eines Zechenkraftwerkes.

Zu obigem Aufsatz von Dr.-Ing. C. KÖRFER in ETZ 1930, S. 1157, möchte ich mir folgende Bemerkung gestatten. Es wäre außerordentlich zu begrüßen, wenn nunmehr auch die Belastungsgebirge verschiedenartiger industrieller Betriebe zusammengestellt und veröffentlicht würden, denn es interessieren ja nicht nur die Belastungsverhältnisse der öffentlichen Elektrizitätswerke. Vor allem für den projektierenden und wirtschaftlich eingestellten Ingenieur ist es heute besonders wichtig, die Art und den zeitlichen Verlauf der Energieanforderung der verschiedenen Arbeitsprozesse kennenzulernen. Bilden doch die Belastungsverhältnisse die Grundlage aller wirtschaftlichen Dispositionen bei der Energieversorgung, sei es, daß es sich um den Anschluß irgendwelcher Werke an die öffentliche Elektrizitätsversorgung handelt, sei es, daß die vorhandenen Werke in richtiger Weise in die Versorgung eingesetzt werden sollen. Die große Bedeutung dieser Frage wurde auch in den Diskussionen der 2. Weltkraftkonferenz anerkannt und von mir auch ein Antrag eingebracht, der die systematische Sammlung von Belastungsgebirgen sowohl der Erzeugung als auch des Verbrauchs bezweckte; hierdurch wird es ermöglicht, das wirtschaftliche Zusammenarbeiten der einzelnen Werke auf eine breitere wissenschaftliche Basis zu stellen. Allerdings sollen zur Vereinheitlichung dieser Arbeiten erst noch Festsetzungen über die Größe und die Leistungsmaßstäbe der Gebirge getroffen werden, damit deren allgemeine Verwertbarkeit gesichert wird. Es ist aber schon heute für jeden Betriebsingenieur eine dankenswerte Aufgabe, sich mit der Zusammenstellung der Belastungsgebirge zu befassen, besonders soweit sie verschiedene Arbeitsprozesse betreffen, die in dieser Hinsicht noch nicht behandelt worden sind.

Darmstadt, 26. VIII. 1930. R. Schneider.

LITERATUR.

Besprechungen.

Kabeltechnik. Die Theorie, Berechnung und Herstellung des elektr. Kabels. Von Dipl.-Ing. Dr. phil. M. Klein. Mit 474 Textabb. u. 149 Tab. VIII u. 487 S. in gr. 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1929. Preis geb. 57 RM.

Das Wort Kabel bedeutete ursprünglich, im holländischen heute noch, ein starkes Schiffstau, meistens aus drei dünneren Trossen gebildet, die jede wieder aus drei Strängen bestehen. Aus der handwerksmäßigen Technik der Seilerei hat sich auch die Fabrikationstechnik des elektrischen Kabels entwickelt. Klein beschreibt diesen Entwicklungsgang des modernen Bleikabels für Stark- und Schwachstrom in einer glänzenden Einleitung, gibt dann kurz die theoretischen Grundlagen und beweist im 3. und 4. Kapitel, daß beim Starkstromkabel der Einfluß des starken Feldes auf das Kabel, beim Schwachstromkabel der Einfluß des Kabels auf das schwache Feld von überwiegender Bedeutung ist. Dabei finden sich überall kurze Bemerkungen, die auf die langjährige praktische Erfahrung des Verfassers weisen. So die Bemerkung (S. 69), daß keine „elektrisch schwächste" Stelle bei Steigerung der Prüfspannung zuerst durchgeschlagen wird, die Erläuterung des Entstehens ionisierter Hohlräume (S. 80) und der Schlußfolgerung, daß ein Ionisierungspunkt unterhalb der Betriebspannung die Sicherheit nicht herabsetzt (S. 92), der zahlreichen Vorschläge zur Verminderung dieser Hohlräume, die insbesondere für Höchstspannungskabel von Bedeutung sind. Bei der Erwärmung der Kabel sind die wertvollen englischen Versuche angeführt, während übersehen wurde, die Versuche von Herzog und Feldmann zu erwähnen, die als erste für die Wärmeleitfähigkeit des Bodens $\sigma_n = 50$, der Kabelmasse $\sigma_k = 550$ vorschlugen (ETZ 1900, S. 787). Auf S. 185 bis 190 findet man dann die Belastungstabellen nach den Vorschriften, die in Deutschland, Frankreich und England gelten. Das 5. Kapitel beschreibt die Berechnung und Konstruktion des Starkstromkabels ganz ausführlich, an Hand zahlreicher Tabellen aus der deutschen, englischen und amerikanischen Praxis und die daraus folgende Berechnung der Betriebsdaten. Das 7. Kapitel behandelt so ausführlich, wie das nur dem erfahrenen Spezialisten möglich ist, ihre Herstellung und die dazu erforderlichen modernen Maschinen und Hilfsgeräte.

Im 4., 6. und 8. Kapitel werden die entsprechenden Erläuterungen gegeben für die Theorie, die Berechnung und Herstellung der Schwachstromkabel. Zahlreiche Verseilungstabellen, Angaben über den Einfluß der Schlaglänge auf die Kapazität und das Nebensprechen, Abbildungen über den Einfluß unvermeidlicher Unsymmetrien in der fabrikmäßigen Herstellung und Beispiele ausgeführter vieladriger Kabel sind dem 6. Kapitel beigegeben. Das 8. Kapitel behandelt ausschließlich die Herstellung der praktisch bedeutsamsten Papier-Luftraum-Kabel und der dabei verwendeten modernen Isolier-, Drallier- und Verseilmaschinen.

Im 9. Kapitel werden die in den letzten Jahren sehr verfeinerten Methoden der Kabelmeßtechnik mit für diesen Zweck genügender Ausführlichkeit erläutert, im Schlußkapitel die Verlegung und die Garnituren für Stark- und Schwachstromkabel beschrieben.

Die Literatur ist nicht reich an Werken über die Kabeltechnik, obwohl diese ihrer wirtschaftlichen Bedeutung nach keineswegs hinter der der Kraftwerke zurücksteht. Vielleicht ist dies zum Teil darauf zurückzuführen, daß, wie C. Baur im Vorwort zu seinem Buche im Jahre 1903 sagt, es bis dahin ein ungeschriebenes Gesetz war, daß ein Kabelingenieur nichts veröffentlichen dürfe. Das Werk von Klein ist eine lückenlose Behandlung des umfangreichen Gebietes in vortrefflicher Form. Es kann allen, die sich für die Herstellung und Verwendung von Bleikabeln interessieren, warm empfohlen werden. Druck, Abbildungen und Ausstattung sind ausgezeichnet. C. Feldmann.

Energiewirtschaft. Eine Studie über kalorische und hydraulische Energieerzeugung. Von Privatdozent Dr.-Ing. M. Seidner. Mit 55 Textabb., VI u. 133 S. in gr. 8°. Verlag Julius Springer, Berlin u. Wien 1930. Preis kart. 9 RM.

Der Verfasser behandelt die Frage, wie man den durchschnittlichen Strompreis von Dampfkraftwerken, Laufwasserkraftwerken oder Speicherwasserkraftwerken rechnerisch ermittelt. Auf diese zahlenmäßigen Ergebnisse stützt sich der eigentliche Inhalt des Buches. Der Verfasser zeigt, wie sich Dampfkräfte und Wasserkräfte in das Ausfahren verschiedener Belastungskurven teilen müßten, um das Höchstmaß an Wirtschaftlichkeit zu erreichen.

Die Rechnungen gründen sich auf Zahlen der Praxis; die Ergebnisse sind durch übersichtliche Schaubilder in eine ansprechende Form gebracht. Der Verfasser vermeidet es, von Voraussetzungen auszugehen; er baut vielmehr seine Ansichten auf den Grundlagen der Elektrizitätswirtschaft auf, indem er auch die sonst allgemein bekannten Dinge wie Benutzungsdauer, Belastungskurve, Wasserhaushalt usw. erläutert. Das Buch wird damit auch zu einem kurzen Lehrbuch für den Nichteingeweihten. Dies zwingt, auf folgendes hinzuweisen:

Der Verfasser meint, daß es sich herausgestellt habe, Wasserkraftwerke könnten sich in der heutigen Elektrizitätswirtschaft nicht als selbständige Betriebe erhalten; es sei immer die Zusammenarbeit mit Dampfkraftwerken nötig. Dies kann zu Irrtümern führen. Es gibt Fälle, in denen Wasserkraftwerke die wirtschaftlichen Erwartungen allein erfüllen können. Beispiele mögen einzelne Wasserkraftwerke am Oberrhein sein, die ihre Ergänzung und

Digitized by Google

Veredelung in den Wasserkräften des Schwarzwaldes und der Schweiz finden. Der Verfasser meint ferner, daß bei Wasserkräften eine jährliche Einnahme von 10 % der Anlagekosten ausreichend sei. Die Verzinsung ist dabei zu klein angenommen. Man wird auch mit Rücksicht auf die Steuern gut tun, nicht weniger als 13 % einzusetzen. In den Vergleichsrechnungen mit Dampfkräften nimmt der Verfasser 50 % Dampfkraftreserve an. Allgemein werden aber die Kraftwerke mit anderen Unternehmungen parallel arbeiten, so daß man sich in der Reserve durch diese gegenseitige Hilfe etwas bescheidener halten kann. Die Erfahrung lehrt, daß in solchen Rechnungen 15 % Reserve ausreichen.

Der Wert als Lehrbuch ließe es wohl erwünscht erscheinen, Zahlenangaben besonders scharf zu umreißen. Ausdrücke, wie z. B.: „Ein 10 000 kW-Turbosatz verbraucht bei Vollast 4000 kcal/kWh" sind nicht eindeutig genug. Der Nichteingeweihte könnte diese Zahl besser in sich verarbeiten, wenn es beispielsweise hieße: „Ein Kraftwerk mit 10 000 kW-Einheiten hat je abgegebene Kilowattstunde hinter den Maschinenspannungs-Sammelschienen oder den Hochvolt-Sammelschienen einen Vollast-Wärmeverbrauch von 4000 kcal." Ähnliches gilt für die Angabe von Baukosten. Es ist immer wünschenswert, zu wissen, ob beispielsweise in den Anlagekosten von 250 RM je kW auch Grunderwerb, Bauzinsen, Bauleitung und Hauptschaltanlage enthalten sind. Das Buch verdient die Aufmerksamkeit des Lesers. H. Albrecht.

Fahrzeug-Getriebe. Beschreibung, kritische Betrachtung und wirtschaftlicher Vergleich der bei Maschinen verwendeten Getriebe mit fester und veränderlicher Übersetzung und ihre Anwendung auf Gleis- und gleislose Fahrzeuge. Von M. Süberkrüb. Mit 137 Abb. i. Text, 16 Abb. i. Anhang u. 15 Zahlentaf., VII u. 190 S. in gr. 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1929. Preis geh. 24 RM, geb. 25,50 RM.

Der Verfasser hat sich zur Aufgabe gesetzt, eine Beschreibung, kritische Betrachtung und einen wirtschaftlichen Vergleich der im Maschinenbau verwendeten Getriebe mit fester und veränderlicher Übersetzung und ihre Anwendung im Fahrzeugbau sowohl für Eisenbahn als auch für Straßenverkehr zu geben. Diese bei der Mannigfaltigkeit der Ausführungen und Vorschläge, die auf diesem Sondergebiete der Verkehrstechnik herrscht, recht schwierige Aufgabe ist in erschöpfender Darstellung und mit straffer Gliederung des Stoffes glücklich gelöst. Der Getriebebau hat mit der schnell vor sich gehenden Entwicklung der Verbrennungsmotoren und ihrer Anwendung im Straßenfahrzeugbau, in den letzten Jahren auch im Bau von Triebwagen und Lokomotiven für Eisenbahnzwecke, stets wachsende Bedeutung gewonnen. Die Verwendung des Einzelachsantriebes für hohe Leistungen, der in den letzten Jahren für die Entwicklung des Baues elektrischer Lokomotiven kennzeichnend gewesen ist, ist erst durch die Entwicklung geeigneter Getriebe ermöglicht worden.

Um so dankenswerter ist es, daß der Verfasser sich der Mühe unterzogen hat, die an zahlreichen Stellen in verschiedenen Zeitschriften veröffentlichten Beschreibungen und Betriebsergebnisse der verschiedenen Getriebearten zusammenzustellen und durch eine kritische Gegenüberstellung der für ihre Beurteilung wichtigen Gesichtspunkte, Betriebsicherheit, Brennstoffbedarf, Gewichte, Preise und Wirkungsgrad besonders wertvoll zu gestalten. Erwünscht wäre noch eine Angabe darüber, welche Getriebe sich in der Praxis bewährt haben und für welche Grenzleistungen sie gebaut werden können.

Das Buch enthält vier Teile. Der erste behandelt die vom Fahrbetrieb an die Getriebe gestellten Anforderungen, der zweite die Getriebeelemente. Der dritte, umfangreichste Teil beschäftigt sich eingehend mit den verschiedenen Arten der Getriebe, Kardangetrieben, Zahnrädergetrieben mit fester Übersetzung, Zahnräderwendegetrieben, Zahnrädergetrieben mit veränderlicher Übersetzung und für geteilte Leistungsabgabe, unverzahnten Getrieben wie Flüssigkeits- und Gasgetrieben, schließlich den elektrischen Getrieben und der Diesellokomotive mit fester Übersetzung und abschaltbaren Motoren. Der vierte Teil bringt den Vergleich der Getriebe untereinander. Im Anhang sind ausgeführte Getriebefahrzeuge unter Beigabe klarer Strichzeichnungen behandelt.

Das Buch, das in knapper, straffer Behandlung einen vollständigen Überblick über das umfangreiche Sondergebiet der Getriebe gibt, und dessen Ausstattung entsprechend der Tradition des Verlages Springer sehr gut ist, wird sowohl für den Studierenden als auch für den in der Praxis stehenden Ingenieur ein sehr willkommenes Hilfsmittel sein. Usbeck.

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Aus der Glühlampenindustrie[1]. — Die deutsche Glühlampenausfuhr hat sich 1929 entsprechend der bisher ansteigenden Entwicklung weiter vermehrt. Sie belief sich — die kleinen Lampen inbegriffen — 1927 auf 55,44, 1928 auf 68,99 und 1929 auf 80,8 Mill Stück. Auch 1929 war wie in den Vorjahren Großbritannien Hauptabnehmer (7,45 Mill). ihm folgten Italien (6,92), Schweden (4,95) und die Tschechoslowakei (4,86). Der Wert der deutschen Glühlampenausfuhr betrug 1929 28,21 Mill RM gegenüber 26,79 und 34,70 Mill RM in den beiden Vorjahren.

Die im vergangenen Jahr enger gewordene Zusammenarbeit zwischen der General Electric Co. und der Osram G. m. b. H. fand im Mai 1930 eine Erweiterung in Form einer gemeinsamen englischen Neugründung, der Claude General Neon Light Co. Ltd., London, deren Kapital zunächst auf 0,218 Mill £ bemessen wurde. Sie soll die Neonröhrenpatente in Großbritannien und Irland zusammenfassen; übernommen wurden die Londoner Firmen Buro Sign Co., Ltd., die Atomlite Ltd., die Neon Lights Ltd. und die Illuminated Advertising Co., Ltd.

In Australien haben die General Electric Co., Ltd., die British Thomson-Houston Co., Ltd. und die N. V. Philips Gloeilampenfabrieken, Eindhoven, sich zu gemeinsamer Beteiligung an einer neu zu gründenden Glühlampengesellschaft zusammengeschlossen, die den Glühlampenbetrieb der Australian General Electric Co., Ltd. in Newcastle (Neusüdwales) übernimmt und den gesamten Glühlampenbedarf des Commonwealth decken soll.

Die schwedische Außenseitergruppe (Kooperativa Förbundet), die im vergangenen Jahr die Aufnahme der Glühlampenherstellung außerhalb des internationalen Glühlampenkartells, das seit Ende 1924 in Genf besteht, ankündigte, wird ihre neu errichtete Fabrik bald in Betrieb nehmen; die ersten Glühlampen sollen im Herbst auf den Markt gebracht werden. Für den Sommer ist eine tägliche Leistungsfähigkeit von 12 000 Stück (2,5 Mill jährlich) vorgesehen, doch soll die Jahreserzeugung allmählich auf 8,0 Mill Stück gesteigert werden. Ein eigenes Elektrizitätswerk und später die Errichtung einer eigenen Glashütte sind geplant. *A. Fr.*

Deutschlands elektrotechnischer Außenhandel[2]. — Nach dem Monatlichen Nachweis des Statistischen Reichsamts für Juli 1930 verteilte sich der Elektroaußenhandel Deutschlands innerhalb des Tarifunterabschnitts 18 B folgendermaßen:

Waren	Mengen dz		Werte 1000 RM	
	Juli	Jan./Juli	Juli	Jan./Juli
Einfuhr				
Elektrische Maschinen (einschl. Teile)	2 447	19 011	930	5 900
Elektrot. Erzeugnisse	3 099	21 481	2 253	18 323
Ausfuhr				
Elektrische Maschinen (einschl. Teile)	32 275	233 283	9 365	65 761
Elektrot. Erzeugnisse	86 051	683 916	33 759	258 225

Die Einfuhr ist gegen den Vormonat (4888 dz bzw. 2,885 Mill RM) um 658 dz (13 %) und 0,298 Mill RM (10 %) gestiegen, verglichen mit dem Parallelmonat des Vorjahres (7343 dz bzw. 4,246 Mill RM) aber um 1797 dz (24 %) und 1,063 Mill RM (25 %) zurückgegangen. Die Ausfuhr hat dem Juni (115 212 dz bzw. 39,660 Mill RM) gegenüber um 3114 dz (3 %) und 3,464 Mill RM (9 %) zugenommen, sich jedoch im Vergleich mit dem Juli 1929 (135 761 dz bzw. 47,442 Mill RM) um 17 435 dz (13 %) und 4,318 Mill RM (9 %) verringert. Der Anteil der Reparationssachlieferungen betrug 3971 dz im Wert von 1,562 Mill RM. Für die abgelaufenen sieben Monate ergibt sich gegenüber der gleichen Periode des Vorjahres beim Import eine Abnahme um 17 307 dz (30 %) und 5,130 Mill RM (17 %). Deutschland hat in dieser Zeit 3622 Lichtmaschinen (8611 i. V.), 57 654 Dynamos, Elektromotoren usw. (99 589 i. V.), 5788 Bogen- usw. Lampen (3721 i. V.), 3,221 Mill Metalldrahtlampen (2,965 i. V.) und 0,123 Mill Kohlefaden- usw. Lampen (0,045 i. V.) dem Ausland entnommen. Der Export weist gegenüber den ersten sieben Monaten von 1929 eine Steigerung um 4870 dz bzw. 7,634 Mill RM (2 %) auf und umfaßte an Reparationssachlieferungen 67 246 dz im Wert von 20,553 Mill RM sowie der Stückzahl nach 51 327 Lichtmaschinen

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 296.
[2] Vgl. ETZ 1929, S. 1355; 1930, S. 1155.

Digitized by Google

Stat. Nr.	Erzeugnisse	Einfuhr in dz			Ausfuhr in dz		
		Juli	Januar/Juli		Juli	Januar/Juli	
		1930	1930	1929	1930	1930	1929
907 a	Lichtmaschinen und Lichtzündmaschinen für Motorfahrzeuge; Anlaßmotoren für Verbrennungsmotoren	114	332	628	683*	4 620*	5 024*
907 b/g	Dynamomaschinen, Elektromotoren, Umformer; Transformatoren und Drosselspulen[1]	2 295	17 685	20 752	29 664*	214 460*	178 319*
907 h	Fertig gearbeitete Anker, Kollektoren[2]	38	994	1 281	1 928*	14 203*	11 829*
908 a, b	Elektrizitätssammler, deren Ersatzplatten (Elektroden)	276	1 704	3 784	2 558*	27 968*	28 780*
909	Kabel zur Leitung elektrischer Ströme, zur Verlegung in Wasser oder Erde geeignet	897	4 666	[9] 12 893	35 749*	299 850*	335 090*
910 a/c	Bogenlampen, Quecksilberdampf-, Quarz- und ähnliche Lampen; Gehäuse dafür mit Glasglocken; Scheinwerfer, Reflektoren[3]	19	144	106	149	1 714*	2 670*
911 a	Metallfadenlampen	224	1 453	1 348	1 110	6 620*	6 950*
911 b	Kohlenfaden-, Nernst- und andere Glühlampen	8	65	26	18	178	236*
912 A1	Telegraphenwerke; Bestandteile davon	7	80	95	73*	237*	181*
912 A2	Fernsprecher, Fernsprech-, Wand- und Tischstationen, Fernsprechvermittlungseinrichtungen; Bestandteile davon	43	216	583	1 870*	13 680*	11 009*
912 A3	Vorrichtungen für die drahtlose Telegraphie und Telephonie; Bestandteile davon	249	2 870	3 617	3 474*	32 664*	28 989*
912 A4	Meß-, Zähl- und Registriervorrichtungen, auch in Verbindung mit Uhrwerken; Bestandteile davon	185	1 137	1 177	2 733*	17 941*	19 852*
912 B	Bügeleisen; in der Ausfuhr auch Bestandteile davon	16	28	13	797	4 946	4 472*
912 C	Heiz-, Koch- und sonstige Wärmeapparate; in der Ausfuhr auch Bestandteile davon	158	1 208	1 163	1 418*	8 985*	8 524*
912 D	Röntgenröhren; in der Ausfuhr auch Bestandteile davon	5	20	15	24	167*	115*
912 E	Magnetzündapparate und sonstige elektrische Zündsysteme sowie Teile davon (ausgenommen Magnete); elektrotechnisches Zubehör für Motorfahrzeuge	123	1 274	1 851	2 015*	14 789*	14 541*
912 F1	Sicherungs- und Signalapparate; Läutewerke; Bestandteile davon	31	96	108	1 311	7 135*	7 567*
912 F2	Vorrichtungen für Beleuchtung, Kraftübertragung, Elektrolyse; Vorschalte- und Nebenschlußwiderstände; sonst. a. n. g. Vorrichtungen; Bestandteile davon[4]	729	5 505	7 491	24 476*	183 326*	181 272*
912 F3	Vorrichtungen für ärztliche oder zahnärztliche Zwecke; Bestandteile davon (ausgenommen 912 D)	107	412	427	1 344*	9 384*	10 708*
912 F4	Galvanische (auch Trocken-) Elemente, elektr. u. galvanische Batterien; Thermoelemente; Bestandteile davon	17	170	264	4 090	34 176*	36 089
912 F5	Isolationsrollen, -glocken, -knöpfe, Spulen, Taster, Schalter usw. aus Steingut, Porzellan oder Glas (ausgenommen 733 a)	5	427	143	[6]	[6]	[6]
912 F6	Isolationsgegenstände aus Asbest, Asbestpappe, Glimmer oder Mikanit für die Elektrotechnik (Schutzkasten usw.)	—	6	34	39	396	375*
912 F7	Isolierröhren für elektr. Leitungen aus Papier oder Pappe; Verbindungsstücke dafür[5]	.	.	.	2 801	19 755*	19 731*
—	Elektrotechnische Erzeugnisse, unvollständig angemeldet	—	—	—	2	5	6
	Summe von Tarifunterabschnitt 18B: Menge in dz	5 546	40 492	[9] 57 799	118 326*	917 199*	912 329*
	Summe von Tarifunterabschnitt 18B: Wert in 1000 RM	*3 183*	*24 223*	[9] *29 353*	*43 124**	*323 986**	*316 352**
648 a	Vorgepreßte Blöcke, Platten und Stangen aus Kohle für elektrotechnische Zwecke	20	191	205	2 114	7 344	6 845
648 b	Kohlenbürsten, Mikrophonkohlen usw.; Kohlenfäden für elektr. Beleuchtungskörper oder dgl., auch in Verbindung mit Platin	6	35	40	83	551*	504*
648 c	Brennstifte für Bogenlampen	41	477	799	641	4 846	4 948
648 d	Elektroden	293	2 215	3 773	16 221	144 958	161 553
733 a	Porzellanisolatoren für Telegraphen- oder Fernsprechleitungen[7]	—	2	180	6 076*	42 623*	45 334*
740 a	Glühlampenkolben	9	172	190	1 337	9 189	10 117
783 c	Bearbeitete Teile von elektrischen Maschinen der Nrn. 907 a/g und von Erzeugnissen der Nrn. 907 h/911 b aus nicht schmiedbarem Gußeisen	63	720	1 004	[8]	[8]	[8]
799 c	dsgl. aus schmiedbarem Eisen	128	861	420			
890 a	Isolierter Draht aus unedlen Metallen für die Elektrotechnik	344	1 492	1 447	11 367*	85 181*	80 286*

(53 200 i. V.), 423 295 Dynamos, Elektromotoren usw. (410 496 i. V.), 17 336 Bogen- usw. Lampen (23 818 i. V.), 38,694 Mill Metalldrahtlampen (38,06 i. V.) und 0,596 Mill Kohlefaden- usw. Lampen (0,665 i. V). Der Überschuß der Ausfuhr betrug 876 707 dz im Wert von 299,763 Mill RM (854 530 dz bzw. 286 999 Mill RM i. V.). Die in dem Juli-Nachweis des Reichsamts auf S. 13 für die Ausfuhr elektrotechnischer Erzeugnisse im Juli und in der Zeit Januar/Juli 1930 genannten Summen stimmen mit den Einzelangaben für den Spezialhandel (S. 179 ff.) nicht überein, sind aber hier bereits berichtigt.

[1] Die Ausfuhr von Quecksilberumformern ist in Nr. 912 F 2 enthalten. — [2] Die Ausfuhr umfaßt auch andere Teile von nicht vollständigen elektrischen Maschinen. — [3] Die Ausfuhr umfaßt auch Teile von Bogenlampen außer Brennstiften (648 c). — [4] Die Ausfuhr umfaßt auch Quecksilberumformer aus Nr. 907 b/g und Isolationsgegenstände, auch aus Ambroid, Hartkautschuk usw., der Nr. 912 F 5 außer Isolationsglocken (733 a). — [5] Einfuhr nach Beschaffenheit. — [6] Isolationsglocken unter 733 a, andere Waren, auch aus Ambroid, Hartkautschuk usw., unter 912 F 2. — [7] Die Ausfuhr umfaßt Isolatoren aller Art aus Steingut oder Porzellan — [8] Für die Ausfuhr gelten die im Unterabschnitt 18 B bei den Maschinen angegebenen stat. Nrn. — [9] Berichtigte Zahl.
* Einschließlich der Reparationssachlieferungen.

Berichtigung.

In Abb. 1 des Aufsatzes „Deutschlands Elektroaußenhandel im Rahmen des Welt-Elektroaußenhandels (ETZ 1930, S. 1303) ist bei Deutschland die Einfuhr links unrichtig schraffiert worden; sie muß von links oben nach rechts unten (Einfuhr aus V. S. Amerika) verlaufen.

Abschluß des Heftes: 13. September 1930.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

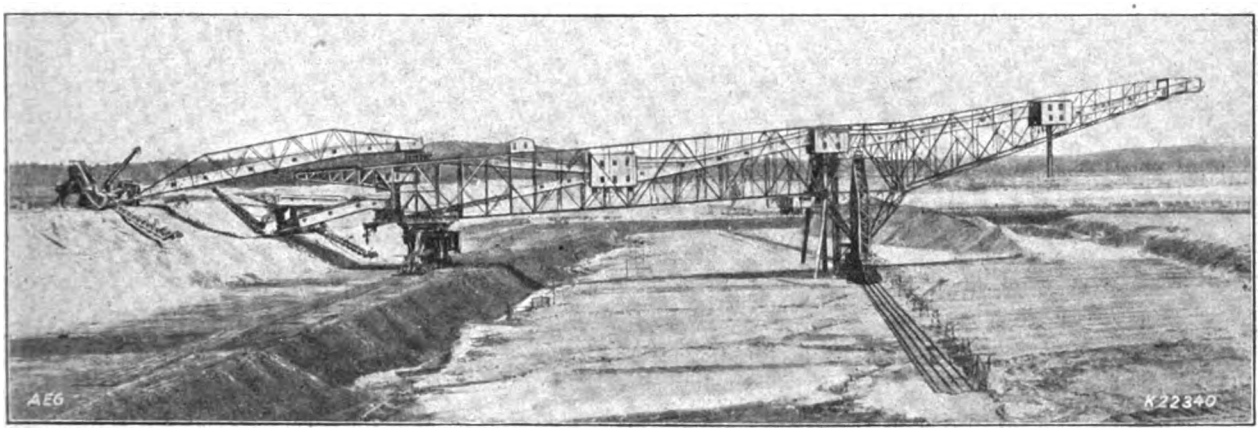
Digitized by Google

Elektrische Ausrüstung einer Abraumförderbrücke für die Friedländergrube.

Mitteilung der AEG.

Von den elf Abraumförderbrücken, die bisher dem Betrieb übergeben wurden bzw. noch im Bau sind, und von denen sechs AEG-Ausrüstung erhielten, ist die Abraumförderbrücke Friedländergrube (s. Abb.) der Braunkohlen- und Brikett-Industrie-A.-G. Mückenberg, die erste Brücke, die bei Einzelantrieb der Fahrwerke ausschließlich mit Drehstrom arbeitet. Mit ihren 81 Motoren von zusammen 3560 kW Anschlußwert einschließlich der Bagger- und Hilfsantriebe ist die Brücke Friedländergrube die größte bisher gebaute Anlage dieser Art. Die Brücke überspannt in einer Stützweite von 150 m den Tagebau und ermöglicht, mit einem größten Förderweg von 405 m eine Förderleistung von 45 000 m³ Abraum in 21 Stunden zu bewältigen. Der Ausleger auf der Haldenseite hat eine Länge von 125 m. Die Gleise, auf denen die Brücke fährt, sind lose verlegt und werden maschinell gerückt. Der Erbauer der Brücke ist die Mitteldeutsche Stahlwerke A.G. Lauchhammer. Die Bagger wurden von der Maschinenfabrik Buckau R. Wolff A.-G., Magdeburg, geliefert.

Die Brücke wird von einer einzigen Schleifleitung mit Drehstrom 5000 V gespeist. In einem Schalthaus auf der Haldenseite, dessen Ausdehnung durch die Grundfläche von 15 × 10 m gekennzeichnet wird, erfolgt die Stromverteilung. Eine Unterverteilung befindet sich noch auf der Baggerseite. Die Bagger-Hauptmotoren und die großen Bandmotoren sind unmittelbar an Drehstrom 5000 V angeschlossen. Die Bandstraße wird insgesamt von 14 Motoren mit einer Gesamtleistung von 2000 PS angetrieben. Eine Verriegelung der einzelnen Antriebe untereinander verhindert eine Materialanhäufung bei Bedienungsfehlern.



Gesamtansicht der Abraumförderbrücke Friedländergrube.

Besondere Anforderungen werden an den Antrieb der Fahrwerke gestellt. Die Brücke soll gegen Abtreiben durch Wind geschützt werden und es muß eine Reglung der Fahrgeschindigkeit unabhängig von Gefälle und Wind, sowie ein sanftes Anfahren und Bremsen der Fahrwerke möglich sein. Diese Aufgabe hat die AEG durch Benutzung von polumschaltbaren Drehstrom-Asynchronmotoren in Verbindung mit Gegenstrom-Fahrbremsschaltung gelöst.

Die Brücke ist mit 20 Fahrmotoren von insgesamt 1250 PS ausgerüstet. Von den 24 Fahrgestellen der Haldenseite sind 12 angetrieben entsprechend einer Antriebsleistung von 750 PS. Auf der Baggerseite sind von 16 Fahrgestellen 8 angetrieben entsprechend einer Antriebsleistung von 500 PS. Die Steuerung der Bagger- und Haldenseite erfolgt von zwei getrennten Führerständen, die in den Stützen untergebracht sind.

Der Schutz gegen das Abtreiben der Brücke durch Wind wird dadurch erreicht, daß die Motoren bei voller Geschwindigkeit und auch bei $^2/_3$ Geschwindigkeit, die als Regelgeschwindigkeit sich im Abraumförderbrückenbetrieb bewährt hat, stets mit kurzgeschlossenen Widerständen arbeiten. Dies wird ermöglicht durch Ausführung der Motoren mit zwei getrennten Ständer- und Läuferwicklungen. Beide Ständerwicklungen sind für verschiedene Polzahlen entsprechend den Motordrehzahlen von 500 und 750 U/min (theor.) ausgerüstet. Die Einschaltung der hochpoligen Wicklung ergibt die Regelgeschwindigkeit von 8 m/min, während die Einschaltung der niedrigpoligen Ständerwicklung die Normalgeschwindigkeit der Brücke von 12 m/min ergibt.

Das sanfte Anfahren der Brücke wird dadurch erreicht, daß z. B. die 12 Motoren der Haldenseite nicht gleichzeitig an Spannung, sondern gruppenweise eingeschaltet werden. Hierdurch wird ein sanfter Anlauf gewährleistet. Das Steuergerät ist so ausgebildet, daß der Führer beim Zurückschalten nach Null stets eine Reihe von Bremsstellungen überschalten muß. Auf diesen Bremsstellungen werden die Motoren im gegenläufigen Sinne unter Vorschaltung von Anlaßwiderständen eingeschaltet und dadurch eine Abbremsung der Brücke vorgenommen. Eine Sonderschaltung verhindert, daß auf diesen Bremsstellungen eine rückläufige Bewegung der Brücke eintritt, und bewirkt, daß bei Stillstand der Brücke, d. h. Abbremsung auf die Geschwindigkeit Null, die Bremslüftmagnete selbsttätig zum Einfallen gebracht werden (DRP). Eine ungewollte Rücklaufbewegung kann also niemals eintreten.

An die Fahrmotoren von Abraumförderbrücken mit Einzelantrieb werden besondere Arbeitsbedingungen gestellt. Diese ergeben sich aus der Eigenart der Abraumförderbrücken. Da die Brücken auf lose verlegten Schienen laufen, so müssen die Ungleichmäßigkeiten der Gleisverlegung ausgeglichen und auch betriebsmäßig Kurven durchfahren werden. Hierbei müssen die Motoren so elastisch gemacht werden, daß eine möglichst weitgehende Lastverteilung zwischen den einzelnen Fahrmotoren eintritt. Diese Lastverteilung wird durch die Anordnung besonderer Dauerschlupfwiderstände erreicht.

Die Größe der Brücke bedingt die Unterbringung einer ganzen Reihe von elektrisch betätigten Hilfsantrieben. So befindet sich auf der Brücke ein Kompressor für Instandsetzungsarbeiten und für die Reinigung der elektrischen Geräte durch Gebläse. Laufkatzen längs der Bandstraßen und Laufwinde ermöglichen den Transport schwerer Einbauteile. Ein Personenaufzug in der Haldenstütze erleichtert den Aufstieg. Ein ausgedehntes Lichtnetz sorgt für die Beleuchtung der Brücke, die für Tag- und Nachtbetrieb bestimmt ist. Für den Fall des Ausbleibens der Netzspannung ist ein Notbeleuchtungs-Aggregat vorgesehen.

Digitized by Google

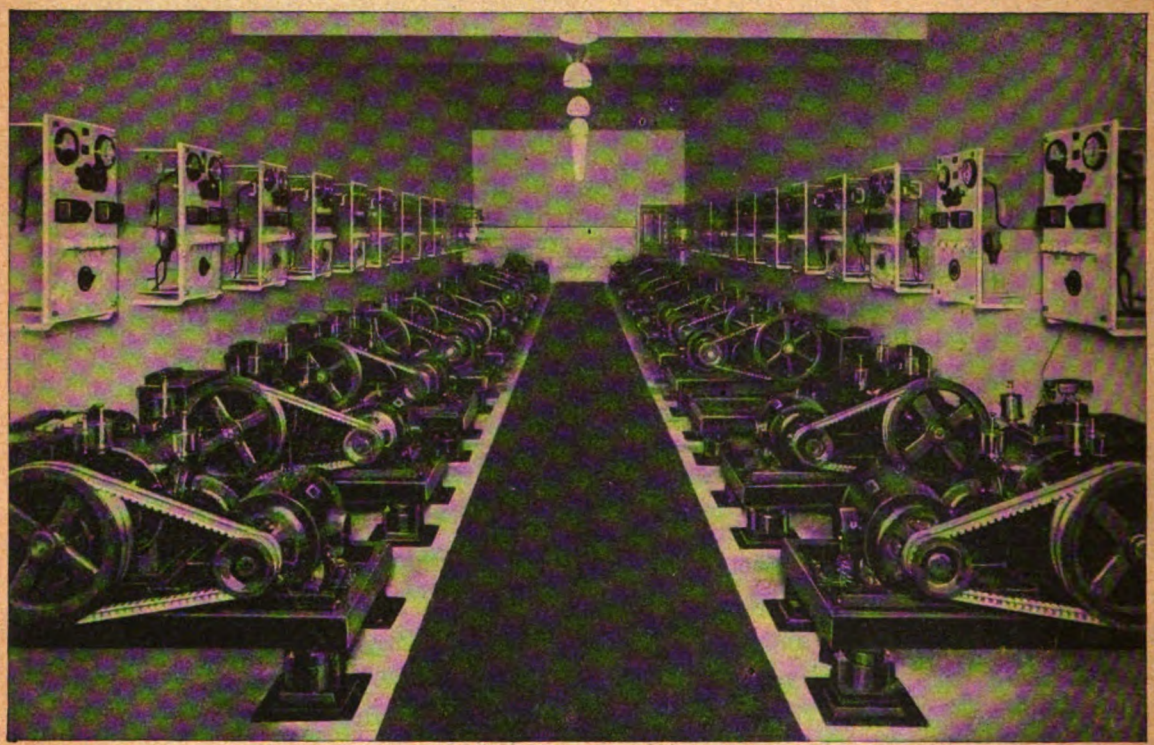
RODERWALD

Hochleistungs-Keilriemen-Antriebe

In- und Auslandspatente

Das geeignetste Antriebselement zwischen Elektromotor und Arbeitsmaschine

Der Roderwald-Hochleistungs-Keilriemenantrieb arbeitet ohne Spannrolle bei kürzestem Achsabstand für alle schnell u. langsam laufenden Maschinen und Transmissionen. Sein sanfter, ruhiger, elastischer Lauf dämpft Stöße und Schwingungen und schont Antriebsmotor und Arbeitsmaschine. Der Roderwald-Gliederkeilriemen besitzt eine unerreicht hohe Durchzugskraft (100 %) bei höchstem Wirkungsgrad ($\eta = 98{,}5\,\%$ nach Versuchen an der Technischen Hochschule zu Dresden).



Teilansicht der Druck- und Saugluft-Anlagen mit Roderwald-Hochleistungs-Antrieben der Rohrpostanlagen der Haupt- und Nebenpostanstalten Prag

Ausgeführt durch Mix & Genest A.-G., Berlin

VORBILDLICH FÜR DIE GANZE WELT!

Roderwald-Hochleistungs-Antrieb ermöglicht höchste Raumausnutzung. So zeigt obige Abbildung einen ausgebauten Raum unter Erde im Hauptpostamt Prag, der durch die Kürze der Achsabstände des Roderwald-Antriebes die Unterbringung der Anlage ermöglichte und einen Neubau von vielen tausend Dollar ersparte. Die Postnebenanstalten und Banken in Prag nützten die Vorteile ebenso aus und konnten, ohne kostspielige Neubauten zu schaffen, die Rohrpostanlage in kleine vorhandene Räume unterbringen. Höchster Wirkungsgrad, größte Uebersetzungsverhältnisse, größte Einfachheit.

Hauptkatalog kostenlos auf Wunsch
Beratung auf Anfragen

Direkt zu beziehen ab Werk Berlin-Steglitz
und durch einschlägige Geschäfte

Roderwald A. G., Berlin-Steglitz

Digitized by Google

OCT 11 1930

E T Z

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

INHALT

7. Volltagung der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) in Skandinavien vom 27. Juni bis 9. Juli 1930. 1349

Erfahrungen mit elektr. Wechselstrom-Lokomotiven u. -Triebwagen d. Deutschen Reichsbahn. Von W. Reichel. 1355

Über die Einwirkung des Doppelerdschlußstromes auf benachbarte Fernmeldeleitungen. Von H. Geise u. W. Plathner. 1360

Zur Kennzeichnung von Beleuchtungsanlagen. Von A. J. Heinrich. 1362

Über die Energieumwandlung Wärme—Elektrizität. Von O. Gunolt. 1363

Über die Betriebsicherheit der Großfernversorgung. Von M. Neustätter. 1366

Wertsteigerung und Literaturausnutzung. Von Voß. 1367

Rundschau

Transformat. mit Anzapfschalter f. Einstellung d. Phasenverschieb. 1369 — Versuche mit d. Siemens-Westinghouse-Impedanzschutz im Thüringenwerk. 1369 — Ein neues Hochstrom-Amperemeter. 1370 — Selbsttät. Frequenzregelung. 1370 — Ein großer Nitrierhärteofen. 1370 — El. Zugförderung mit 3 Gleichstromspannungen. 1371 — Hauptbahnelektris. in Mexiko. 1371 — Die Erzeugung von legiertem Stahlguß im el. Ofen in Amerika. 1373 — Primäre Elektronenstromverteil. in Dreielektrodenröhren b. positiven Potentialen beider kalter Elektroden gegen die Kathode. 1373 — Eisenverluste v. Frequenztransformat. 1373 — Zur Frage d. Ausfahrvorsignale d. Österr. Bundesbahnen. 1373 — Das Fernkabel Prag—Wien. 1374 — Durchschlagfestigkeit einiger fester Isolierstoffe b. Beanspruch. von langer bis zu ganz kurzer Dauer. 1374 — Üb. d. Stirnform u. d. Absenkung d. Stirnsteilheit durch Kondensat. b. durch Funken in Luft ausgelösten Wanderwellen. 1374 — Eine neue Schnellflechteinrichtung. 1374 — Die techn. Entwicklung d. Motoren u. ihre Steuerung. f. aussetz. Betrieb. 1375 — Jahresversamml., Kongresse, Ausstell. 1375 — Energiewirtschaft. 1375

Vereinsnachrichten. 1377

Sitzungskalender. 1377

Persönliches: K. Zickler. 1377

Briefe a. d. Schriftl.: J. Hak/K. Faye-Hansen. 1377

Literatur: W. Petersen, J. Waltjen, A. E. Thiemann, W. Coermann. 1378

Geschäftliche Mitteilungen. 1380

Bezugsquellenverzeichnis. 1380

Berichtigung. 1380

TRAGBARE MONTAGE-INSTRUMENTE

FORM M

Für Betrieb und Montage

Gehäuse aus hochwertigem Isolierstoff

Geringes Gewicht

Hohe Meßgenauigkeit

Beliebig zusammengestellte Meßsätze in gemeinsamen Lederkoffern

AEG

39. HEFT · 51. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W9

(1349-1380) 25. SEPTEMBER 1930

Digitized by Google

Neuer
Verzinkungsanlagen
Verzinnungsanlagen
Verbleiungsanlagen

nach dem Schleuderverfahren
Patent **Miele**

50% Materialersparnis gegenüber dem früheren Tauchverfahren.

Besonders geeignet für kleinere Gegenstände wie: Klein-Eisenwaren, Schrauben, Muttern, Nägel, Stanzteile, Installationsmaterial, Drahtwaren, Schiffsartikel, Fittings u.s.w.

Mielewerke A.G.
Gütersloh/Westfalen

Weston

Dynamometrische Meßgeräte

Mod. 329
Doppelwattmeter für Drehstrom

Strom-, Spannungs- und Leistungsmesser
höchster Genauigkeit
für Prüffeld, Laboratorium und Zählereichraum

Kurzfristig lieferbar!

Generalvertrieb:
Dipl.-Ing. D. Bercovitz & Sohn
BERLIN-SCHÖNEBERG
db

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

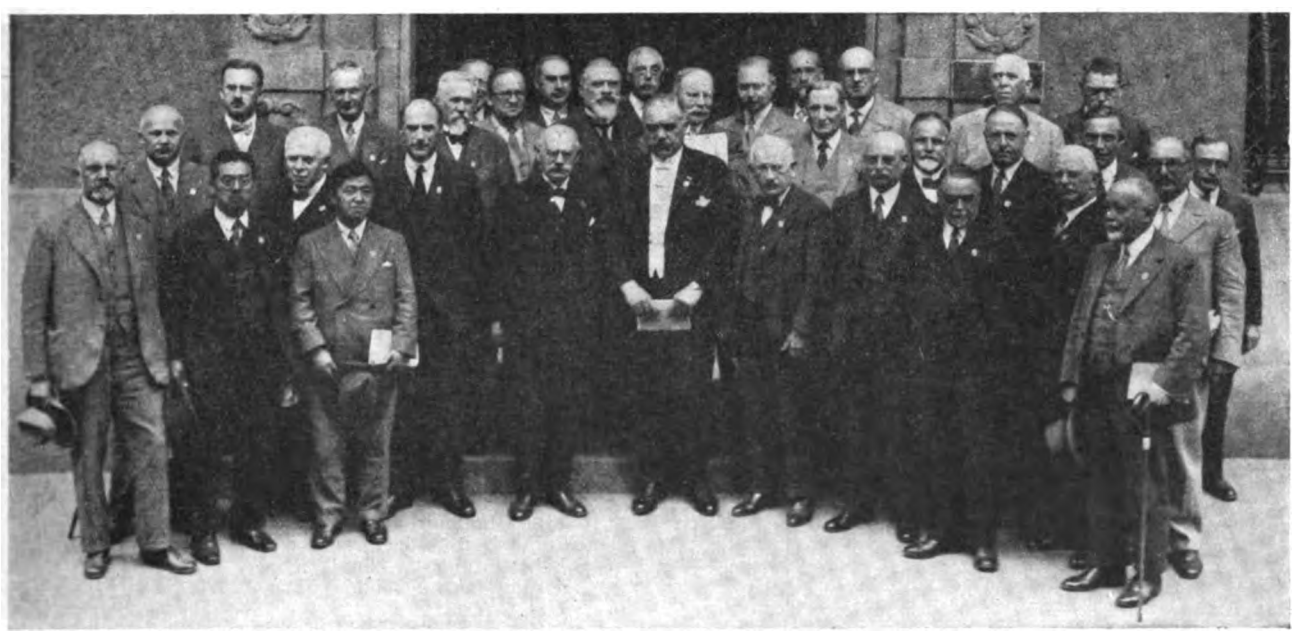
Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

51. Jahrgang **Berlin, 25. September 1930** **Heft 39**

7. Volltagung der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) in Skandinavien vom 27. Juni bis 9. Juli 1930.

An der diesjährigen Tagung der IEC[1] waren seitens des Deutschen Kommittees (DK) der IEC die folgenden Herren beteiligt:

Präsident a. D. Geh. Rat Prof. Dr. Strecker als Vorsitzer des Deutschen Kommittees,
Direktor Dr. Fleischmann, Berlin,
Baurat Prof. Rachel, Dresden,
Geh. Rat Prof. Dr. Josse, Berlin,
Generaldirektor Dr. Krone, Dortmund,
Obering. Lock, Berlin,
Direktor Dr. Möllinger, Nürnberg,
Obering. Rabinowitsch, Berlin,
Reg.-Rat Dr. Schmidt, Berlin,
Direktor Dr. Rich. Stern, Hamburg.



1 Kallir, Österreich
2 Drewnowski, Polen
3 Podoski, Polen
4 Kato, Japan
5 Lombardi, Italien
6 van der Bilt, Holland
7 Inada, Japan
8 Edgcumbe, England
9 Brylinski, Frankreich
10 Strecker, Deutschland
11 Busila, Rumänien
12 Budeanu, Rumänien
13 Feldmann, Holland
14 Boucherot, Frankreich
15 Meares, Indien
16 Enström, Schweden
17 Kenelly, U.S.A.
18 Rüdenberg, Deutschland
19 Mailloux, U.S.A.
20 Duval, Frankreich
21 Norberg, Schweden
22 Uytborck, Belgien
23 Everest, England
24 Huber-Stockar, Schweiz
25 Châtelain, Rußland
26 Bruun, Norwegen
27 Wilmshurst, England
28 Sharp, U.S.A.
29 Jacobsen, Norwegen
30 Aubeck, Dänemark
31 Pedersen, Dänemark
32 List, Tschechoslowakei
33 Le Maistre (Secretary), England

Mitglieder des Council der IEC gelegentlich der IEC-Tagung in Skandinavien.

Prof. Dr. Kloß als stellvertretender Vorsitzer,
Generalsekretär P. Schirp als Schriftführer,
Dr. Estorff, Berlin,
Prof. Dr. Rüdenberg, Berlin,
Direktor Dr. Gg. Stern, Berlin,

ferner als Sondersachverständige und Interessenten für bestimmte Fragen die Herren:

Direktor Dr. Apt, Berlin,
Prof. Dr. Brüderlink, Mannheim,
Obering. Dr. Evers, Berlin,
Oberpostrat Dr. Heidekker, Berlin,
Obering. A. Maier, Berlin,
Prof. Dr. Nägel, Dresden,
Direktor Neustätter, Berlin,
Direktor Pohl, Berlin,
Geh. Rat Prof. Dr. Soldan, Berlin,
Dr. Thomas, Lausitz,
Direktor Dr. Weicker, Hermsdorf/Sa.,
Obering. Wunder, Berlin.

Vertreten waren 22 Nationen durch insgesamt 300 Vertreter.

Die offizielle Eröffnungsitzung fand am 27. Juni 1930 im Festsaal des Rathauses zu Kopenhagen statt. Ein Sonderzug brachte die Teilnehmer am 28. Juni 1930 nach Schwe-

[1] Vgl. Vorankündigung ETZ 1930, S. 619 u. 879.

Digitized by Google

den zu den sehenswerten Wasserkraftstationen Trollhättan und Lilla Edet.

Am 29. Juni 1930 erfolgte von dort die Weiterfahrt nach Stockholm, wo am nächsten Tage die technischen Sitzungen im schwedischen Reichstagsgebäude begannen. Es tagten die folgenden Fachgruppen:

Reihe	Fachgruppe	Vorsitzender	Schriftführung nationales Kommittee	deutscher Sachbearbeiter
1	Benennungen (Nomenclature)	Mailloux U. S. A.	U. S. A.	Strecker
2	Elektr. Maschinen (Rating of Electrical Machinery)	Feldmann Holland	England	Kloß
3	Schaltbilder (Symbols)	Drewnowski Polen	Schweiz	Heidecker
5	Dampfturbinen (Steam-Turbines)	Josse Deutschland	U. S. A.	Josse
6	Lampensockel und Fassungen (Lamp Caps and Holders)	C. C. Patterson, England	Geschäftsstelle d. IEC	Hermanni
7	Aluminium	Apt Deutschland	Geschäftsstelle d. IEC	Apt
8	Normalspannungen u. Hochspannungsprüfbestimmungen (Voltages, High Voltage Insulators)	E. Uytborck Belgien	Italien	Rüdenberg
9	Bahnmotoren (Electric Traction Equipment)	Marco Semenza, Ital.	Frankreich	Fleischmann
10	Isolieröle (Insulating Oils)	K. Ericson Schweden	Geschäftsstelle d. IEC	Stern
11	Freileitungen (Overhead Lines)	C. Duval Frankreich	Belgien	Rachel
12	Radio (Radio Communications)	C. C. Patterson, England	Holland	Lock
13	Meßinstrumente (Measuring Instruments)	K. Edgcumbe England	Deutschland	Schmidt
14	Kennzeichnung der Rohwasserkräfte (Rating of Rivers)	O. Heggstad Norwegen	U. S. A.	Soldan
15	Isoliermaterial (Shellac)		England	Estorff
16	Klemmenbezeichnungen (Terminal Markings)	Strecker Deutschland	Holland	Brüderlink
17	Ölschalter (Oil Switches)	V. List Tschechosl.	Schweden	Stern
19	Verbrennungsmot. (Internal Combustion Engines)	P. Stiffel Frankreich	U. S. A.	Nägel

Die Ergebnisse der Verhandlungen in den einzelnen Arbeitsausschüssen wurden in der in Oslo am 9. Juli 1930 stattgefundenen Schlußsitzung bekanntgegeben und Beschlüsse dazu gefaßt.

Im nachstehenden wird eine Übersicht über die wesentlichsten dieser Beschlüsse gegeben, wobei vorbehalten bleibt, daß auf einige Fragen später noch ausführlich zurückgekommen wird.

Advisory Committee Nr. 1.

Benennungen (Nomenclature).

Vorsitz: Dr. Mailloux, USA.

I. Größen und Einheiten.

Das Unterkommittee für magnetische Größen und Einheiten, dem bisher 7 Länder angehörten, wurde durch Aufnahme von weiteren 4 Ländern verstärkt und erhielt die Bezeichnung Unterkommittee für elektrische und magnetische Größen und Einheiten.

A. Magnetische Größen und Einheiten.

a) Die magnetischen Einheiten im CGS-System wurden folgendermaßen festgelegt:

Magnetischer Fluß (Φ): Maxwell,
Magnetische Induktion (B): Gauß,
Magnetische Feldstärke (H): Oersted,
Magnetomotorische Kraft (F): Gilbert.

Zur Bezeichnung der praktischen Einheiten dienen dieselben Namen mit dem Vorsatz Pra, demnach Pramaxwell, Pragauß, Praörsted (Prörsted), Pragilbert; von diesen Namen wurde zunächst nur Pramaxwell angenommen.

[Im Französischen und Englischen werden die angeführten 8 Einheitsnamen mit kleinen Anfangsbuchstaben geschrieben, deutsch mit großen Anfangsbuchstaben.][2]

b) Folgende Definitionen für die magnetischen Größen wurden aufgestellt (noch nicht endgültig):

1. Magnetische Feldstärke: $H = 4\pi w\, I/l$ und $H = F/m$, worin bedeuten: H die magnetische Feldstärke, w die Windungszahl, l die Länge einer Spule, F die mechanische Kraft, die von dem magnetischen Feld auf eine magnetische Menge m ausgeübt wird.
2. Die magnetische Induktion B ist ein Vektor, der nach Größe und Richtung den Stand der gesamten Polarisation darstellt, die von dem magnetischen Feld herrührt.
3. Die Permeabilität μ in einem Punkt ist das Verhältnis der Induktion B zu dem magnetischen Feld H in diesem Punkt: $\mu = B/H$.
4. Die Formel $B = \mu_0 H$ stellt die physikalischen Beziehungen zwischen den magnetischen Größen im Vakuum dar; μ_0 ist eine Größe von physikalischen Dimensionen.

   Für magnetische Stoffe wird diese Formel $B = \mu H$, worin μ dieselben Dimensionen wie μ_0 hat.

   Die relative Permeabilität eines magnetischen Stoffes ist demnach eine dimensionslose Zahl, deren Wert durch μ/μ_0 angegeben wird.
5. Die magnetomotorische Kraft F ist das Linienintegral des magnetischen Feldes H: $F = \int H\, \mathrm{d}\, l$.
6. Der magnetische Fluß Φ durch eine Fläche S ist das Integral der Induktion B durch diese Fläche: $\Phi = \int B\, \mathrm{d}\, S$.

B. Elektrische Größen.

a) Blindgrößen. Die Einheit der Blindleistung wird var [Var] genannt [gebildet aus den Anfangsbuchstaben von Volt, Ampere, reaktiv]. Ähnlich kvarh [kVarh], gesprochen Kilovarheure [Kilovarstunde]. Der Name puissance réactive [Blindleistung] wird zunächst beibehalten.

b) Leistungsfaktor. Er wird für sinusförmigen Strom dargestellt durch $P/\sqrt{P^2 + P_r^2}$ [deutsch $N/\sqrt{N^2 + N_r^2}$], worin P [N] die ganze Nutzleistung, P_r [N_r] die ganze Blindleistung, algebraisch addiert, bedeuten.

c) Das Unterkommittee stellt sich für die nächste Tagung die Aufgabe, Vorschläge vorzubereiten für die Benennung der vorläufig „puissance réactive" genannten Größe P_r wie auch der Größe $\int P_r\, \mathrm{d}\, t$; ferner Begriffsbestimmungen und Namen vorzuschlagen für die unwirksamen (non actives) Größen bei nichtsinusförmigem Strom; schließlich den Leistungsfaktor für nichtsinusförmigen Strom allgemein zu bestimmen.

d) Für nichtsinusförmigen Strom gilt:
Scheinleistung VI [deutsch UI],
Leistungsfaktor bei einphasigem Strom P/VI [deutsch N/UI].

C. Allgemeines.

a) Durch die Verwendung desselben Namens für wesensverschiedene physikalische Größen ist Verwirrung entstanden; es wird auf Gramm als Einheit der Masse und der Kraft hingewiesen. Das Unterkommittee wird diese Angelegenheit prüfen.

b) Einheit der Frequenz. Der deutsche Vorschlag, die Einheit der Frequenz Hertz zu benennen, fand nicht die nötige Unterstützung[3]. Die Begründung war, daß die bisherige Bezeichnung p/s (Perioden je Sekunde) genüge und eine Änderung unnötig sei. Der Antrag von Deutschland wurde an das Unterkommittee zu weiterer Behandlung zurückverwiesen.

II. Das elektrotechnische Wörterbuch.

Vgl. Bericht über die Tagung in Bellagio, ETZ 1928, S. 161.

Der Vorsitzer des Kommittees und des Unterkommittees, Herr Dr. Mailloux, hatte einen starken Band vorgelegt, in dem die bisherigen Arbeiten zusammengefaßt werden. Er besteht aus einem allgemeinen Teil, der die bisher ausgearbeiteten 15 Gruppen (a. a. O. S. 161: Gruppe 6 ist mit 5 vereinigt worden) wiedergibt. Bisher

[2] Die in eckige Klammern gesetzten Bemerkungen gehören nicht zum Bericht über die Sitzung, sind vielmehr nur Hinweise für Deutschland.

[3] Hierzu ist zu bemerken, daß nach der Ablehnung des Antrages an Deutschland die Aufforderung gerichtet wurde, den Namen Hertz für eine andere geeignete Größe vorzuschlagen.

Digitized by Google

sind nur die Gruppen 1 (Grundlegende und allgemeine Begriffsbestimmungen und 11 (Fernmeldetechnik mittels Leitungen) von dem Unterkommittee geprüft und gutgeheißen worden. In Bellagio hatte das Unterkommittee schon 7 Sitzungen abgehalten, denen seitdem mehrere Tagungen je von einer Woche mit täglich zwei Sitzungen in Paris gefolgt sind. Es sind inzwischen weitere 5 Gruppen im Unterkommittee durchberaten worden; es fehlt aber noch die endgültige Annahme. Ferner sind noch 4 Gruppen im Entwurf (z. T. noch nicht vollständig) vorgelegt worden, von denen eine in Stockholm durchberaten wurde, und es stehen noch 4 Entwürfe aus. In Stockholm ist die Gruppe 5 geprüft worden. Die nächste Tagung des Unterkommittees soll im Januar 1931 in Paris stattfinden.

Die höchst mühsame und zeitraubende Arbeit schreitet demnach voran, besonders dank der unermüdlichen Energie des Herrn Dr. Mailloux. Berichter: Strecker.

Advisory Committee Nr. 2.

Bewertung elektrischer Maschinen (Rating of Electrical Machinery.)

Vorsitz: Prof. Dr. Feldmann, Holland.

1. Niederschrift der Londoner Tagung (Juli 1929), RM 73. Die Niederschrift wurde mit einigen kleinen Änderungen genehmigt.

2. Erwärmung von Maschinen und Transformatoren. Diese Frage, die für die Herausgabe der IEC-Regeln von entscheidender Wichtigkeit ist, nahm auch in den Stockholmer Beratungen den größten Teil der Zeit in Anspruch. Zu ihrer Vorbereitung hatte auf Grund eines Beschlusses der Londoner Tagung bereits in Berlin ein Unterausschuß drei Tage beraten. Er bestand aus den Herren Everest (England), Kloß (Deutschland), Robinson (U.S.A.) und Roth (Frankreich) unter dem Vorsitz des Präsidenten Prof. Dr. Feldmann. Die hauptsächlichste Veranlassung zur Einsetzung des Unterausschusses war der Einspruch der Amerikaner gegen die aus den Londoner Beratungen hervorgegangenen Erwärmungstabellen für Maschinen und Transformatoren gewesen. Außerdem sollte sich der Unterausschuß mit der Frage der Bewertung von Maschinen für tropisches Klima und schließlich für solche Fälle beschäftigen, in denen die Umgebungstemperatur sicher unter der normalen IEC-Bezugstemperatur von 40 ° C bleibt.

a) Erwärmungstabellen für Maschinen und Transformatoren. Die Amerikaner hatten vorgeschlagen, die Erwärmung der „kleinen" Maschinen, gemessen mit der Widerstandsmethode, um 5 ° C zu erhöhen, dagegen die Erwärmung der „großen" Maschinen bei Thermometermessung um 5 ° C zu erniedrigen. Hierdurch würde der Unterschied zwischen „großen" und „kleinen" Maschinen hinfällig werden, so daß sich die ganze Tabelle wesentlich vereinfachen würde. Mit dem ersten Vorschlage (Erhöhung der Erwärmung der kleinen Maschinen bei der Widerstandsmethode) hatte sich der Unterausschuß einverstanden erklärt, nachdem der Vertreter Frankreichs den bisher aufrechterhaltenen Widerspruch trotz schwerer Bedenken im Interesse internationaler Verständigung schließlich zurückgezogen hatte. In der zweiten Frage (Herabsetzung der mit Thermometer ermittelten Erwärmung der „großen" Maschinen) wurde vor allem von England Einspruch erhoben mit dem Hinweis, daß die englischen Regeln gerade erst vor etwa 2 Jahren in Anpassung an die IEC-Vorschläge geändert worden wären und daß man daher der englischen Industrie nicht schon wieder eine Änderung zumuten könne. Schließlich gab aber der Vertreter Englands wenigstens im Falle der Ankerwicklungen mit Kommutator nach. Bei Wechselstrom-Ständerwicklungen konnte jedoch der Unterausschuß sich nicht im Sinne der amerikanischen Vorschläge einigen, so daß also hier der Unterschied zwischen „großen" und „kleinen" Maschinen nicht beseitigt war. Von deutscher Seite wurde in dieser Hinsicht geltend gemacht, daß die seinerzeit in Bellagio angenommene Grenze zwischen den sogenannten „kleinen" und „großen" Maschinen für die Praxis tatsächlich viel zu hoch liege. Die Grenze war gezogen bei einer spezifischen Leistung von 2,5 kW (oder kVA) je minutliche Umdrehung. Dies

Tabelle 1. Grenzerwärmungen für Maschinen.

Reihe	Wicklung bzw. Maschinenteil	Isolation Klasse A				Klasse B			
		Thermometermethode	Widerstandsmethode	eingebaute Temperaturanzeiger: Zweischichtwicklung zwischen Spulen	eingebaute Temperaturanzeiger: Einstabwicklung am Nutengrund	Thermometermethode	Widerstandsmethode	eingebaute Temperaturanzeiger: Zweischichtwicklung zwischen Spulen	eingebaute Temperaturanzeiger: Einstabwicklung am Nutengrund
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	a) Wechselstromwicklungen von Turbogeneratoren mit Leistungen von 5000 kVA oder mehr b) Wechselstromwicklungen von Einzelpolmasch. und Asynchronmaschinen mit Leistungen von 5000 kVA oder mehr oder mit einer Ankerlänge von 1 m oder mehr	—	—	60°	50° * †	—	—	80°	65° * †
	Bemerkung: Es steht den Ländern frei, die Methode der eingebauten Temperaturanzeiger auch bei Maschinen kleinerer Leistung anzuwenden. In solchen Fällen gelten die in dieser Zeile angegebenen Grenzerwärmungen.								
2	Wechselstromwicklungen von Turbomaschinen kleiner als in Reihe 1 a)	50° *	—	—	—	65° *	—	—	—
3	Wechselstromwicklungen von Maschinen kleiner als in Reihe 1 b) und andere als in Reihe 2	50° *	60°	—	—	65° *	80°	—	—
4	Feldwicklungen von Turbomaschinen mit Gleichstromerregung	—	—	—	—	—	90°	—	—
5	Feldwicklungen von Wechselstrom- und Gleichstrommaschinen mit Gleichstromerregung, mit Ausnahme von Reihe 4 und 6	50°	60°	—	—	65°	80°	—	—
6	Ein- und mehrlagige Feldwicklungen mit geringem Widerstand und Kompensationswicklungen	60°	60°	—	—	80°	80°	—	—
7	Ankerwicklungen mit Kommutator	50°	60°	—	—	65°	80°	—	—
8	dauernd kurzgeschlossene isolierte Wicklungen	60° *	—	—	—	80°	—	—	—
9	kurzgeschlossene, nicht isolierte Wicklungen	Nur beschränkt durch den Einfluß auf benachbarte Isolierteile							
10	Eisenkerne und andere Teile ohne eingebettete Wicklungen								
11	Eisenkerne und andere Teile mit eingebetteten Wicklungen	Wie die Wicklungen (nach Thermometermethode) Spalte 1, 4, 5, 8. Die Korrektion nach Ziffer 210 findet hierbei keine Anwendung.							
12	Kommutatoren und Schleifringe, offen oder gekapselt	50° (siehe Ziffer 1)							

* Korrektur für Hochspannungswicklungen über 11 000 V siehe Ziffer 210.
† Auf Wunsch des Herstellers kann bei Maschinen mit Einschichtwicklungen das Thermometer innerhalb der Nutenisolation angebracht werden. Als Erwärmungsgrenze gilt dann 65° für Klasse A, Spalte 4 und 85° für Klasse B, Spalte 8.

Zu Reihe 12 wird aus den früheren Regeln folgende Zusatzbestimmung übernommen:

„Die Erwärmung von Kommutatoren und Schleifringen darf den in Reihe 12 der Tabelle 1 angegebenen Wert überschreiten unter folgenden drei Bedingungen:

a) Die Temperatur des Isolierstoffes im Kommutator und benachbarten Wicklungsteilen darf die für den Isolierstoff in der Tabelle vorgesehenen Werte nicht überschreiten.

b) Der Hersteller soll ausdrücklich gewährleisten, daß die Kommutierung durch die höhere Temperatur nicht beeinträchtigt wird.

c) Die Temperatur darf nicht so hoch werden, daß sie die Lötstellen und Verbindungen beeinträchtigt."

Ziffer 210 der Regeln bestimmt, daß in den mit * bezeichneten Fällen für Maschinen mit mehr als 11 000 V die Grenzwerte um je 1,5 ° herabgesetzt werden für je 1000 V über 11 000.

Digitized by Google

ergab also z. B. bei 1000 U/min eine Leistungsgrenze von 2500 kVA oder bei 500 U/min immer noch 1250 kVA. Sachlich sollte nach deutscher Auffassung die Grenze (wenn überhaupt ein Unterschied gemacht werden sollte) dort liegen, wo die normale Fertigung auf Lager aufhört und die Einzelanfertigung einer Maschine in Betracht kommt. Der Unterausschuß war diesem Gesichtspunkt insoweit entgegengekommen, als er den Vorschlag machte, die Leistungsgrenze auf ein Fünftel des bisherigen Wertes, also auf 0,5 kVA je U/min herabzusetzen.

Hinsichtlich der Erwärmung der Kommutatoren und Schleifringe hatte der Unterausschuß den amerikanischen Vorschlag, bei Isolation Klasse B bis auf 80° zu gehen, abgelehnt und, um in dieser Frage größere Freiheit zu geben, den Vorschlag gemacht, als Normalwert den früheren Wert von 50° (gegenüber 60° nach Beschluß von Bellagio) wiederherzustellen, dazu aber auch die früher in den Regeln enthaltene Bestimmung wieder einzufügen, wonach unter besonders vorgesehenen Bedingungen eine höhere Erwärmung zugelassen werden kann.

Für Transformatoren hatte der amerikanische Vertreter Herabsetzung der Erwärmung auf 55° C beantragt. Die übrigen Mitglieder des Unterausschusses wollten die in Bellagio als Kompromiß beschlossenen Werte beibehalten, hatten aber schließlich als Entgegenkommen gegen die amerikanischen Wünsche sich bereit erklärt, dem Advisory Committee vorzuschlagen, die Erwärmung der wassergekühlten Öltransformatoren um 5° C herabzusetzen, also dem Wert für luftgekühlte Öltransformatoren gleichzusetzen.

Der Unterausschuß konnte hiernach seine Vorschläge nicht als Ergebnis völliger Übereinstimmung zwischen seinen Mitgliedern dem Hauptausschuß vorlegen. Die Beratungen im Hauptausschuß Nr. 2 über diese Frage nahm infolgedessen mehrere Tage in Anspruch.

Schließlich gelang es aber doch, zu einer Verständigung zu kommen auf folgender Grundlage:

Die Erwärmung bei Thermometermessung für Wechselstrom-Ständerwicklungen und für Feldwicklungen von Einzelpol-Synchronmaschinen und von Gleichstrommaschinen wurden sowohl für Isolation Klasse A als auch für Klasse B um 5° C herabgesetzt, ebenso für große Turbogeneratoren mit Einstabwicklung bei Messung mit eingebauten Temperaturanzeigern. Zugleich wurde auf deutschen Vorschlag hin die Spannungsgrenze, von der an bei Thermometermessung eine Verminderung der Grenzerwärmung um je 1,5° C für je 1000 V einzutreten hat, von 7000 V auf 11 000 V erhöht. (Das bedeutet, daß von 11 000 V ab sich etwa dieselben Erwärmungsgrenzen ergeben wie bisher.)

Für die Grenzerwärmung von Kommutatoren und Schleifringen wurde der oben erwähnte Vorschlag des Unterausschusses angenommen.

Durch die Änderungen in den Erwärmungen für Wicklungen wurde der bisherige Unterschied zwischen den sogenannten „kleinen" und „großen" Maschinen beseitigt, so daß sich der Vorschlag des Unterausschusses, die Grenzleistung für diesen Unterschied herabzusetzen, von selbst erledigte. Die Erwärmungstabelle wird hierdurch wesentlich vereinfacht und erhält nunmehr die Form der Tabelle 1, S. 1351.

Die Zustimmung der englischen Vertreter zu diesen Änderungen erfolgte trotz der schweren schon im Unterausschuß vorgebrachten und bei den Hauptverhandlungen wiederholten Bedenken schließlich doch aus dem Bestreben heraus, den Weg für eine allgemeine internationale Vereinbarung freizumachen.

Dieses Entgegenkommen veranlaßte dann auch die amerikanischen Vertreter, ihrerseits von einem Widerspruch gegen die vom Unterausschuß vorgeschlagene Tabelle der Grenzerwärmung für Transformatoren abzusehen. Die hiernach vom Advisory Committee angenommenen Werte sind in Tabelle 2 zusammengestellt.

Tabelle 2. Grenzerwärmungen für Transformatoren.

Wicklung	Klasse A	Klasse B
in Luft	55°	75°
unter Öl (bei Selbstkühlung u. Wasserkühlung)	60°	60°
Öl (für alle Transformatoren)	50°	

Es wurde dann einstimmig beschlossen, daß diese so abgeänderten Tabellen der Vollversammlung zur Annahme und sofortigen Veröffentlichung in der dritten Ausgabe der Publikation 34 (IEC-Regeln für Maschinen und Transformatoren) vorgeschlagen werden sollten. Das ist dann auch geschehen und die Vollversammlung hat dementsprechend beschlossen.

Hierbei ist jedoch sowohl im Advisory Committee als auch in der Vollversammlung von den Amerikanern ausdrücklich zu Protokoll gegeben worden, daß sie ihre Zustimmung nicht im Namen des Amerikanischen Kommittees gegeben haben, daß sie aber alles versuchen werden, um ihr Kommittee zur Bestätigung der Stockholmer Beschlüsse zu veranlassen. Demgegenüber wurde von den anderen Vertretern, vor allem Frankreich und England, mehrfach betont, daß die im Laufe der Verhandlungen gemachten Zugeständnisse zur Erzielung einer internationalen Vereinbarung nur unter der ausdrücklichen Voraussetzung gemacht worden seien, daß diese Übereinkunft nachträglich auch von allen nationalen Kommittees tatsächlich anerkannt werden würde. Auf deutschen Antrag wurde eine solche Erklärung auch ausdrücklich in die Niederschrift der Vollversammlung aufgenommen.

Wenn die nationalen Kommittees diese Stockholmer Beschlüsse, wie zu erhoffen ist, tatsächlich anerkennen, so bedeutet das einen Fortschritt in den Arbeiten der IEC, dessen Wert gar nicht hoch genug zu schätzen ist, denn er würde eine Einigung in einer Frage bedeuten über die mehr als zehn Jahre verhandelt worden ist.

Als Unterlage für spätere Verhandlungen wurde von deutscher Seite die Vorlage je eines Berichtes über folgende zwei Punkte in Aussicht gestellt:

Ergebnisse von Vergleichsmessungen mit Thermometer- und Widerstandsmethode.

Nachweis der Zweckmäßigkeit einer höheren Grenzerwärmung für einlagige Feldwicklungen von Einzelpolmaschinen zur Erhöhung der mechanischen Sicherheit gegen die Fliehkraftwirkung.

Im Anschluß an die Änderung der Erwärmungstabellen wurden noch folgende Beschlüsse gefaßt:

Zu Item 1 der Tabelle 1 (Ständerwicklungen von Wechselstrommaschinen) wurde die in der Tabelle angegebene Note zugefügt, die die Verwendung von eingebauten Temperaturzeigern auch bei Maschinen unter 5000 kVA freistellt.

In Ziffer 213 des Entwurfs der IEC-Regeln wurde der letzte Satz gestrichen („wenn sowohl Thermometer- wie Widerstandsmethode verlangt werden, so soll keiner der beiden Grenzwerte überschritten werden").

b) Bewertung für tropisches Klima. Im Laufe der längeren Erörterung wurden folgende drei Vorschläge gemacht:

(1) Die Grenzerwärmung soll um je 10° erniedrigt werden für je 10° Erhöhung der Umgebungstemperatur über die normale IEC-Bezugstemperatur von 40°.

(2) Die Grenzerwärmung soll um je 15° erniedrigt werden für je 10° Erhöhung der Umgebungstemperatur.

(3) Die Grenzerwärmung soll um einen bestimmten Betrag erniedrigt werden ohne Bezugnahme auf die Umgebungstemperatur.

Da es in der Praxis kaum möglich ist, daß der Käufer jeweils die für die bestellte Maschine in Betracht kommende Umgebungstemperatur genau genug angeben kann, und da es auch erwünscht ist, Maschinen für tropisches Klima auf Lager herzustellen, so erschien der dritte Vorschlag als der zweckmäßigste. Ein Vorschlag, verschiedene Abzüge für Thermometer- und für Widerstandsmethode vorzusehen, wurde als zu kompliziert abgelehnt. Das Ergebnis der Erörterung war die einstimmige Annahme der nachstehenden Bestimmung:

„Für Maschinen und Transformatoren, die in Gegenden verwendet werden sollen, wo die höchste Umgebungstemperatur die normale IEC-Bezugstemperatur (von 40°) übersteigt, sollen die in den Tabellen angegebenen Grenzerwärmungen um folgende Beträge vermindert werden:

Maschinen, Isolation Klasse A und B . Abzug: 10°
Transformatorwicklungen, luftgekühlt, Isolation Klasse A und B . . . . . Abzug: 10°
Transformatorwicklungen unter Öl . . Abzug: 15°
Öl in Transformatoren . . . . . Abzug: 10°."

c) Bewertung für Umgebungstemperaturen, die unter 40° bleiben. Von deutscher Seite wurde im Einverständnis mit den Vertretern Österreichs und der Schweiz festgestellt, daß nach Annahme der geänderten Erwärmungstabelle mit den für die sogenannten „kleinen" Maschinen erhöhten Erwärmungen für die Widerstandsmethode keine Veranlassung mehr vorliege, auf die früheren Anträge zur Herabsetzung der Umgebungs-Bezugstemperatur zurückzukommen. Ebenso erübrige es sich, besondere Bewertungen vorzusehen für die Fälle, daß die Umgebungstemperatur stets unter 40°

Digitized by Google

bleibe. Besondere Bedürfnisse in dieser Hinsicht könnten im Rahmen der Ziffer 204 der IEC-Regeln (Entwurf 2 [Sekretariat] 212) berücksichtigt werden.

Diese Auffassung wurde einstimmig gebilligt.

3. Kippmoment von Drehstrommotoren. Die Frage war den nationalen Kommittees zur nochmaligen Erwägung vorgelegt worden, insbesondere zur Prüfung der auf der Londoner Tagung vom Unterausschuß vorgeschlagenen Formel für die Leistungsgrenze, unter der die Vorschrift eines Kippmomentes vom 1,75-fachen Nennwert nicht gelten soll. Diese Formel gab die Leistung an als Funktion eines linearen und eines kubischen Gliedes mit der Polzahl der Maschine. Inzwischen war von Girault in Rev. Gén. de l'El. Nov. 1929 eine vereinfachte Formel vorgeschlagen worden:

$$\text{Leistungsgrenze } L = 0{,}2\,(2p)^2\ [\text{kW}].$$

Die Ansichten der verschiedenen nationalen Kommittees gingen stark auseinander. Die Amerikaner z. B. wollten den Faktor 1,75 für alle Motoren ohne Einschränkung haben. Von deutscher Seite wurde demgegenüber geltend gemacht, daß eine solche starre Vorschrift für die Weiterentwicklung der Technik außerordentlich hinderlich sein würde. Denn erstens kenne man heute die Anforderungen der verschiedenen Antriebe genau genug, so daß der Sicherheitsgrad gegen ein Abfallen des Motors nicht mehr so groß zu sein brauche, wie es früher nötig war, und zweitens hätten die neuerdings immer mehr in Anwendung kommenden Spezial-Kurzschlußanker-Motoren (Doppelkäfiganker und Stromverdrängungsanker) ganz andere Betriebseigenschaften als die gewöhnlichen Drehstrommotoren.

Nach eingehender Erörterung wurde die Frage der Bestimmung der Leistungsgrenze, bis zu der der Faktor 1,75 nicht verlangt werden soll, den nationalen Kommittees nochmals zur Erwägung und Stellungnahme überwiesen (für die vierte Ausgabe der Regeln).

Für die bevorstehende dritte Ausgabe der Regeln erhielt die Ziffer 220 (c) folgende Fassung:

„Mehrphasige Induktionsmotoren. Ein nach diesen Regeln bewerteter mehrphasiger Induktionsmotor soll bei Nennspannung und Nennfrequenz, ohne zum Stillstand zu kommen oder (bei stetiger Zunahme des Lastmomentes) plötzlich in der Drehzahl abzufallen, für 15 s ein Drehmoment abgeben können, das das Nennmoment um 75 % übersteigt.

Der Wert 75 % gilt nicht für:

a) Induktionsmotoren mit außergewöhnlich geringer Geschwindigkeit oder für hohe Frequenz und demnach mit niedrigem Leistungsfaktor.

Bemerkung: Eine genauere Bestimmung der Leistungsgrenze, bis zu der diese Bestimmung gilt, bleibt vorbehalten.

b) Induktionsmotoren, für die ein hohes Kippmoment nicht verlangt wird.

c) Induktionsmotoren, die für geringen Anlaßstrom besonders entworfen sind."

Hierzu vergleiche auch unter „Toleranzen", Item 16.

4. Toleranzen. Zunächst wurden die in der Liste der Toleranzen im Entwurf der Regeln 2 (Sekretariat) 212 noch offengelassenen Punkte erledigt:

Item 1b) Wirkungsgrad bei direkter Messung: Toleranz $0{,}15\,(1-\eta)$, mindestens 0,007.

Item 2b) 1. Einzelverluste von Transformatoren: $^1/_7$ des gewährleisteten Einzelverlustes;

2. Einzelverlust von Maschinen: Eine Gewährleistung soll nicht gegeben werden.

Ferner wurden neu behandelt folgende Toleranzen:

Item 14. Drehzahländerung (von Leerlauf bis Nennlast) von Gleichstrommotoren mit Nebenschluß- und Doppelschlußwicklung.

Es wurde einstimmig angenommen: ⅓ der gewährleisteten Änderung, mindestens aber 0,2 % der Nenndrehzahl.

Item 15. Anlaufmoment von Induktionsmotoren. Die Vertreter Amerikas und Schwedens wiederholten ihre schon bei früheren Gelegenheiten vorgebrachte Auffassung, daß in solchen Fällen wie dem vorliegenden überhaupt keine Toleranz zugestanden werden solle, weil der Besteller tatsächlich das von ihm verlangte Anlaufmoment erhalten müsse.

Demgegenüber wurde von den andern Nationalen Kommittees geltend gemacht, daß eine Toleranz nicht für den Einzelfall eines Motors notwendig sei, sondern für die listenmäßig in Mengen hergestellten Motoren, für die in den Listen ein Mittelwert des Anlaufmomentes angegeben sei.

Nach Zurückziehung der von Amerika und Schweden geäußerten Bedenken einigte man sich auf folgende Werte:

a) Motoren ohne Schleifringe: $^1/_{10}$ des gewährleisteten Anlaufmomentes,

b) Schleifringmotoren mit Selbstanlauf: $^1/_{10}$ des gewährleisteten Anlaufmomentes,

c) Schleifringmotoren ohne Selbstanlauf: keine Toleranz erforderlich.

Item 16. Höchstdrehmoment von Induktionsmotoren. Auch hier wurde unter Zurückstellung der gleichen Bedenken wie bei Item 15 Übereinstimmung erzielt über eine Toleranz von $^1/_{10}$ des gewährleisteten Wertes.

Eine lange Erörterung ergab sich über die Frage, ob diese Toleranz auch für das in Ziffer 220 c (siehe oben) vorgeschriebene Kippmoment gelten solle oder ob dieser Wert ohne Toleranz zu gelten habe.

Eine Probeabstimmung ergab 8 Stimmen für Toleranz, 6 dagegen. Durch Verzicht der Gegenstimmen im Interesse einer allgemeinen Verständigung kam schließlich der Beschluß zustande, daß die 10 % Toleranz sich auch auf das Kippmoment nach Ziffer 220 c) beziehen sollen.

Die Frage, ob es dann nicht richtiger wäre, den Faktor 1,75 auf etwa 1,6 herabzusetzen und diesen Wert dann ohne Toleranz zu gewährleisten, wurde nach eingehender Erörterung verneint, da dies Verfahren zu Unstimmigkeiten führen könnte, wenn man für das vom Kunden verlangte Höchstdrehmoment eine Toleranz zulasse, für das vom Hersteller anzugebende Kippmoment aber nicht.

Der Vorschlag, in Ziffer 220 c) einen Hinweis auf die Annahme einer Toleranz für den Faktor 1,75 aufzunehmen, scheiterte am Widerspruch der Amerikaner. Es wurde daher beschlossen, in die Liste der Toleranzen unter Item 16 folgende Bemerkung einzufügen:

„Diese Toleranz gilt auch für die in Ziffer 220 c) vorgeschriebenen Werte."

Im Anschluß an diese Erörterung wurde beschlossen, den nationalen Kommittees zur Prüfung und Stellungnahme die grundsätzliche Frage vorzulegen: „ob alle Werte, die die Güte einer Maschine beeinflussen, ohne Toleranz zu gewährleisten sein sollen?" Dies würde dem, wie erwähnt, von Amerika und Schweden vertretenen Standpunkte entsprechen.

Hierzu legte der amerikanische Vertreter folgenden Vorschlag zur Aufnahme in die IEC-Regeln vor:

„Alle in den Regeln enthaltenen Grenzwerte sind Höchst- oder Mindestwerte, je nach dem gegebenen Fall. Die Toleranzen gelten nur für Werte, die nicht in den Regeln ausdrücklich vorgeschrieben sind."

Die nationalen Kommittees sollen sich hierzu äußern.

Item 17. Leerlaufstrom von Transformatoren. Die Ansichten waren hier zunächst geteilt. Von verschiedenen Vertretern wurde die Notwendigkeit einer Toleranz bestritten. Von deutscher Seite wurde demgegenüber darauf hingewiesen, daß neuerdings viele Elektrizitätswerke Gewährleistung für den Magnetisierungsstrom verlangten. Da dieser sich nicht mit großer Genauigkeit vorausberechnen lasse, so sei hierfür eine Toleranz erforderlich, u. zw. müsse sie verhältnismäßig hoch sein.

Nach einiger Erörterung wurde angenommen:

Toleranz: $^3/_{10}$ des gewährleisteten Leerlaufstromes.

Item 18. Nennspannung von Kurzschluß-Drosselspulen bei Nennstrom.

Einstimmig angenommen: 15 %.

Item 19. Abweichungen der Spannungskurve von der Sinusform. Aus Zeitmangel mußte diese Frage zurückgestellt werden.

In die Liste der Toleranzen soll der Vermerk aufgenommen werden: „Noch nicht entschieden".

Item 13. Kurzschlußspannung von Transformatoren mit Anzapfungen. Es wurden folgende zwei Vorschläge vorgebracht:

Von Deutschland: „Bei Transformatoren mit Anzapfungen kann die Kurzschlußspannung entweder für alle Anzapfungen oder nur für eine angegeben werden; im letzten Falle soll die Stufe für die mittlere Spannung gewählt werden.

Die Toleranz soll nur für die Stufen gelten, für die der Wert der Kurzschlußspannung angegeben ist."

Von Amerika: A. „Die normale Toleranz für die Kurzschlußspannung eines Transformators mit zwei Wicklungen soll ± 7,5 % sein.

Digitized by Google

B. Die normale Toleranz für die Kurzschlußspannung eines Transformators mit drei oder mehr Wicklungen soll ± 10 % sein, ebenso für Spartransformatoren.

C. Einwandfreier Parallelbetrieb von Transformatoren gilt als erreicht, wenn ihre Kurzschlußspannungen innerhalb der Toleranzgrenzen unter A und B übereinstimmen, vorausgesetzt, daß das Übersetzungsverhältnis und andere Kenngrößen den Parallelbetrieb gestatten.

D. Werden mehr als ein Transformator derselben Konstruktion auf dieselbe Bestellung geliefert, so soll der Unterschied in der Kurzschlußspannung zwischen zwei beliebigen Transformatoren dieses Auftrages nicht größer sein als 7,5 % für Zwei-Wicklungs-Transformatoren bzw. 10 % für Spartransformatoren und Transformatoren mit drei oder mehr Wicklungen."

Da es sich um neue Vorschläge handelt, wurde beschlossen, sie den nationalen Kommittees zur Stellungnahme zu überweisen und in die dritte Ausgabe der Regeln den Vermerk aufzunehmen: „Noch unter Erwägung".

5. Bedingungen für Parallelbetrieb von Transformatoren. Es lag ein französischer Vorschlag vor, den Parallelbetrieb zweier Transformatoren als erreicht anzusehen, wenn im Betriebe bei Vollast die Lastverteilung innerhalb 5 % der Sollwerte bleibt.

Hiergegen wurde von verschiedenen Seiten eingewendet, daß eine solche Feststellung erst nach Aufstellung der Transformatoren an Ort und Stelle möglich sein würde. Es sei aber im Interesse einer geregelten Abnahme erforderlich, alle hierzu nötigen Versuche auf dem Prüffelde des Herstellers durchzuführen.

Der französische Vorschlag wurde daher abgelehnt.

6. Erwärmung von Lagern. Von Italien war die Anregung gegeben, die für Lager zulässige Grenzerwärmung in die IEC-Regeln aufzunehmen, u. zw. mit 40 ° C.

Von deutscher Seite wurde dies für viele Fälle als zu niedrig bezeichnet, insbesondere für Lagerschildmaschinen mit einseitiger Lüftung. Es war daher 45 ° vorgeschlagen.

Nach einer Erörterung, in der der deutsche Standpunkt auch noch von anderer Seite unterstützt wurde, kam man zu dem Entschluß, von der Aufnahme einer Erwärmungsbestimmung für Lager in die dritte Ausgabe der Regeln abzusehen und die Frage für die vierte Ausgabe den nationalen Kommittees zur Stellungnahme vorzulegen.

7. Isolierfestigkeit von Erregermaschinen. Zu dieser Frage, die auf der Londoner Tagung noch offen gelassen worden war, lagen Äußerungen von verschiedenen nationalen Kommittees vor im Dokument 2 (Secretariat) 214. Diese Zusammenstellung zeigte ebenso wie eine kurze Erörterung, daß die Ansichten noch stark auseinandergingen. Da zu eingehender Erörterung die Zeit fehlte, wurde die Sache für die vierte Ausgabe der Regeln zurückgestellt.

8. Übrige Punkte der Tagesordnung. Die vorstehend behandelten Gegenstände waren die wichtigsten der Tagesordnung insofern, als sie für die Veröffentlichung der dritten Ausgabe der Regeln von Bedeutung waren. Alle andern Punkte mußten wegen Zeitmangels für spätere Verhandlungen zurückgestellt werden.

Berichter: M. Kloß.

Advisory Committee Nr. 3.

Symbole.

Vorsitz: Prof. Dr. Wyßling, Schweiz.

In der ersten Sitzung am Montag, dem 30. Juni, wurde unter dem Vorsitz des Herrn Prof. Dr. Wyßling, Schweiz, nach einigen allgemeinen Erörterungen die Aufteilung der Arbeiten des Kommittees auf 2 Unterkommittees beschlossen, von denen das erste die Starkstromsymbole, das zweite die Schwachstromsymbole bearbeiten sollte. Das erste Unterkommittee wurde aus Vertretern Deutschlands, Frankreichs, Großbritanniens, Italiens, der Niederlande, Schwedens, Spaniens, der Tschechoslowakei und Rußlands, das zweite aus Vertretern Deutschlands, Dänemarks, Frankreichs, Großbritanniens, Italiens, der Niederlande, Polens, Schwedens, der Schweiz, der Vereinigten Staaten und Rußlands gebildet. Da ein deutscher Vertreter für die Starkstromsymbole nicht vorgesehen war, übernahm Herr Prof. Dr. Keinath die Vertretung Deutschlands in diesem Unterkommittee, während in dem Unterkommittee 2 für Schwachstromsymbole Deutschland wie bisher durch Herrn Oberpostrat Dr. Heidecker vertreten wurde.

In derselben Sitzung wurde auf Antrag des Herrn Prof. Dr. Wyßling festgestellt, daß auch Arbeiten und Vorschläge, die sich auf Zeichen für Formelgrößen und Einheiten, welche in dem Unterkommittee Nr. 1 bearbeitet würden, nach der bisherigen Arbeitsverteilung im Kommittee 3, Symbole, behandelt werden müßten. Demgemäß soll zur Klärung der Zuständigkeit der Wunsch ausgesprochen werden, daß alle diese Fragen im Kommittee 3, Symbole, zu behandeln sind.

A. Schwachstromsymbole.

Die Bildzeichen für Fernmeldewesen wurden vom Unterkommittee 2 unter Vorsitz des Herrn Abteilungsdirektors Muri, Schweiz, in einer Sitzung am 1. Juli bearbeitet, u. zw. auf Grund der Drucksache 3 Sekretariat 101, März 1929, Vorschläge des Unterkommittees über Bildzeichen für Telephonie und Telegraphie, und 3 Sekretariat 102, März 1929, Vorschläge des Unterkommittees über Bildzeichen für Radiotelephonie und Radiotelegraphie.

Die in diesen Drucksachen enthaltenen Vorschläge waren das Ergebnis der Arbeiten des Unterkommittees in mehreren in Bern abgehaltenen Sitzungen, bei denen auch Deutschland vertreten war. Die Drucksachen wurden ergänzt durch zwei Zusammenstellungen des Sekretariats (Schweiz) 3 Sekretariat 104 und 3 Sekretariat 105 vom März 1930, in denen die wesentlichsten Änderungsvorschläge zu den obengenannten Drucksachen zusammengestellt waren.

Die Grundsätze, nach denen derartige Bildzeichen aufzustellen und zu bearbeiten sind, hat Herr Muri in folgenden 10 Punkten zusammengefaßt:

1. Das Bildzeichen soll so einfach wie möglich sein, um das Zeichnen zu erleichtern und zu beschleunigen.
2. Es muß klar sein und jede Verwechslung mit anderen Bildzeichen ausschließen.
3. Das Bildzeichen darf nur charakteristische Elemente enthalten.
4. Es soll schematisch die Wirkungsweise des Apparateils in einem Stromlauf andeuten.
5. Die mechanische Konstruktion des Apparats oder Apparatteils zu zeigen, ist von nebensächlicher Bedeutung. So wird das gleiche Bildzeichen angewendet für alle Arten von Relais, welche dieselbe Aufgabe erfüllen, obwohl die Konstruktion sehr verschieden sein kann.
6. Man wird jede Darstellung der Formen vermeiden müssen mit Rücksicht darauf, daß es sich um Stromläufe und nicht um die Konstruktion von Apparaten handelt.
7. Dieselben Grundsätze, welche bei der Festlegung der Starkstrombildzeichen geherrscht haben, müssen unbedingt auch für die Bildzeichen des Schwachstroms beachtet werden.
8. Die Bildzeichen für Telephonie, Telegraphie und Radio bilden ein untrennbares Ganzes, wo jede unzweckmäßige Wiederholung vermieden werden muß. Die Numerierung ist fortlaufend (1 ... 1000).
9. Die Bezeichnung des Bildzeichens muß kurz und klar sein.
10. Diese Grundsätze sind für die früheren Beratungen bestimmend gewesen, es ist wünschenswert, daß sie es auch für die Beratungen in Stockholm sind.

Die Bildzeichen wurden im einzelnen durchgesprochen und nach längeren Erörterungen, abgesehen von geringfügigen, insbesondere zeichnerischen Änderungen, mit folgenden Änderungen angenommen:

a) Bildzeichen für Telephonie und Telegraphie.

Nr. 42. Regelbarer Kondensator. Der Punkt zur Bezeichnung des drehbaren Teiles wird weggelassen.

Nr. 71 und 73. Bei der Darstellung des Mikrophons soll die Membran durch einen etwas stärkeren Strich bezeichnet werden.

Nr. 138. Neues Bildzeichen zur Darstellung eines Übertragers mit Schirmwirkung.

Nr. 211, Wecker, soll künftig den Wecker allgemein darstellen, während der Gleichstromwecker durch einen Gleichstromstrich bezeichnet werden soll.

Unter Nr. 278a wird ein neues Bildzeichen für eine Taste amerikanischen Systems und unter

Nr. 286 ein neues Bildzeichen für Undulator ausgeführt.

Nr. 279, Doppeltaste, wird durch eine etwas anschaulichere Darstellung ersetzt.

b) Bildzeichen für Radiotelegraphie und -telephonie.

Unter Nr. 601a wird ein neues Bildzeichen für Antennen mit kurzen Wellen angenommen.

Nr. 604, Gegengewicht, erhält ein neues Bildzeichen.

Nr. 652, Lichtbogen und

Nr. 662, photoelektrische oder radioaktive Kathoden, werden geändert.

Digitized by Google

Unter Nr. 678 wird ein neues Bildzeichen für piezoelektrische Zelle angenommen.

III. In einer gemeinsamen Sitzung am 2. Juli wurden die Vorschläge des Unterkommittees angenommen. In der Schlußsitzung der Vollversammlung in Oslo am 9. Juli sind Beanstandungen nicht erfolgt.

IV. Mit der Annahme der Bildzeichen für das Fernmeldewesen ist die internationale Anwendung einheitlicher Bildzeichen für Schaltungszeichnungen einen großen Schritt vorwärts gekommen. An den einzelnen Ländern liegt es nun, diese Bildzeichen möglichst auch für ihren inneren Verkehr und Betrieb einzuführen und für deren Verbreitung Sorge zu tragen. Für Deutschland wird dies ohne besondere Schwierigkeiten möglich sein. Die vom Unterkommittee vorgelegten und in Stockholm mit den oben genannten Änderungen angenommenen Bildzeichen haben dem für Deutschland zuständigen Ausschuß für Bildzeichen bereits vorher vorgelegen und dessen Billigung gefunden. Es ist also nur noch über die in Stockholm vorgenommenen Änderungen zu befinden. Die nächste Aufgabe würde dann sein, die im deutschen Normblatt DIN VDE 700 festgelegten Bildzeichen unter Berücksichtigung der internationalen Vereinbarungen durchzusehen und eine neue Auflage dieses Normblatts zu veranlassen. Berichter: Heidecker.

B. Starkstromsymbole.

Die Diskussion wurde unter Vorsitz von Prof. Wyßling (Schweiz) an Hand der Publikation Nr. 35 geführt, zu der verschiedene, aber nicht sehr wesentliche Einsprüche vorlagen. Insbesondere hatte England vorgeschlagen, daß die Ableitungen und Anwendungen eines Symboles sofort nach dem Grundsymbol gedruckt werden sollten. Der englische Vertreter hat dann später seinen Vorschlag zurückgezogen, so daß also künftighin die Ableitungen gesondert für sich erscheinen.

Auf den Vorschlag des englischen Vertreters sollen ausgelassene Nummern mit Stern und Fußnote bezeichnet und in einer gemeinsamen Fußnote ausdrücklich erwähnt werden.

Prof. Chatelain (UdSSR.) verteilte eine viersprachige Übersetzung der IEC-Symbole, in der die Beziehungen der Symbole in Russisch, Französisch, Deutsch und Englisch zusammengestellt sind. Vorgelegte ausgeführte Schaltpläne zeigten die gute Anwendbarkeit der neuen Symbole.

Bezüglich der Relais entwickelte sich eine längere Diskussion. Prof. Wyßling bat von neuem darum, daß diese Frage verfolgt werde, weil sowohl für elektrische als auch mechanische Relais bei den Bezeichnungen für automatische Stationen mit elektrischen und hydraulischen Einrichtungen solche Symbole dringend gebraucht werden. Der Unterzeichnete berichtete dann, daß beim VDE schon vor längerer Zeit Relaissymbole aufgestellt worden sind, daß diese seines Wissens auch nach London geschickt wurden, daß aber in neuerer Zeit die Relaissymbole im Zusammenarbeiten mit der Vereinigung der Elektrizitätswerke weitgehend ergänzt und weiterentwickelt worden sind. Prof. Wyßling schlug vor, ihm eine Anzahl Exemplare dieser neuen Ausarbeitungen zur Verteilung an die 14 nationalen Kommittees zur Verfügung zu stellen. Es besteht die Hoffnung, daß die deutschen Vorschläge als Grundlage angenommen werden.

Einige Diskussion entwickelte sich über Zweifel bezüglich der Schreibweise des Kilowatt, ob dieses zu Recht mit „k" geschrieben wird, weil allgemein der Grundsatz gilt, daß Buchstaben, die das Vielfache bedeuten, groß zu schreiben sind, während Buchstaben, die Teile kennzeichnen, klein zu schreiben sind. Es liegt hier offenbar eine Unstimmigkeit vor. Weiterhin wurde erwähnt, daß immer noch eine Bezeichnung der „Sekunde" fehlt. Es wird vorgeschlagen, dafür „s" zu nehmen.

Bezüglich der Anwendung der Symbole wurde darüber geklagt, daß seitens der Regierungen und der Schulen leider die neuen Symbole immer noch nicht ausreichend angewendet werden und daß die nationalen Kommittees ihr möglichstes tun sollten, um die Anwendung der IEC-Symbole durchzusetzen. Insbesondere wäre es wünschenswert, wenn auch die Schriftleitungen der technischen Zeitschriften auf diesen Punkt bei der Anfertigung von Zeichnungen achten würden.

Die Diskussion gab dem Unterzeichneten Gelegenheit, auf die Unstimmigkeiten und Unklarheiten der Symbole für ohmsche Widerstände, Reaktanzen und Inpedanzen aufmerksam zu machen. Das offizielle Sitzungsprotokoll wird dazu eine Erläuterung bringen.

Berichter: Keinath.

Advisory Committee Nr. 4

Wasserkraftmaschinen (Hydraulic Turbines)

— tagte nicht —

(Fortsetzung folgt.)

Erfahrungen mit elektrischen Wechselstrom-Lokomotiven und -Triebwagen der Deutschen Reichsbahn*.

Von Reichsbahnrat Dipl.-Ing. **Walter Reichel**, Lauban.

Übersicht. Entwicklung der elektrischen Zugförderung und Bauformen der Einphasenwechselstrom-Lokomotiven bei der Deutschen Reichsbahn unter besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse in Schlesien. Einrichtungen für die Unterhaltung der Triebfahrzeuge. Vor- und Nachteile der verschiedenen Bauformen und Antriebe. Arbeitsgenauigkeiten. Die Entwicklung zum Einzelantrieb. Betriebserfahrungen mit den Teilen der elektrischen Ausrüstung: Triebmotoren, Öl- oder Lufttransformator? Steuerungen. Forderung nach weiterer Vereinheitlichung und Vereinfachung der Bauarten mit Rücksicht auf die Unterhaltung. Zukunftsaussichten für die Elektrisierung von Fernbahnen in Deutschland.

Von dem nahezu 54 000 km umfassenden Gesamtnetz der Deutschen Reichsbahn sind heute erst rund 1600 km, d. h. etwa 3 % auf elektrische Betriebsform umgestellt. Hiervon entfallen 700 km auf die größte bisher zusammenhängend elektrisierte Liniengruppe in Bayern, 350 km auf die schlesischen Gebirgsbahnen nebst Anschlußstrecken, 200 km auf das mitteldeutsche Netz Halle—Leipzig—Magdeburg, während der Rest sich auf die Strecken der Berliner Stadtbahn, Hamburger Vorortbahn und schließlich der Wiesentalbahn in Südbaden verteilt.

Zur Bedienung des Betriebes standen Ende 1929 rund 400 elektrische Lokomotiven und 900 Triebwagen zur Verfügung, davon allein 700 Gleichstromtriebwagen für die Stadtbahn in Berlin. Die Entwicklung der zersplitterten einzelnen Netze in Deutschland ist historisch begründet durch das Vorhandensein der früheren Ländereisenbahnen, während im Ausland, z. B. in der Schweiz, von vornherein größerer Wert auf Abrundung der elektrisierten Linien gelegt wurde. Damit erklärt sich auch das Vorhandensein zahlreicher verschiedenartiger Bauformen von Triebfahrzeugen. So verteilten sich beispielsweise allein die in Schlesien vorhandenen 92 Lokomotiven und 21 Triebwagen, d. h. zusammen 113 Fahrzeuge, auf nicht weniger als 15 verschiedene Typen. Von den Lokomotiven sind allerdings — wie aus Zahlentafel 1 hervorgeht — einzelne als Probeausführungen nur in je 1 ... 2 Exemplaren vertreten.

Es ist selbstverständlich, daß die zahlreichen verschiedenartigen Bauformen für eine wirtschaftliche Unterhaltung von großem Nachteil sind und höhere Ausbesserungskosten verursachen als Serienlokomotiven, bei denen der Austauschbau durch Verwendung von Ersatzstücken weitgehend durchgeführt werden kann. Trotzdem haben die kurzen Erfahrungen seit 1924 — erst in diesem Jahre konnte in Schlesien wieder rein elektrischer Betrieb durchgeführt werden — nach Überwindung der Kinderkrankheiten recht befriedigende Ergebnisse gezeitigt. Der durchschnittliche Gesamtausbesserungsstand in

* Auszug aus einem am 18. II. 1930 im Elektrotechnischen Verein Breslau gehaltenen Vortrag.

Digitized by Google

Zahlentafel 1. Angaben über die auf den schlesischen Gebirgsbahnen in Betrieb befindlichen Wechselstromlokomotiven.

Gattung	Stangenantrieb							Einzelantrieb				
	Personen- und Schnellzug-Lokomotiven			Güterzug-Lokomotiven				Personen- und Schnellzug-Lokomotiven			Güterzug-Lokomotiven	
Achsfolge	B + B	B + B	2 D 1	C − C	B+B+B	C + C	C + C	1 D_0 1	2 D_0 1	2 D_0 1	C_0+C_0	1 C_0+C_0 1
Baujahr	1923	1923	1923	1919	1915	1922	1927	1928	1926	1922	1923	1927
Hersteller der elektr. Ausrüstung	MSW	AEG	BEW	BBC	SSW	AEG	Wasseg	Wasseg	AEG	BEW	SSW	Wasseg
Anzahl der in Schlesien laufenden Lok.	2	5	11	10	12	14	12	8	2	1	9	6
Höchstgeschwindigkeit km/h	70	70	90	45	45	55	55	110	110	110	60	65
Dienstgewicht in . . t	75	72	111	96	105	120	116	108	120	121	114	138
größter Triebachsdruck . . . . . t	18,75	18	18	16	17,5	20	19,5	19,5	19	19	19	19,3
Treibraddurchmesser mm	1500	1500	1250	1250	1350	1250	1250	1600	1750	1400	1300	1400
Gesamtlänge über Puffer . . . . . m	12,9	13,36	14,8	15,9	17,2	16,7	17.3	15,95	16,5	14,94	17,28	20,9
Anzahl der Transformatoren	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	2	2
Art der Steuerung . .	Feinregler	elektro-magnet. Schützen	elektro-pneum. Schützen	Schlittenschalter	elektro-magn. Schützen	elektro-pneum. Schützen	elektro-magnet. Schützen	elektro-magnet. Schützen	elektro-magnet. Schützen	mech. pneum. Schützen	elektro-magnet. Schützen	elektro-magnet. Schützen
Anzahl der Motoren .	2	2	1	4	3	4	4	8	8	8	6	6
Art der Arbeitsübertragung	Zahnräder + Stangen	Zahnräder + Stangen	Dreieckstangen m. 2 Blindwellen	Zahnräder + Stangen	Zahnräder + Stangen	Zahnräder + Schrägstangen	Zahnräder + Schrägstangen	Westinghouse-Federtopf-Antrieb	Westinghouse-Federtopf-Antrieb	Linke-Hofmann-Gelenk-Kupplung	Zahnräder (Tatzenlagermotoren)	Zahnräder (Tatzenlagermotoren)
Stundenleistung n. REB in PS (gemessen a. d. Ankerwelle)	1670	1050	3600	1740	1660	3120	3120	3800	3800	4600	2350	3800
Gewicht je PS Stundenleistung . . . kg/PS	45	68	30,9	55	63	38,5	37,0	28,3	31,5	26,3	48,5	36,3

den letzten beiden Jahren 1928 und 1929 betrug 19,4 bzw. 17,7 %, wobei zu bemerken ist, daß hierunter auch Lokomotiven fallen, an denen nachträgliche einmalige Konstruktionsänderungen und Vergütungsarbeiten ausgeführt wurden, die nicht als Unterhaltungsarbeiten im eigentlichen Sinne angesehen werden dürfen.

Die größeren Ausbesserungen sämtlicher elektrischer Triebfahrzeuge der schlesischen Gebirgsbahnen werden im Reichsbahn-Ausbesserungswerk Lauban vorgenommen, während die laufende Betriebsunterhaltung den einzelnen Lokomotivbetriebswerken an der Strecke Breslau—Hirschberg—Görlitz obliegt.

Die Überholungsarbeiten in den Laubaner Werkstätten zerfallen wiederum in „Zwischenausbesserungen", welche je nach Bedürfnis erforderlich werden, und in „Untersuchungen". Letztere sind gesetzlich vorgeschrieben. Jede Lokomotive, ganz gleich ob es sich um eine Dampf- oder eine elektrische Lokomotive handelt, muß spätestens nach einer Laufzeit von 3 Jahren eine Fahrgestell- (Laufwerk-) Untersuchung erhalten. Während aber bei der Dampflokomotive außerdem noch eine zweite gesetzliche Frist, nämlich die Vorschrift für die Untersuchung des Kessels — jetzt alle 4 Jahre — beachtet werden muß, kennt die elektrische Lokomotive außer der Frist für die Fahrgestelluntersuchung keine weitere Vorschrift für die Untersuchung der elektrischen Ausrüstung (z. B. Transformator oder Fahrmotor), was für ihre Ausnutzung von wesentlichem Vorteil ist. Praktisch werden nach den heutigen Erfahrungen die elektrischen Lokomotiven allerdings nicht nach Laufzeit, sondern nach Laufweg (in Lokomotiv-Kilometer) untersucht. So haben neuere Schnellzuglokomotiven mit Einzelachsantrieb auf den schlesischen Gebirgstrecken bei einer Monatsspitzenleistung von 13 800 km eine Gesamtleistung von 200 000 Laufkilometer zwischen zwei Untersuchungen erreicht, während es Dampflokomotiven unter den gleichen Betriebsverhältnissen nur auf etwa die Hälfte der vorgenannten Laufleistung bringen. Erwähnt sei, daß auf Flachlandstrecken bei elektrischen Lokomotiven noch größere Kilometerzahlen erreicht wurden, bevor eine Fahrgestelluntersuchung notwendig wurde. In Schweden hat eine elektrische Lokomotive sogar 332 000 Laufkilometer ohne Ausbesserung zurückgelegt.

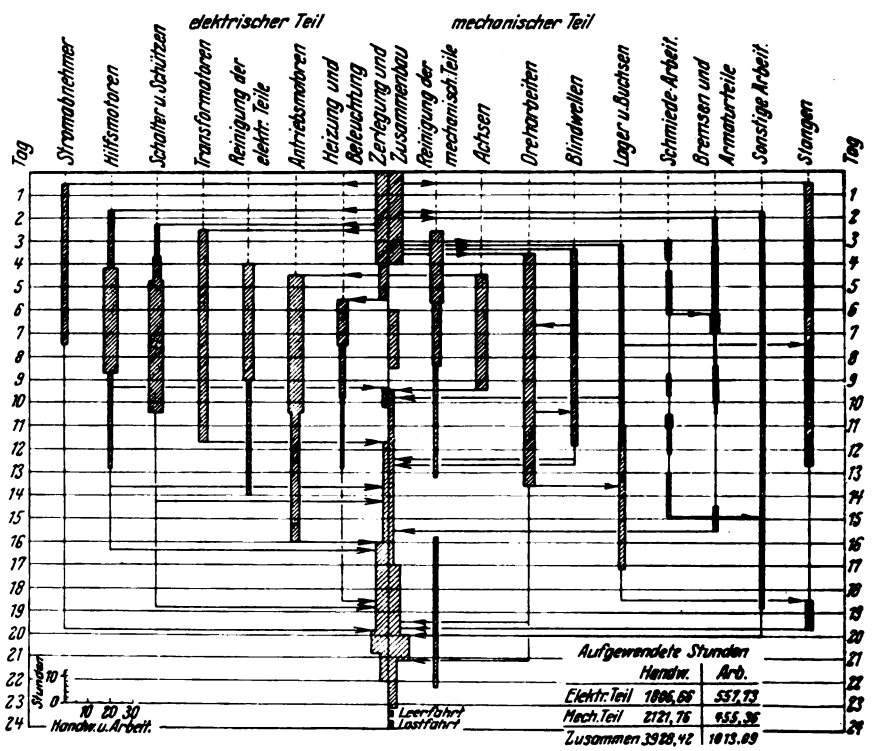


Abb. 1. Arbeitsdiagramm für die Untersuchung einer C+C-Lokomotive mit Stangenantrieb.

Bei der gewöhnlichen Fahrgestelluntersuchung werden von der elektrischen Ausrüstung nur diejenigen Teile überholt, welche dem laufenden Verschleiß unterliegen, wie z. B. die Kommutatoren der Trieb- und Hilfs-

Digitized by Google

motoren, während die eigentliche Untersuchung der gesamten elektrischen Ausrüstung erfahrungsgemäß erst bei jeder zweiten oder dritten Fahrgestelluntersuchung mitausgeführt zu werden braucht.

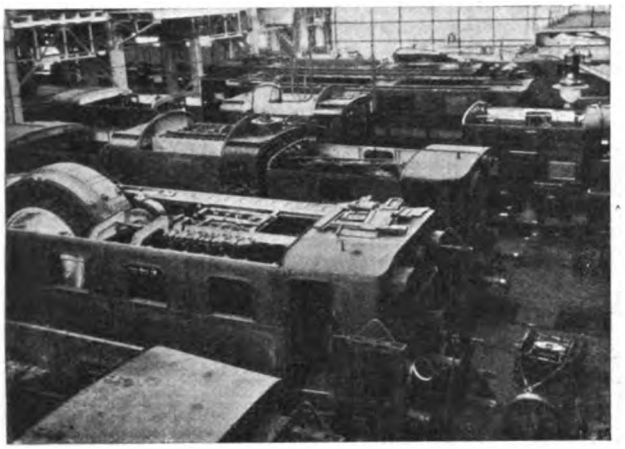


Abb. 2. Südliche Richthalle.

Eine solche Volluntersuchung wird nach einem bestimmt festgelegten Arbeitsdiagramm vorgenommen, wie es in Abb. 1 für eine C + C-Güterzuglokomotive Bauart AEG mit Schrägstangenantrieb dargestellt ist. Der Untersuchungsplan zeigt eine Arbeitsdauer von 24 Werktagen einschl. Probefahrt. Für Lokomotiven mit Einzelantrieb ist unter gleichen Voraussetzungen eine weitere Verkürzung der Ausbesserungszeit um etwa 25 % erreichbar, da die Stangenarbeiten wegfallen. Triebwagen können in noch wesentlich kürzerer Zeit untersucht werden. Die bisher erreichte kürzeste Untersuchungsdauer für einen vierachsigen Wechselstrom-Triebwagen im Werk Lauban betrug 5 Arbeitstage.

Bei der „Untersuchung" wird das elektrische Fahrzeug in der Richthalle vollständig in seine Einzelteile zerlegt (Abb. 2).

Die Richthalle ist mit den erforderlichen Kranen sowohl zum Abheben ganzer Lokomotiven von den Achsen als auch zum Ausbau der Einzelteile ausgerüstet. Für die Lokomotiven mit Einzelantrieb finden zweckmäßigerweise Achssenken Verwendung, die es gestatten, ganze Treibradsätze nebst zugehörigen Motoren nach unten aus- und wieder einzufahren (Abb. 3).

Mit der Achssenke kann auch die Auswechslung eines einzelnen schadhaften Motors nebst Antrieb oder einer scharfgelaufenen Achse sehr bequem und schnell vorgenommen werden.

Lokomotiven mit Einzelachsantrieb zeigen sich auch hier werkstättentechnisch den Stangenlokomotiven überlegen, weil bei diesen der Austausch eines Motors erheblich schwieriger ist und damit größeren Zeitaufwand erfordert. Bei Austausch eines Radsatzes von einer Stangenlokomotive muß unbedingt darauf geachtet werden, daß die Ersatzachse genau den gleichen Raddurchmesser hat wie die übrigen Achsen, während dies bei Lokomotiven mit Einzelachsantrieb nicht erforderlich ist. Abb. 3 zeigt das Auswechseln eines Radsatzes nebst Doppelmotor von einer 2 D_0 1-Lokomotive mit Hohlwellenantrieb Bauart Westinghouse-Kleinow.

Auch bezüglich der Genauigkeitsgrade können bei Einzelantriebslokomotiven größere Abweichungen zugelassen werden als beim Stangenantrieb. Hohe Anforderungen an die Arbeitsgenauigkeit stellen der Schrägstangenantrieb und der sogenannte Dreieckstangenantrieb mit nur einem einzigen großen Motor, wie er z. B. bei den 2 D 1-Lokomotiven Bauart Bergmann vertreten ist. Nach den bisherigen Erfahrungen dürfen als Fehlergrenzen für die Abweichungen beim Kurbelhalbmesser nur $^5/_{100}$ mm und beim Kurbelwinkel nur 1½ Bogenminuten zugelassen werden, sollen nicht die berüchtigten Schüttelschwingungen auftreten. Für die Bearbeitung der Anker und Blindwellen dieser Lokomotiven sind äußerst genaue und damit teure Werkzeugmaschinen erforderlich (Abb. 4).

Eine derartige Kurbelzapfen-Dreh- und Schleifbank, auf welcher gleichzeitig auch die Kommutatoren abgedreht werden können, kostet fast 150 000 RM. Mit ebenso großer Präzision wie die Anker müssen die zugehörigen Treibstangen sowie Stangenlager hergestellt werden. Die Einstellung der Stangen selbst geschieht vor Anbau an die Lokomotive auf einem besonderen Meßtisch (Abb. 5). Dabei liegt das Gestänge im zusammengebauten Zustand in einer um 90° gegen die Anordnung auf der Lokomotive gedrehten Ebene.

Etwas größere Toleranzen als beim reinen Stangenantrieb können bei Lokomotiven mit gemischtem Antrieb (Zahnräder und Stangen) zugelassen werden. Jedoch ist hier auf genaueste Innehaltung der Maße für die Zahnradzentralen zu achten. An einigen älteren Lokomotiven mit doppelseitigem, ungefedertem Antrieb sind früher vielfach Brüche von Zähnen infolge Verwendung einer zu kleinen Teilung vorgekommen. Erst nach Einbau einer zusätzlichen Federung sind die Brüche verschwunden. Ganz hervorragend hat sich bei doppelseitigem Antrieb die einfache Schrägverzahnung ohne jede Federung bewährt. An sämtlichen mit diesem Getriebe ausgerüsteten Lokomotiven brauchte innerhalb der fast 10jährigen ununterbrochenen Betriebszeit noch kein einziges Zahnrad oder Ritzel ersetzt zu werden; dagegen waren anderseits selbst bei neuen Lokomotiven mit doppelseitiger Geradverzahnung

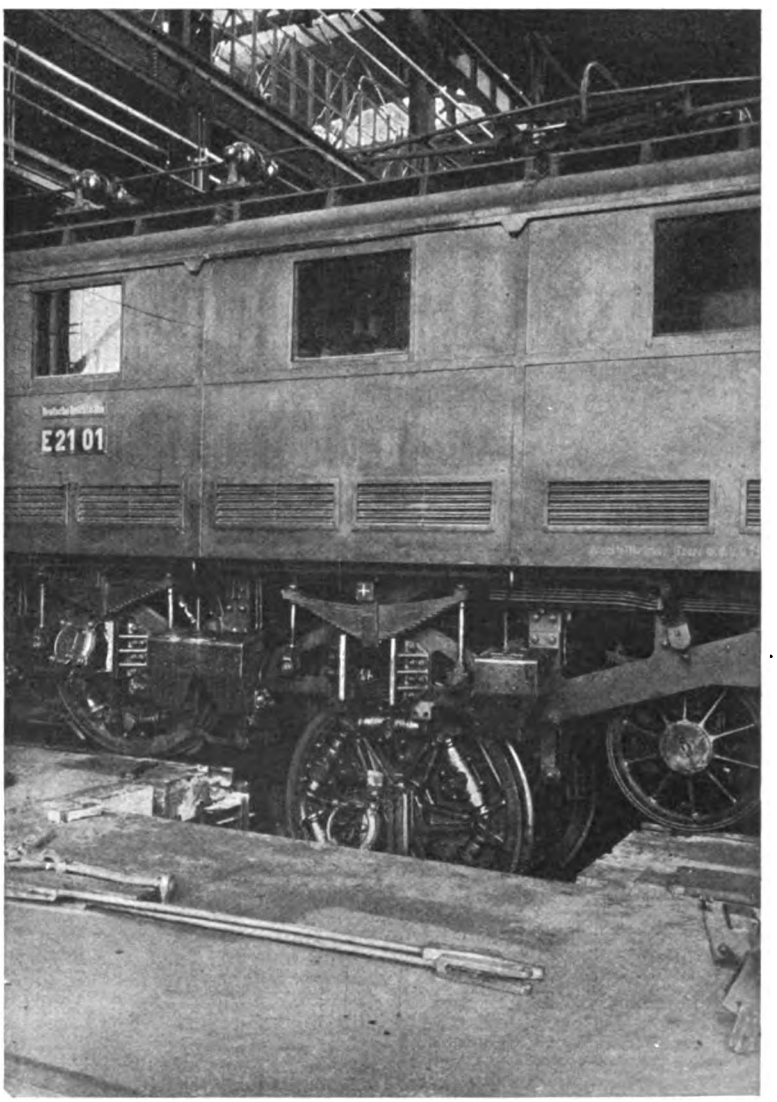


Abb. 3. Auswechslung eines einzelnen Antriebsatzes auf der Achssenke.

Digitized by Google

und Federung bereits einige schwere Brüche zu verzeichnen.

Während die Arbeiten am Fahrzeugteil der elektrischen Lokomotiven abgesehen von der Forderung nach größerer Genauigkeit nichts wesentlich Neues gegenüber den Unterhaltungsarbeiten an den Dampflokomotiven brachten und mit den vorhandenen früheren Einrichtungen der Laubaner Werkstatt im allgemeinen bewältigt werden konnten, wurden für die Unterhaltung der elektrischen Ausrüstungsteile wesentliche Neu- und Umbauten erforderlich. Die Instandsetzung sämtlicher Motoren und Transformatoren erfolgt in der Großwickelei, welche auch das nach neuzeitlichen Gesichtspunkten eingerichtete elektrische Prüffeld enthält (Abb. 6). Außerdem sind in der Wickelei eine Ölreinigungsanlage nach dem Floridin-Verfahren nebst Öllaboratorium und eine Meßinstrumentenwerkstatt untergebracht, während die Wiederherstellung der Ölschalter, Steuerungsteile, Apparate, Motorluftpumpen, Stromabnehmer und Akkumulatorenbatterien in Sonderabteilungen erfolgt, die zweckentsprechend in den Arbeitsgang eingegliedert sind. Sämtliche normal anfallenden Wiederherstellungsarbeiten an den elektrischen Ausrüstungsteilen der Lokomotiven können heute im eigenen Werk ohne Hinzuziehung der Privatindustrie bewältigt werden.

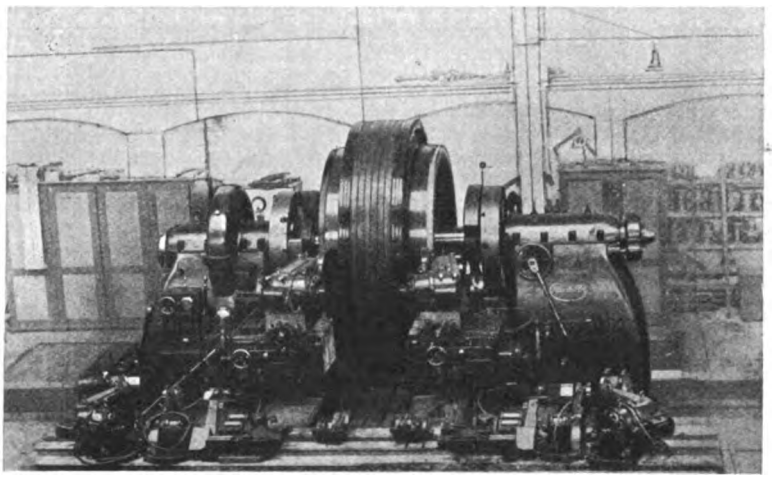


Abb. 4. Dreh- und Schleifwerk für große Anker.

Wie der große Motor der 2 D 1-Lokomotive mit Dreieckstangenantrieb einerseits mechanisch größere Anforderungen an die Arbeitsgenauigkeit stellt, so erfordert er anderseits auch elektrisch verhältnismäßig teure Werkstattanlagen, darunter geräumige Trockenöfen, eine besonders kräftige statische Auswuchtvorrichtung, ferner eine Karusseldrehbank zum Innenausdrehen neu gepackter Kommutatoren (3,5 m Planscheibendurchmesser!) sowie Einrichtungen zum Schlitzen der Kommutatorlamellen. Für die letztgenannte Arbeit ist allein ein Aufwand von 90 Gedingestunden für einen Anker nötig; müssen doch nicht weniger als 1134 Glimmerlamellen ausgekratzt werden, wobei immer nur an einer Stelle gearbeitet werden kann! Dagegen ist der 2 D 1-Motor wicklungstechnisch als außerordentlich gut gelungen zu bezeichnen, ganz besonders auch im Hinblick auf die Werkstattunterhaltung. Er besitzt offene Ankernuten, in welche die Wicklungsstäbe — zu einem Paket fest umpreßt — eingelegt werden, während bei fast allen übrigen Lokomotivankern halbgeschlossene Nuten mit einzeln umwickelten Ankerleitern Verwendung finden. Am ungeeignetsten für Teilausbesserungen der Ankerwicklung hat sich das Glimmerbatistband erwiesen, da es verhältnismäßig schnell spröde wird und beim Ausbau der Wicklung aufblättert. Für halbgeschlossene Nuten verdient daher Ölleinenband werkstattechnisch den Vorzug. Ganz offene Nuten und mit Glimmerpapier umpreßte Stäbe, wie sie bei der oben genannten Bergmann-Wicklung Verwendung finden, stellen jedenfalls das Ideal für den Werkstättenbetrieb dar.

Sehr unangenehme Schäden treten allgemein bei Lokomotivmotoren durch Auflaufen von Ankern am Ständerblechpaket ein. Hier hat die Verwendung bzw. der nachträgliche Einbau von Rollenlagern Abhilfe geschaffen, so daß auch für tiefliegende Tatzlagermotoren heute keine Schwierigkeiten mehr bestehen und ihrer Verbreitung damit ein weites Feld geöffnet ist. Der Straßenbahnantrieb wurde, nachdem seine Erprobung an Güterzuglokomotiven und Triebwagen glänzende Ergebnisse gezeitigt hatte, auch bei 2 Versuchs-Schnellzuglokomotiven Bauart $1\,D_0\,1$ bzw. $1\,B_0\,B_0\,1$ für 110 km/h Höchstgeschwindigkeit ausgeführt, die im Bezirk der Reichsbahndirektion Halle seit einigen Jahren mit gutem Erfolg Dienst tun.

Weitere Schwierigkeiten verbunden mit teuren Arbeiten verursacht das Neupacken von Kommutatoren, besonders wenn keine Möglichkeit zum Nachziehen loser Lamellen besteht. An sich muß zur Herabsetzung der Unterhaltungskosten allgemein verlangt werden, daß die Laufzeit für das Abdrehen der Kommutatoren möglichst groß ist und sich der kilometrischen Laufleistung der Lokomotive zwischen zwei Fahrgestelluntersuchungen (200 000 km für Schnellzuglokomotiven) einigermaßen anpaßt. Hier wirkt sich die Wahl einer niedrigen elektrischen Ausnutzung des Kommutators günstig aus, selbst wenn ein Mehrgewicht damit in Kauf genommen werden muß, während bei Wahl allzu hoher elektrischer Grenzwerte die Kommutatorlamellen schon frühzeitig Ausbrennungen und Kraterbildungen erleiden, was ein vorzeitiges Abdrehen des Kommutators zur Folge hat. Es ist also keineswegs gesagt, daß die in bezug auf die Leistungseinheit leichteste Lokomotive — also eine solche mit niedriger Kennziffer in kg/PS — wirklich die billigste ist, da nicht nur die einmaligen Beschaffungs-, sondern noch vielmehr die laufenden Unterhaltungskosten berücksichtigt werden müssen.

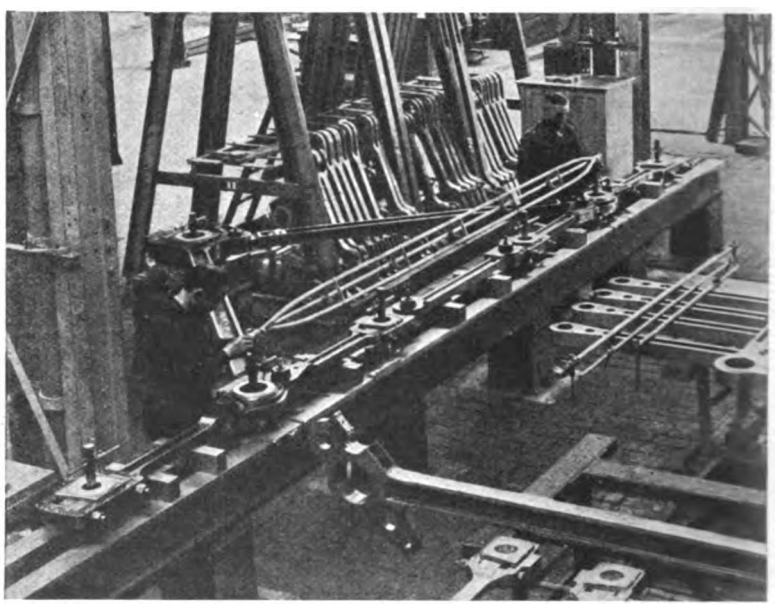


Abb. 5. Meßtisch für Dreieckstangenantrieb.

Bei dieser Gelegenheit sei erwähnt, daß wegen der Empfindlichkeit des Wechselstrom-Kommutatormotors in bezug auf seine Kommutierung auch auf die Wiederherstellung ausgeschlagener Kohlenbürstenhalter besondere Sorgfalt verwendet werden muß. Neuerdings kommen Taschen mit Wechselblechen mehr und mehr zur Einführung. Die Toleranzen der Kohlen und der Taschen selbst sind durch die VDE-Normblätter festgelegt. Auch bezüglich der Polteilung dürfen nur geringstmögliche Abweichungen (± ½ Glimmerlamelle) zugelassen werden. Zur Einstellung und Nachprüfung des Bürstendruckes dient eine Spezial-Auswiegevorrichtung, auf welcher die wirklichen Betriebsverhältnisse möglichst naturgetreu nachgeahmt werden. Für

Digitized by Google

die Beschaffung der Bürstenfedern sind besondere Diagramme (Federcharakteristiken) maßgebend.

Ähnliche Gesichtspunkte wie für die baustoffwirtschaftliche Ausnutzung der Triebmotoren gelten bezüglich der übrigen elektrischen Ausrüstungsteile, in erster Linie also für die Transformatoren. Hier wogt der Kampf zwischen Öl- und Lufttransformator noch unentschieden hin und her. Der ölgekühlte Transformator ist der ältere und hat den Vorteil größerer Betriebsicherheit,

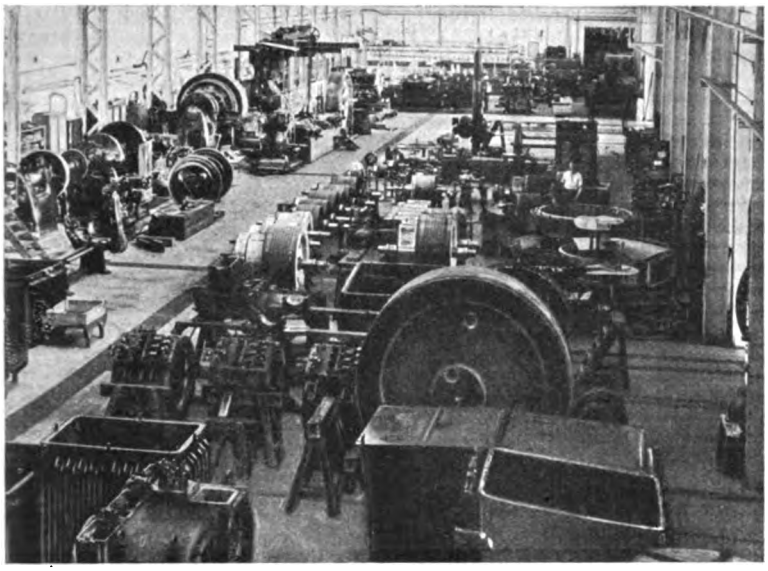


Abb. 6. Großwickelei.

besonders bei Überspannungen, für sich. Auch werkstättentechnisch ist er dem luftgekühlten Transformator keinesfalls unterlegen, was früher angenommen wurde, zumal Öltransformatoren nach den bisherigen Erfahrungen höchstens alle 4 ... 5 Jahre von der Lokomotive ausgebaut und mit neuer Füllung bzw. regeneriertem Öl versehen zu werden brauchen. Für Lufttransformatoren gewinnt in letzter Zeit der Kathodenfallableiter als Überspannungschutz erhöhte Bedeutung. Auch in Schlesien konnten bereits einige Lokomotiven damit ausgerüstet werden. Tatsächlich ist innerhalb der allerdings noch kurzen Versuchszeit kein mit Kathodenfallableiter geschützter Luftransformator infolge von Überspannungen durchgeschlagen. Für den endgültigen Ausgang des Kampfes zwischen Öl- und Lufttransformator dürften letzten Endes lediglich die Unterhaltungskosten entscheidend sein. Die Ansammlung des eisenhaltigen Bremsstaubes im Lufttransformator ist jedenfalls kaum zu verhindern, ebensowenig wie das Eindringen von feinstem Staubschnee im Winter trotz noch so guter Abdichtung.

Bei der Unterhaltung der Steuerungen und Apparate sind besondere Schwierigkeiten nicht aufgetreten. Interessieren dürfte die Tatsache, daß die Ausbesserungskosten der mechanischen Steuerungen niedriger sind als die der elektromagnetischen und pneumatischen Schützen. Bezogen auf die Laufleistung von 1000 Lokomotivkilometer als gemeinsame Vergleichsbasis verhalten sich die Unterhaltungskosten der einfachen Schlittenschaltersteuerung älterer Bauart (BBC) zur elektropneumatischen Schützensteuerung etwa wie 1 zu 1,2, d. h. die Druckluftschützen verursachen kostenmäßig einen um 20 % größeren Aufwand, was durch das häufige Undichtwerden der Ledermanschetten erklärlich ist. Allgemein wäre eine baldige Vereinheitlichung der Steuerungsteile und Apparate dringend zu fordern. Hier eröffnet sich dem praktischen Konstrukteur noch ein weites Betätigungsfeld.

Über die Werkstatterfahrungen mit den bereits vereinheitlichten Lokomotivausrüstungsteilen, wie Ölschalter, Motorluftpumpe und Stromabnehmer, ist Wesentliches nicht zu berichten. Sie haben sämtlich zur vollsten Zufriedenheit gearbeitet, so daß ihre Beibehaltung in den bisherigen bewährten Ausführungen nur empfohlen werden kann. Lediglich bei den Personentriebwagen wäre die Einführung einer leichten, u. zw. dann möglichst einer rotierenden Motorluftpumpe (Turbokompressor) ähnlich der Schweizer Bauart zu begrüßen, weil das Geräusch einer arbeitenden Kolbenluftpumpe von den im Wagen befindlichen Fahrgästen immer als äußerst störend empfunden wird.

Zusammenfassend ist zu sagen, daß heute sämtliche Fragen der Unterhaltung elektrischer Wechselstromlokomotiven und -triebwagen auch in werkstättentechnischer Hinsicht praktisch vollauf gelöst sind. Auf Grund der reichen Erfahrungen der letzten Betriebsjahre kann bereits festgestellt werden, daß für eine wirtschaftliche Unterhaltung von elektrischen Fahrzeugen der Einzelantrieb ganz besonders geeignet ist. Als solcher kommt für Güterzuglokomotiven bis etwa 75 km/h Höchstgeschwindigkeit und Triebwagen jedenfalls kein anderer als der einfache Straßenbahnantrieb in Frage. Vom Standpunkt einer billigen und einheitlichen Werkstattunterhaltung wäre es zu begrüßen, wenn auch für Schnellzuglokomotiven der Tatzlagermotor Verwendung finden könnte, zumal er noch wesentlich einfachere Bearbeitungsmaschinen erfordert als beispielsweise der Westinghouse- oder Buchli-Antrieb. In großzügiger Weise hat hier die Reichsbahn durch Beschaffung der oben erwähnten Versuchs-Schnellzuglokomotiven selbst die Initiative ergriffen in der richtigen Erkenntnis, daß jede Möglichkeit einer Vereinfachung und damit nicht zuletzt einer Verbilligung in Anbetracht der heutigen Notlage unbedingt benutzt werden muß.

Technisch kann jedenfalls die Elektrisierung von Fernbahnen mit Einphasenwechselstrom als einwandfrei gelöst angesehen werden, so daß die Frage ihrer weiteren Anwendung heute nur noch ein rein kaufmännisches Problem darstellt. Besondere Beachtung verdient bei der Elektrisierung auch die Möglichkeit, einen Verkehr mit Schnelltriebwagen für Personen und Güter einzurichten, womit gleichzeitig die Bekämpfung des stark anwachsenden Kraftwagenwettbewerbs möglich wird.

Trotz der schwierigen Finanzlage der Reichsbahn konnte dauernd an dem Ausbau und der Abrundung der vorhandenen elektrisierten Fernbahnnetze weitergearbeitet und daneben die Elektrisierung der Berliner Stadtbahn in kürzester Zeit durchgeführt werden. Um auch den zukünftigen Entwicklungsmöglichkeiten Rechnung zu tragen, ist von der Hauptverwaltung der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft ein vorläufiges Elektrisierungsprogramm[1] aufgestellt worden, welches die nachstehend angebenen Strecken umfaßt (Zahlentafel 2).

Zahlentafel 2. Elektrisierungspramm.

Strecken	Streck.-Länge km	mittlerer Energiebedarf der ganzen Strecke kWh/km und Jahr (gemessen auf der 15 kV-Seite der Unterwerke)	Energiebedarf des höchstbelasteten Teiles der Strecke kWh/km und Jahr (gemessen auf der 15 kV-Seite der Unterwerke)
schlesische Hauptstrecke: Oppeln, Groschowitz—Brieg/Carlsmarkt—Breslau—Liegnitz—Görlitz	385	425 000	620 000
süddeutsche Ost-West-Linie: München—Stuttgart—Karlsruhe mit Zweigstrecken	455	300 000	910 000
München—Nürnberg—Halle—Berlin, Magdeburg und Leipzig—Erfurt	995	340 000	630 000
badische Nord-Süd-Linie: Frankfurt (Main)—Basel mit Zweigstrecken	620	310 000	685 000
Rhein-Ruhr-Linie: Köln—Düsseldorf—Duisburg—Dortmund (nur Personenbetrieb auf besonderem Gleispaar)	120	310 000	350 000

Genaue Wirtschaftlichkeitsberechnungen haben dabei ergeben, daß die Elektrisierung einer Strecke im Hinblick auf den hohen Zinsendienst für das Anlagekapital nur lohnend ist, wenn ihre Belastung bzw. Verkehrsdichte ein gewisses Maß überschreitet. Elektrisch läßt sich die Höhe der Streckenbelastung darstellen durch den mittleren Energiebedarf je Kilometer Strecke und Jahr in Kilowattstunden. Heute sind nur solche Strecken als elektrisierungsreif zu bezeichnen, deren jährlicher Energiebedarf größer ist als 250 000 kWh/km. Besonders bemerkenswert in Zahlentafel 2 erscheint der hohe Wert für die mittlere

[1] Vgl. ETZ 1928, S. 887.

Digitized by Google

spezifische Belastung der schlesischen Hauptstrecke Oppeln—Breslau—Görlitz.

Das vorläufige Elektrisierungsprogramm ohne Rhein-Ruhr-Linie erfordert ein Gesamtanlagekapital von 580 Mill Reichsmark, das sind fast 250 000 RM für jeden Kilometer Streckenlänge. Bei der heutigen finanziellen Zwangslage, in welcher sich die Reichsbahn infolge der ihr auferlegten Tributverpflichtungen befindet, ist leider an die baldige Verwirklichung eines größeren Elektrisierungsprogramms kaum zu denken.

Über die Einwirkung des Doppelerdschlußstromes auf benachbarte Fernmeldeleitungen.

Von Dipl.-Ing. **H. Geise** u. Dipl.-Ing. **W. Plathner**, Berlin.

Übersicht. Es wird über die bei Doppelerdschluß zwischen Drehstrom- und Fernmeldeleitungen bestehende Kopplung berichtet und durch Kurven der erforderliche Mindestabstand zwischen beiden Leitungen gezeigt, u. zw. bei 1000 A Doppelerdschlußstrom und 400 bzw. 1000 V zulässiger induzierter Längsspannung. Ferner werden die in den Netzen der Thüringer ELG und des Pommernwerkes sowie an der Reichsbahnstrecke Breslau—Hirschberg mit der AEG-Fernmeldesicherung ausgeführten Versuche eingehend geschildert.

Die immer weitere Ausdehnung der Starkstrom- und Fernmeldenetze macht eine Berücksichtigung der von den Starkstromanlagen im Störungsfalle auf ungeschützte Schwachstromanlagen übergehenden Energie sowie deren Auswirkung notwendig. Die beim einfachen Erdschluß einer Drehstromleitung ohne Nullpunkterdung auftretende Influenzierung durch die beiden nichtgeerdeten Phasen läßt sich bei Parallelführungen durch Innehalten eines Abstandes von einigen 100 m vermeiden oder bei Kreuzungen durch Verkabelung der Fernmeldeleitungen unwirksam machen. Schwieriger liegen dagegen die Verhältnisse beim Doppelerdschluß auf der Drehstromleitung. Hierbei ist der vom Kurzschlußstrom durchflossene Leiter durch ein kräftiges Magnetfeld mit den benachbarten Leitungen gekoppelt und erzeugt in diesen unter Umständen erhebliche Längsspannungen, die für Personal und Apparate gefährlich werden können.

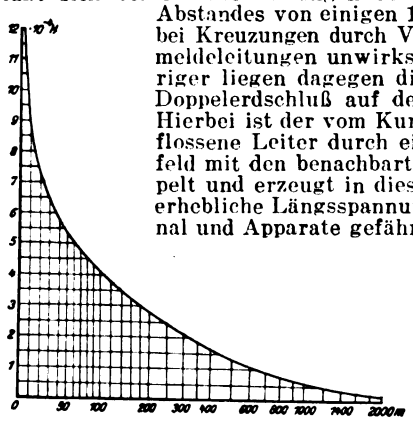


Abb. 1. Gegeninduktivität zweier Leitungen bei 50 Hz in Abhängigkeit vom gegenseitigen Abstand.

Die Größe der induzierten Spannung läßt sich in einfacher Weise berechnen nach der Formel $E = I\,\omega\,l\,M$, wobei I den Doppelerdschlußstrom, ω die Kreisfrequenz, also bei 50 Hz gleich 314, M die Gegeninduktivität für 1 km zwischen beiden Leitungen und l die Länge der Parallelführung bedeuten. Der Doppelerdschlußstrom I ist gegeben durch die verkettete Spannung, die Reaktanz der Maschinen und Transformatoren sowie der Leitungen. Bei einem Hochvoltnetz mit 100 kV Spannung und einer Kraftwerksleistung von 100 000 kVA hat man mit einem Doppelerdschlußstrom von etwa 1000 A zu rechnen.

Die Größe der Gegeninduktivität ist je nach den vorliegenden Bodenverhältnissen verschieden. Die in Abb. 1 aufgezeichneten Kurven der Gegeninduktivität für 1 km in Abhängigkeit vom Abstand sind berechnet nach Pollaczeck[1] für eine mittlere Bodenleitfähigkeit von $\varrho = 1{,}5 \cdot 10^{-12}/\sqrt{f}$, wobei f die Periodenzahl in Hertz ist. Der empirische Faktor $1 : \sqrt{f}$ berücksichtigt bei dieser Art der Berechnung die durch die Schichtung des Erdreiches bedingte Abhängigkeit der äquivalenten Bodenleitfähigkeit von der Frequenz. Die in Abb. 1 gezeichnete Kurve bezieht sich nur auf die Frequenz 50 Hz.

Läßt man je nach dem Isolationszustand und nach der Art der verwendeten Sicherungseinrichtungen 400 oder 1000 V induzierte Längsspannung den VDE-Vorschriften entsprechend in den Fernmeldeleitungen zu, so ergeben sich die in den Kurven der Abb. 2 dargestellten Mindestabstände zwischen Starkstrom- und Fernmeldeleitungen. Wesentlich mitbestimmend für die Größe der beim Doppelerdschluß in den Fernmeldeleitungen kurzzeitig zulässigen Spannung ist es, ob die Doppelerdschlüsse als Ausnahmeerscheinungen nur in ganz seltenen Fällen auftreten oder ob sie etwa wie bei starrer Nullpunkterdung häufig vorkommen und so eine ständige Bedrohung des Fernmeldebetriebes bedeuten können. Bei nicht geerdetem Nullpunkt läßt sich die Gefahr des Doppelerdschlusses noch weiter verringern durch Einbau von Kompensations-Drosselspulen nach Petersen[2]. Beim einfachen Erdschluß hat das Löschen und Wiederzünden des Erdschlußlichtbogens bekanntlich Überspannungserscheinungen zur Folge, die häufig die Ursache zu einem zweiten Erdschluß auf einer der noch gesunden Phasen sind und somit zum Doppelerdschluß führen. Die im Nullpunkt angeschlossene Petersenspule saugt dagegen den Erdschlußstrom von der Erdschlußstelle fort, unterbindet so die Lichtbogenbildung und beseitigt gleichzeitig die Gefahr eines Doppelerdschlusses. Bei solchen kompensierten Netzen sind daher heute Doppelerdschlüsse außerordentlich selten geworden.

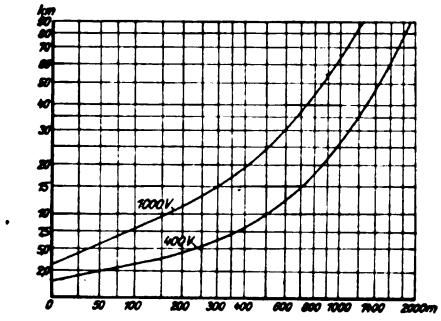
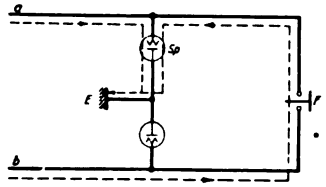


Abb. 2. Zulässige Länge einer Parallelführung in Abhängigkeit vom gegenseitigen Abstand der Leitungen.



a, b Fernmeldeleitung
Sp Spannungsableiter
F Fernsprechapparat
E Erde

Abb. 3. Verlauf des induzierten Stromes beim Ansprechen nur eines Ableiters.

Es sei jetzt der direkte Schutz der Fernmeldeleitungen gegen die in ihnen induzierten Längsspannungen betrachtet. Mit Rücksicht auf atmosphärische Entladungen kann man bei Freileitungen auf Spannungsableiter als Überspannungschutz nicht verzichten. Die zu diesem Zweck eingebauten Ableiter erfüllen meistens zwar ihren Zweck auch bei Doppelerdschlüssen, indem sie die Leitungen beiderseits an Erde legen; jedoch ergibt sich hierdurch für den Fernsprechbetrieb eine andere sehr unangenehme Wirkung. Die Ableiter, die meistens aus sog. Luftleer-Blitzableiterpatronen bestehen, sprechen nicht genau bei der gleichen Spannung an und führen auch nicht den gleichen Strom, so daß ein Ausgleich über den Fernsprechapparat erfolgt und im Hörer das gefürchtete Knallgeräusch entsteht. Abb. 3 zeigt den Stromlauf beim Ansprechen nur eines Ableiters.

Bei der AEG-Fernmeldesicherung nach Tröger[3] (Abb. 4) wird nun durch eine magnetische Kopplung beider Luftleer-Blitzableiter ein vollkommen gleichmäßiges und gleichzeitiges Arbeiten beider Ableiter erreicht. Beginnt über einen Ableiter ein Strom zu fließen, so wird zwangläufig die zweite Patrone mitgezündet. Dieser Vorgang spielt sich so schnell ab, daß im Hörer nur ein leises Knattern entsteht, das die Fernsprechverständigung kaum erschwert, geschweige denn ein Knallgeräusch hervorbringt

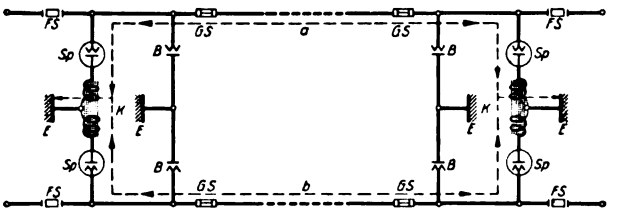
[1] Vgl. hierzu Pollaczek, El. Nachr. Techn. Bd. 4, S. 18 (1927); Bd. 3, S. 339 (1926). — Klewe, El. Nachr. Techn. Bd. 6, S. 467 (1929); Z. VDI Bd. 74, S. 361 (1930).

[2] Petersen, ETZ 1919, S. 5 u. 17.

[3] AEG-Mitt. 1928, S. 127. — Langrehr, ETZ 1925, S. 1389.

Digitized by Google

Sofort nach Auslösen des Schalters auf der Hochspannungsleitung unterbrechen mit dem Verschwinden der Überspannung die Ableiterpatronen auch die Erdverbindung wieder. Dadurch daß die Ableiter zwischen Kopplungsspule und Fernsprechadern eingebaut sind, ist das ganze Sicherungssystem im normalen Zustande von der Leitung abgetrennt. Es entsteht daher durch die Spule weder eine Dämpfung noch wird die Messung des Isolationswiderstandes der Leitungen beeinträchtigt. Ein weiterer Vorteil gegenüber anderen Einrichtungen ist der, daß die Sicherung keiner besonderen Wartung bedarf und daß sie nicht nur das Personal der Fernsprechämter sondern auch den Teilnehmer schützt. Zur Erprobung dieser Sicherungen wurden folgende umfangreichen Versuche durchgeführt:



a, b Fernmeldeleitung
GS Grobsicherung
FS Feinsicherung
B Blitzableiter (Grobfunkenstrecke)
Sp Spannungsicherung
K Kopplungspule
E Erde

Abb. 4. Anordnung und Wirkung der AEG-Fernmeldesicherung.

1. Auf der 30 kV-Leitung der Thüringer ELG wurden fünf Doppelerdschlüsse bei voller Betriebspannung geschaltet. Die Erdschlußpunkte lagen hierbei für die eine Phase im Kraftwerk Breitungen und für die andere Phase etwa 30 km von Breitungen entfernt im Umspannwerk Defertshausen bei Meiningen. Die Fernsprechleitungen laufen im Werratal auf der ganzen Strecke in Abständen von 100 ... 200 m parallel, so daß bei Doppelerdschluß eine ziemlich feste Kopplung mit den Starkstromleitungen vorhanden ist. Bei vorhergegangenen Versuchen war auf dieser Strecke bei 100 A Doppelerdschlußstrom in den Fernsprechleitungen eine induzierte Längsspannung von 173 V festgestellt worden. Der Doppelerdschlußstrom erreichte bei den Versuchen mit den Fernmeldesicherungen etwa 700 A; demnach muß die induzierte Spannung 1200 V betragen haben. Mit Fernmeldesicherungen konnten vier Doppelleitungen in Meiningen und Eisenach ausgerüstet werden. In der betriebsmäßigen Schaltung funktionierten alle Sicherungen einwandfrei. Beide Luftleer-Blitzableiter leuchteten gleichmäßig auf, während im Fernhörer nur ein schwaches Rauschen vernehmbar war. Dagegen wurde in den an einer nicht geschützten Leitung angeschlossenen Fernhörern ein so starkes Knallgeräusch erzeugt, daß im normalen Fernsprechbetriebe den nicht darauf vorbereiteten Fernsprechteilnehmern und vor allem den Beamtinnen der Vermittlungsämter schwere Schäden für die Gesundheit hätten entstehen können. Nur dann, wenn die eine Ader einer Fernsprech-Doppelleitung an Erde gelegt wurde, entstand in dieser Leitung auch beim Vorhandensein von Fernmeldesicherungen ein Knallgeräusch. In einem solchen Falle fehlt die Voraussetzung für ein ordnungsmäßiges Arbeiten, da die Spannung der nicht an Erde liegenden Ader statt über den Luftleer-Blitzableiter sich direkt über den Hörer nach der Erdschlußstelle auf der anderen Ader zu ausgleicht.

2. Bei einer 40 kV-Leitung des Pommernwerkes, die auf der Strecke zwischen Greifswald und Jarmen mit Fernsprechleitungen auf Straßenbreite 8 km parallel verläuft, wurden 133 einfache und 14 Doppelerdschlüsse geschaltet. Während ohne Kopplungspulen in den Fernsprechapparaten heftige Knallgeräusche auftraten, wurden diese bei Einschaltung der Kopplungspulen mit Sicherheit vermieden. Die nachfolgenden Oszillogramme zeigen die Verhältnisse beim einfachen Erdschluß in der Drehstromleitung. Beim Oszillogramm Abb. 5 sind die AEG-Fernmeldesicherungen n i c h t eingeschaltet. Die Luftleer-Blitzableiter sprechen nur beim Ein- und Abschalten des Erdschlusses an. Im Hörerstrom sind deutlich die das Knallgeräusch hervorrufenden Stromspitzen zu erkennen. Das Oszillogramm Abb. 6 wurde bei eingeschalteter AEG-Fernmeldesicherung aufgenommen. Jetzt hat die im Hörerstromkreis liegende Oszillographenschleife nur eine gerade Linie aufgezeichnet. Die Fernmeldesicherung hat also das Auftreten eines Hörerstromes unterbunden.

Bei den Doppelerdschlüssen zeigten sich ähnliche Wirkungen. Weiter wurde untersucht, wieweit der Isolationswiderstand einer Ader bei gut isolierter zweiter Ader sinken darf, ohne daß dadurch die Wirksamkeit der Fernmeldesicherung beeinträchtigt wird. Ein Nachlassen der Schutzwirkung machte sich bei etwa 5000 Ω bemerkbar. Bei 100 Ω Ableitung trat schon ein knallgeräuschartiges Rasseln im Fernhörer auf.

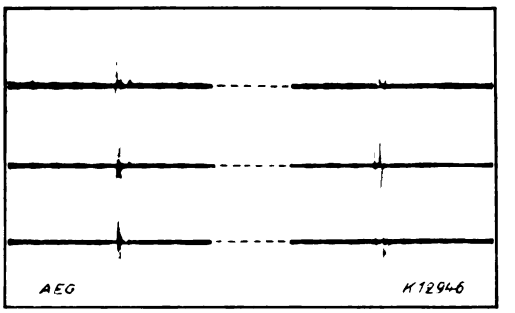


Abb. 5. Stromverlauf in den Adern einer Fernmelde-Freileitung (obere Linien) und im Fernhörer (untere Linie) beim Ansprechen der Spannungsableiter ohne Kopplungspule.

3. Daß die Fernmeldesicherung sich auch bei Kabeln bewährt, wurde durch einen weiteren Versuch an dem Bahn-Fernsprechkabel der mit Einphasenwechselstrom von 16⅔ Hz und 15 000 V betriebenen Bahnstrecke Breslau—Königszelt—Hirschberg nachgewiesen. Zwar betragen die in einem normalen eisenbandbewehrten Kabel auftretenden Spannungen infolge der kompensierenden Wirkung des Kabelmantelstromes nur etwa die Hälfte der in Freileitungen unter den gleichen Verhältnissen gemessenen; jedoch ist bei Bahnkabeln der Abstand vom Fahrdraht nur gering und die Länge des Parallellaufes sehr groß, so daß gerade hier bei Kurzschlüssen äußerst hohe Spannungen induziert werden. Seitens der Reichsbahn wurden zwei Doppeladern von 1,5 mm des Kabels Breslau—Königszelt zur Verfügung gestellt. Die Kurzschlüsse wurden in der Weise vorgenommen, daß im Freiburger Bahnhof in Breslau auf einem Nebengleis der Fahrdraht durch den dort für derartige Versuche vorhandenen Kurzschlußbock mit den Fahrschienen verbunden wurde. Durch eine Fernsprechleitung zwischen der Kurzschlußstelle im Freiburger Bahnhof und dem Verteilerraum im Gebäude der Reichsbahndirektion konnten die Kommandos für das Einschalten gegeben werden. In dem Unterwerk Niedersalzbrunn waren alle Transformatoren mit einer Gesamtleistung von 10 000 kVA bei den Versuchen parallel geschaltet. Die Kurzschlußspannung der Transformatoren beträgt etwa 7 %.

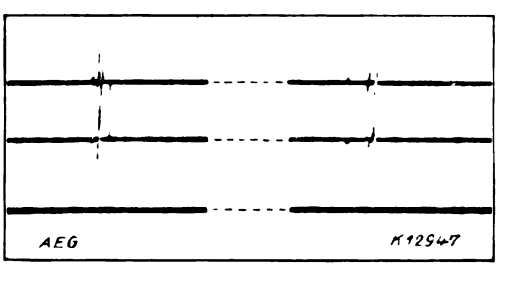


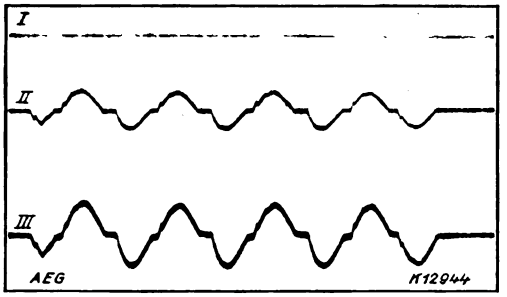
Abb. 6. Stromverlauf in den Adern einer Fernmelde-Freileitung (obere Linien) und im Fernhörer (untere Linie) beim Ansprechen der Spannungsableiter mit Kopplungspule.

Insgesamt wurden neun Kurzschlüsse geschaltet. Bei den Kurzschlüssen 1 ... 5 war der normale Zustand vorhanden, d. h. der Fahrdraht war in Mettkau getrennt, so daß der Kurzschlußstrom vom Unterwerk Niedersalzbrunn über die Speiseleitung nach Mettkau und von hier über den Fahrdraht bis Breslau fließen mußte. Die Induzierung des Kabels Königszelt—Breslau fand also hierbei hauptsächlich auf der 30 km langen Strecke Mettkau—Breslau statt, weil die Speiseleitung Niedersalzbrunn—Mettkau, die später mit 80 kV betrieben werden soll, im Abstande von einigen 100 m vom Bahnkörper verläuft. Der Kurzschlußstrom erreichte unter diesen Verhältnissen gegen 1000 A.

Da die Fernmeldesicherungen bei der Induzierung über den normalen Streckenabschnitt von 30 km einwandfrei arbeiteten, sollten zum Schluß noch Versuche mit einer besonders starken Induzierung ausgeführt werden. Bei den folgenden vier Kurzschlüssen war daher die Fahr-

Digitized by Google

leitung in Mettkau durchverbunden und die Speiseleitung von Niedersalzbrunn nach Mettkau abgetrennt, so daß der Kurzschlußstrom vom Unterwerk Niedersalzbrunn direkt über die gesamte Fahrdrahtlänge bis Breslau, Freiburger Bahnhof, fließen und jetzt das ganze 50 km lange Kabel Königszelt—Breslau induzieren mußte.

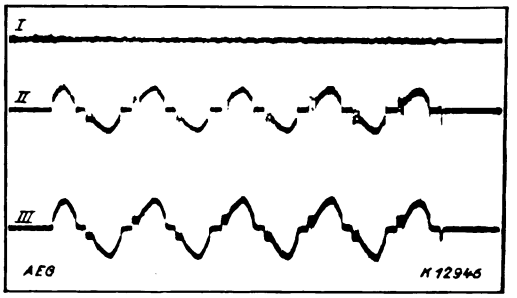


I Strom im Hörer *II, III* Strom in den Bahnkabeladern

Abb. 7. Verlauf des induzierten Stromes beim Kurzschluß in der Fahrleitung. Kopplungspule eingeschaltet.

Abb. 7 zeigt ein Oszillogramm, in dem Schleife *I* den Strom im Fernhörer und die Schleifen *II* und *III* die Ströme in den Ableitern aufgezeichnet haben. Der Strom im Hörer ist Null, während die Ableiter ansprechen. Die verschieden großen Ausschläge von *II* und *III* erklären sich durch die nicht genau abgeglichenen zu den Schleifen parallelliegenden Widerstände. In den Fernhörern wurden in beiden Leitungen sowohl in Breslau als auch in Königszelt nur sehr leise Geräusche festgestellt, wie wenn aus einer großen Entfernung ein Ruf ankommt. Der Scheitelwert der in jeder Ader induzierten Stromstärke war etwa 1,5 A und der daraus errechnete Scheitelwert der Spannung etwa 1500 V. Um nun den Gegensatz zwischen gekoppelten Ableitern und den nicht gekoppelten zu zeigen, wurden die Kopplungspulen der Fernmeldesicherungen der einen Doppelleitung kurzgeschlossen. Das Oszillogramm Abb. 8 zeigt im Fernhörerkreis eine zackige Stromlinie. Die Empfindlichkeit der Schleife *I* wurde hierbei auf das Doppelte erhöht. Die im Hörer der mit ungekoppelten Ableitern ausgerüsteten Doppelleitung entstehenden Knallgeräusche waren von jeder Stelle des Beobachtungsraumes laut vernehmbar. Es sprachen hierbei ebenfalls beide Ableiter an, jedoch flackerten sie stark.

Bei den Kurzschlußversuchen wurden Ableiter für 150 und 350 V Gleichspannung und Hochleistungsableiter für 350 V verwendet. Mit dem Ableiter für 150 V war es möglich, während des Normalbetriebes zu Zeiten starker Belastung des Fahrdrahtes die Sicherungen für die Dauer von Minuten zum Ansprechen zu bringen. Die dabei im Fernhörer entstehenden schwachen Geräusche waren derartig gering, daß man sich von Breslau mit Königszelt und auch mit Hirschberg (etwa 130 km) noch sehr gut verständigen konnte.



I Strom im Hörer *II, III* Strom in den Bahnkabeladern

Abb. 8. Verlauf des induzierten Stromes beim Kurzschluß in der Fahrleitung. Kopplungspule kurzgeschlossen.

Bei allen Versuchen sowohl in Freileitungen als auch in Kabeln hat also das System der AEG-Fernmeldesicherungen selbst unter den schwierigsten Verhältnissen seinen Zweck erfüllt. Voraussetzung für das ordnungsmäßige Arbeiten der Sicherungen ist nur, daß die Fernsprechleitung selbst keinen Erdfehler hat. Die Möglichkeit für das Auftreten eines Doppelerdschlusses auf der Starkstromleitung und für das gleichzeitige Vorhandensein eines Isolationsfehlers auf der induzierten Fernsprechleitung ist bei sorgfältiger Überwachung der letzteren außerordentlich gering. Da ferner die Abfrageplätze der Fernsprechämter noch durch parallel zum Hörer liegende Fritter gesichert sind, so ist bei Anwendung der Fernmeldesicherung das Auftreten von Knallgeräuschen wohl schon als ein Fall von höherer Gewalt zu betrachten.

Zusammenfassend kann man sagen, daß für ein verträgliches Nebeneinanderbestehen von Starkstrom- und Schwachstromnetzen beiderseitige Maßnahmen das beste Ergebnis zeitigen. Während die Petersenspule das Auftreten von Doppelerdschlüssen zu einer Seltenheit macht, kann man anderseits durch Luftleer-Blitzableiter mit Kopplungspule die Fernmeldeleitungen wirksam gegen etwa hin und wieder noch auftretende Induzierung schützen.

Zur Kennzeichnung von Beleuchtungsanlagen.

Von Ing. **A. J. Heinrich**, Frankfurt a. M.

Im folgenden seien drei neue Größen zur Beurteilung von Beleuchtungsanlagen vorgeschlagen, die die Verteilung der Beleuchtung charakterisieren.

1. Auf der Abszisse eines Koordinatensystems werden die Meßpunkte der beleuchteten Fläche ihrer Nummernfolge nach und die zugehörigen Beleuchtungswerte als Ordinaten aufgetragen. Der sich ergebende Linienzug zeigt ebenso wie der Luxberg, nur in einfacherer Weise, die Verteilung der Beleuchtung über die ganze Fläche an. Man bezeichnet den Linienzug als „Luxkurve". Diese Kurve ist um so stetiger, je größer die Anzahl der Meßpunkte ist.

2. Zur Bestimmung der folgend definierten Größe lege man die geforderte Beleuchtung E_{gef} zugrunde. Wenn man nun E_m kennt, d. h. die mittlere Beleuchtung, und diese wirklich gleich E_{gef} ist, weiß man noch nicht, wieviel Flächenteile E_{gef} aufweisen. Zu diesem Zweck dividiert man die Anzahl der Meßpunkte, bei denen $E > E_{gef}$ ist, durch die Gesamtzahl aller Meßpunkte und erhält eine Zahl < 1, die man den Verteilungsgrad φ nennt und welche angibt, wieviel Prozent der Meßfläche den Wert E_{gef} aufweisen:

$$\varphi = \frac{\sum P_{E_{gef}}}{\sum P} \leq 1.$$

3. Es bleibt nun nur noch die Verteilung der verschiedenen E in der Meßfläche, d. h. also ihre Vermischung untereinander, zahlenmäßig auszudrücken. Um eine solche Zahl zu erhalten, verfährt man folgendermaßen. Man legt in unendlicher Nähe des Wertes E_{gef} eine Parallele (*2* in Abb. 1) zur Abszisse. Es ergeben sich hierdurch eine Anzahl Schnittpunkte mit der Luxkurve. Die unendliche Nähe ist deshalb erforderlich, damit die Punkte $E \geq E_{gef}$ über und die Punkte $E < E_{gef}$ alle unter der Parallelen liegen. Man wird praktisch also die Parallele in der Höhe von E_{gef} legen und die Berührungspunkte der Parallelen mit der Luxkurve, wenn letztere ansteigt, als zwei Schnittpunkte zählen. Es ist offensichtlich, daß die Anzahl der Schnittpunkte ein Maß für die Vermischung ist. Dividiert man also die Zahl der Schnittpunkte durch die Anzahl der Meßpunkte, so erhält man den Vermischungsfaktor V; dieser schwankt zwischen den Werten 0 und 2, da die Werte E der Meßpunkte abwechselnd unter- und oberhalb der Parallelen liegen können:

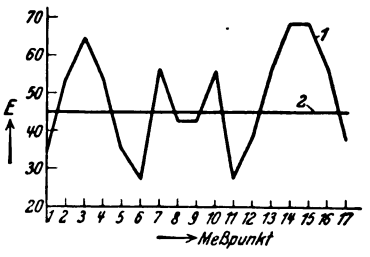


Abb. 1. Luxkurve.

$$V = \frac{\sum P_{\text{Schnitt}}}{\sum P} \leq 2.$$

Digitized by Google

Es dürfte ratsam sein, V nicht auszurechnen, sondern in Form eines Bruches anzugeben, da in dieser Form rascher das zu erkennen ist, was ausgesagt werden soll.

Die Reihenfolge der Meßpunkte auf der Abszisse muß derart sein, daß die Meßpunktreihen alle parallel zu einer Kante der Meßfläche laufen und daß sich die Meßpunkte einer Reihe in ihrer richtigen Folge aneinanderreihen. Gleichgültig bleibt es, ob die Meßpunkte der Reihen alle in gleichem oder abwechselndem Sinne gezählt werden und welche Folge die einzelnen ganzen Reihen innehaben.

Über die Energieumwandlung Wärme—Elektrizität.

Von **Otto Gunolt**, Graz.

Übersicht. **Die Abhandlung erläutert die verschiedenen Vorgänge, welche eine direkte Umwandlung von Wärme in elektrische Energie ermöglichen. Nach theoretischer Klarlegung wird die technische Eignung in Betracht gezogen.**

Die Versuche einer direkten Umwandlung von Wärme in Elektrizität reichen sehr weit zurück. Sie fanden ihren Grund in dem Bestreben, durch Vermeidung einer besonderen Wärmekraftmaschine eine einfache und wirtschaftliche Energieerzeugung zu erzielen. Zahlreiche physikalische Erscheinungen ermöglichen verschiedene Wege zur Erreichung dieses Zieles, die auch zum Teil beschritten wurden[1]. Wenn auch eine strenge Scheidung der einzelnen Vorrichtungen nicht möglich ist, so lassen sich doch zwei Hauptgruppen hervorheben. Zur ersten Gruppe sind alle Vorrichtungen mit direkter Umsetzung von Brennstoffen durch galvanische Prozesse zu zählen; sie bezwecken die sog. kalte Verbrennung. Die zweite Gruppe bilden Vorrichtungen mit direkter Umsetzung von Wärme ohne Rücksicht auf deren Ursprung. In der vorliegenden Abhandlung wird nur die zweite Gruppe besprochen. Hierdurch soll jedoch keineswegs zum Ausdruck gebracht werden, daß die wirtschaftliche Ausnutzung der Brennstoffenergie auf dem Wege der normalen Verbrennung mit nachfolgendem Wärmeumsatz zu suchen sei. Der normale Verbrennungsvorgang (unter der Dissoziationstemperatur) verläuft irreversibel und bedingt an und für sich einen Verlust an umsetzbarer Energie, um so mehr, je niedriger die Verbrennungstemperatur liegt. In dieser Hinsicht ist die kalte Verbrennung durch galvanische Prozesse weitaus überlegen, wenn auch bisher keine brauchbare Form gefunden wurde. Der direkten Wärmeumsetzung kommt jedoch insofern Bedeutung zu, als Wärmeenergie teils als Abwärme teils direkt von der Natur in reichem Maße geboten wird, deren Verwertung bei genügender Einfachheit der Vorrichtung wirtschaftlich sein kann.

Die Vorrichtungen der zu besprechenden Gruppe besitzen das gemeinsame Merkmal der direkten Umsetzung ohne Bewegung von Teilen; sie bedürfen eines Arbeitsmittels, welches unter dem Einfluß von Wärmezu- und -abfuhr die Umsetzung ermöglicht. Nach Art der physikalischen Erscheinung unterscheidet man folgende Arbeitsvorgänge:

1. Thermoelektrische Vorgänge in Elektronenleitern,
2. thermoelektrische Vorgänge in Ionenleitern,
3. thermomagnetische Vorgänge,
4. thermodielektrische Vorgänge.

1. Thermoelektrische Vorgänge in Elektronenleitern.

Diese umfassen 3 im Zusammenhang stehende Erscheinungen, u. zw. den Seebeck-Effekt: Auftreten einer EMK in einem Leiterkreis aus zwei heterogenen Leitern, deren Berührungstellen einen Temperaturunterschied aufweisen; den Peltier- oder Heterogen-Effekt: reversibler Wärmeumsatz an den Berührungstellen bei Stromdurchgang; den Thomson- oder Homogen-Effekt: reversibler Wärmeumsatz im homogenen Leiter unter dem Einfluß eines Temperaturgefälles. Peltier- und Thomson-Effekt werden nach der Theorie von Thomson als streng reversibel angesehen. Außerdem treten als irreversible Vorgänge Joulesche Wärme und Wärmeleitung auf. Das Arbeitsmittel wird bei thermoelektrischen Vorgängen aus mindestens zwei heterogenen Leitern gebildet, die ein Temperaturgefälle aufweisen. Infolge des erzielbaren geringen thermoelektrischen Effektes treten die unvermeidlichen Verlustwärmen relativ stark hervor. Eine Beschränkung unter ein gewisses Maß ist wegen des engen Zusammenhanges zwischen elektrischer und Wärmeleitung nicht möglich. Zahlentafel 1 läßt das ungünstige Verhältnis erkennen. Die Verlustwärmen sind hierbei auf den Zentimeterwürfel und 200 ° Temperaturunterschied bezogen. Bisher konnten wirtschaftlich annähernd brauchbare Wirkungsgrade nicht erzielt werden.

Zahlentafel 1. Peltier- und Verlustwärmen für das Element Wismut—Antimon.

Wärmemenge cal/s	Stromstärke in Amp.			
	1	100	500	1000
Peltier 200° C.	0,015	1,5	7,5	15
Leitung	12	12	12	12
Joule	—	0,4	10	40

Über die Möglichkeit einer ausreichenden Verbesserung läßt sich Sicheres nicht aussagen, da die Kenntnis über das eigentliche Wesen der Erscheinung noch relativ unvollkommen ist. Derzeit ist nicht einmal geklärt, ob die reversiblen Vorgänge vollständig unabhängig von der irreversiblen Wärmeleitung sind; feststehend ist nur deren Unvermeidbarkeit.

Bei Begriffserweiterung der thermoelektrischen Erscheinung auf den gleichfalls unter Wärmeumsatz verlaufenden Elektronenübergang an der Grenzfläche Metall—Vakuum zählt auch dieser Vorgang in die vorbesprochene Gruppe. Bei diesem Vorgang erfolgt der Energieumsatz durch Aufbrauch der auf thermischem Wege den Elektronen erteilten kinetischen Energie beim Anlaufen gegen ein elektrisches Feld. Geht man von der Vorstellung eines Elektronengases aus, so entspricht dem Austritt aus der Grenzfläche eine Verdampfung. Der Energie- bzw. Wärmeaufwand für diesen Verdampfungsvorgang wird bedingt durch die eigentliche Ablösearbeit und den kinetischen Energieinhalt nach dem Austritt. Wird die Ablösearbeit unabhängig von der Temperatur angenommen, so beträgt der gesamte Energieaufwand für die Ladungseinheit

$$A = \varphi_0 + \frac{2kT}{e},$$

φ_0 Richardsonsche Konstante, e Elektronenladung, k Boltzmannsche Konstante (Gaskonstante des Atoms). Merkbarer Energieumsatz erfordert an und für sich hohe Temperaturen und große Unterschiede derselben. Dadurch werden erhebliche Strahlungsverluste unvermeidbar; Versuchsresultate bestätigen dies. An einem glühelektrischen Element wurden folgende Werte gemessen[2]: angenommene Heizenergie der Glühelektrode bei 1000 ° und 33 cm² Glühfläche 150 W, abgegebene elektrische Energie $1{,}5 \cdot 10^{-9}$. Der Nutzeffekt ist daher verschwindend klein. Der Vorgang deckt sich im Wesen mit der für Kühlvorrichtungen vorgeschlagenen Umsetzung, bei welcher die kinetische Expansionsenergie elektrisch aufgeladener Gase oder Dämpfe (Molekül-Ionen) beim Anlaufen gegen ein Feld entzogen und als elektrische Energie nach außen abgegeben wird. Der scheinbar sehr einfache Vorgang stößt auf große praktische Schwierigkeiten.

2. Thermoelektrische Vorgänge in Ionenleitern.

Die Grundlage hierfür bildet einerseits die thermische Beeinflußbarkeit der Arbeitsfähigkeit elektrochemischer Vorgänge und anderseits deren thermische Rückführbarkeit in den Ausgangszustand. Das Arbeitsmittel besteht in beiden Fällen aus aktiver Elektrodenmasse und Elektrolyt.

Allgemein treten bei isothermen elektromotorisch wirksamen Reaktionen, die unter maximaler Arbeitsleistung verlaufen, zusätzliche, als latente Wärmen bezeichnete reversible Wärmeeffekte auf. Wärmeaufnahme bedingt steigende, Wärmeabgabe sinkende Arbeitsfähigkeit bei steigender Temperatur. Das Maß für die Änderung der Arbeitsfähigkeit bildet der Temperaturkoeffizient, d. i. die Änderung der EMK für 1 ° Temperaturänderung. Gemäß der als Gibbs-Helmholtzsche Gleichung bezeich-

[1] Näheres siehe bei E. de Fodor, Elektrizität direkt aus Kohle, Elektrotechn. Bibliothek Bd. 16, Verlag Hartleben, und bei E. Bechterew, Galv. Elemente m. Kohlenanoden, Z. Elektrochemie Bd. 17, S. 851 (1911).

[2] E. Schlichter, Ann. Phys. Bd. 47, S. 573 (1915).

Digitized by Google

neten Fassung des zweiten Hauptsatzes ist die EMK einer isothermen Reaktion bestimmt durch die kalorimetrisch gemessene Reaktionswärme, den Temperaturkoeffizienten, die Absoluttemperatur und die Wertigkeit des wirksamen Ions:

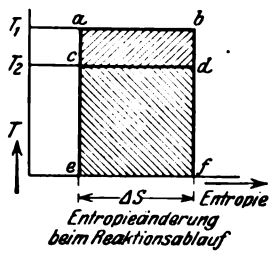
$$E = \frac{Q}{n F} + T \frac{\mathrm{d}E}{\mathrm{d}T},$$

Q Reaktionswärme (für konstanten Druck), n Wertigkeit, F Valenzladung = 96 500 C, T Absoluttemperatur, $\mathrm{d}E/\mathrm{d}T$ Temperaturkoeffizient. Der Temperatureinfluß steht im Zusammenhang mit der den Vorgang begleitenden Entropieänderung. In der Entropieform lautet die Gleichung

$$E = \frac{Q}{n F} + \frac{\Delta S}{n F} T,$$

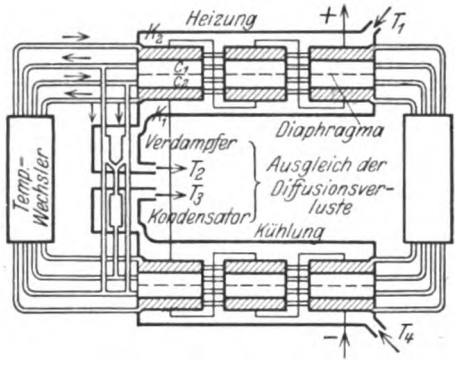
wobei ΔS die Entropieänderung bedeutet. Das Glied $\Delta S\,T$ bzw. $\frac{\mathrm{d}E}{\mathrm{d}T}\,T\,n\,F$ gibt die latente Wärme des Vorganges an. Je nach den Reaktionsbedingungen kann dieselbe positive oder negative Werte annehmen (positiv bedeutet aufgenommene Wärme). Wie zu ersehen, ist nur das zweite Glied der Gleichung temperaturabhängig, während die Reaktionswärme innerhalb nicht zu großer Temperaturbereiche konstant bleibt, entsprechend den geringen Änderungen der spez. Wärme. Bei reinen Konzentrationselementen (gleiche Elektroden, verschiedene Elektrolytkonzentrationen) beschränkt sich die Reaktionswärme auf Lösungs- und Verdünnungswärmen. Im Grenzfall ideal verdünnter Lösungen (ohne Verdünnungswärme) wird die Energieabgabe ausschließlich durch die der Entropieänderung entsprechende Wärmezufuhr bedingt. Es gilt dann die Gleichung

$$E = \frac{R\,T}{n\,F} \lg \frac{c_1}{c_2},$$



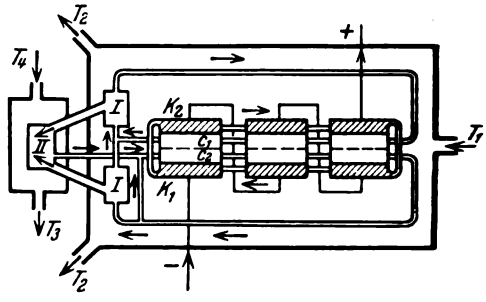
abef zugeführte Wärme bei T_1
cdef abgeführte „ „ T_2
abcd in Arbeit verwand. Wärme

Abb. 1. Wärmediagramm (konstante Konzentration und Temperatur).



K_1, K_2 Amalgamkonzentration c_1, c_2 Elektrolytkonzentration $K_1 > K_2$. $c_1 > c_2$

Abb. 2. Reihengegenschaltung mit elektrischer Rückwandlung.



$K_1 = K_2$, $c_1 > c_2$

Abb. 3. Reihenschaltung mit thermischer Elektrolytrückwandlung.

R Gaskonstante, c_1, c_2 Ionenkonzentrationen. Bei ideal konzentrierten Lösungen ist hingegen die Arbeitsleistung gleich der Verdünnungswärme, d. h. die latente Wärme und der Temperatureinfluß sind Null. Zwischen beiden Grenzfällen liegen die wirklichen Lösungen. Von den elektromotorisch wirksamen Konzentrationsübergängen sind jene gleichioniger Lösungen thermisch rückwandelbar. Die Rückwandlung kann durch einen Destillationsvorgang erfolgen.

Für die thermische Energieumwandlung ergeben sich mithin folgende Möglichkeiten: a) Ausnutzung der latenten Wärme, b) thermische Rückwandlung, c) Vereinigung der beiden Vorgänge. — Beim Arbeitsgang nach a) werden Zellen in Gegenschaltung verwendet, die unter verschiedener Temperatur arbeiten. Hierbei erfolgt in den Zellen mit erhöhter Temperatur eine der latenten Wärme entsprechende Wärmeaufnahme, hingegen in den Zellen mit niedriger Temperatur Wärmeabgabe. Abb. 1 zeigt das Wärmediagramm des Vorganges. Infolge Gegenläufigkeit der beiden Reaktionen ermöglicht die Gegenschaltung eine Rückführung der Reaktionsteilnehmer in den Ausgangszustand (Arbeitsgang mit elektrischer Rückwandlung). Im Gegensatz zu metallischen Thermoelementen läßt sich bei mehr als zwei Zellen die Reihengegenschaltung anwenden, da jede Zelle Träger einer EMK ist (Abb. 2). Es bleibt hierbei die Wärmeleitung auch bei beliebiger Zellenzahl auf zwei Verbindungsleitungen beschränkt.

Die nutzbare EMK ist gegeben durch die Beziehung

$$\Delta E = (T_1 - T_2) \frac{\mathrm{d}E}{\mathrm{d}T} = (T_1 - T_2) \frac{\Delta S}{n F}.$$

Maßgebend ist daher nur die absolute Größe des Temperaturkoeffizienten ohne Rücksicht auf das Vorzeichen und die Höhe der Temperaturdifferenz. Vorausgesetzt sind hierbei Unabhängigkeit der Reaktionsenergie von der Temperatur und ausreichende Mengen der reagierenden Substanzen, so daß keine wesentliche Änderung der Zusammensetzung eintritt. Für den Temperaturkoeffizienten ist hauptsächlich der Konzentrationsübergang entstehender und verschwindender Ionen maßgebend. Zahlentafel 2 zeigt die Temperaturkoeffizienten einiger galvanischer Vorgänge bei den üblichen Konzentrationen. Bemerkenswert ist die letzte Reaktion, welche dem Clark-Element zugrunde liegt; der hohe Koeffizient wird wesentlich durch die Löslichkeit des als Bodenkörper vorhandenen Zinksulfats bedingt.

Zahlentafel 2. Temperaturkoeffizienten.

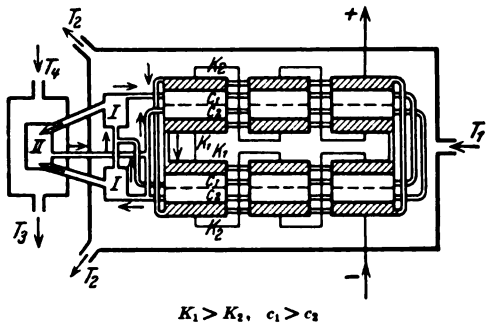
Reaktion	$\mathrm{d}E/\mathrm{d}T$ [V/°C]
$CdHg/CdSO_4 - Hg_2SO_4/Hg$	$+ 1.10^{-4}$
$Pt\,J_2/HJ - HJ/H_2\,Pt$ (1 at)	$- 11.10^{-4}$
$Pt\,J_2/KJ - AgJ/Ag$	$+ 3.10^{-4}$
$CuHg/CuSO_4 - Hg_2SO_4/Hg$	$+ 6{,}7.10^{-4}$
$ZnHg/ZnCl_2 - Hg_2Cl_2/Hg$	$- 1.10^{-4}$
$Zn/ZnSO_4$ gesättigt, $ZnSO_4 . 7\,H_2O$ fest $- Hg_2SO_4/Hg$	$- 12.10^{-4}$

Der Konzentrationseinfluß auf den Temperaturkoeffizienten führt zur Anwendung von Konzentrationselementen mit verschieden konzentrierten Elektrolyten und Elektroden. Bei Konzentrationselementen mit Flüssigkeitsberührung kommen wegen der Diffusion nur gleichionige Lösungen, getrennt durch Diaphragma, in Betracht. Konzentrationsunterschiede der Elektroden lassen sich durch Verwendung von Mischelektroden in Form von Amalgamen und Gaselektroden erzielen. Rücksichten auf kontinuierlichen Arbeitsgang und Polarisation erfordern flüssige Amalgame, die in ständigem Umlauf gehalten werden. Gaselektroden, die wohl durch Wahl des Druckes erhebliche Konzentrationsunterschiede ermöglichen, bieten wegen der Schwierigkeit einer ausreichenden Sättigung wenig Aussicht. Abb. 2 zeigt schematisch den Aufbau einer derartigen Vorrichtung mit Flüssigkeitstrennung durch Diaphragma. Elektrolyt und Amalgam laufen über Temperaturwechsler ständig um. Die unvermeidlichen Diffusionsverluste werden durch einen Destillationsvorgang ausgeglichen. Der erforderliche Wärmebedarf wird dem noch mit höherer Temperatur abströmenden Wärmeträger entnommen.

Der Arbeitsgang nach b) gibt den einfachsten Aufbau (Abb. 3). Amalgam und Elektrolyt befinden sich gleichfalls in ständigem Umlauf. Konzentrationsunterschiede müssen hierbei auf den Elektrolyten beschränkt bleiben mit Rücksicht auf die Schwierigkeit einer thermischen Rückwandlung der Amalgamkonzentration. Die Anwendung von umlaufendem Amalgam bezweckt lediglich Unabhängigkeit der Elektrodenform von Abscheidung und Lösung, Vermeidung der Elektrodenumschaltung und Verringerung der Polarisation. Grundbedingung bilden hoher Konzentrationsunterschied, umkehrbarer Elektrodenvorgang und umkehrbare Rückführung der Konzentrationsverhältnisse. Hingegen ist die Temperaturabhängigkeit der EMK im Gegensatz zum früheren Arbeitsgang nicht erforderlich, da der Wärmeumsatz bei der Rückwandlung erfolgen soll. Die Zellentemperatur ist daher nicht ausschlaggebend, doch bringt erhöhte Zellentemperatur bei positivem Temperaturkoeffizienten einen Gewinn an nutzbarer EMK. Der obigen Bedingung genügen eine Reihe von Metallsalzlösungen, insbesondere Komplexverbindungen des Ammoniaks. Letzteres bildet mit mehreren Metallsalzen durch Anlagerung thermisch wieder spaltbare Komplexverbindungen unter erheblicher Verminderung

Digitized by Google

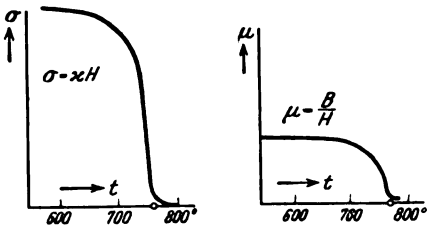
der Ionenkonzentration. Die elektromotorische Verwertung führt zu einem Element nach dem Schema: Me/Metallsalzlösung—Metallsalzlösung gesättigt mit Ammoniak/Me. Ein Element nach diesem Schema mit Zink und Zinkchlorid gibt eine EMK von rd. 0,35 V; bei einer Elektrodenfläche von 160 cm², 3 mm Diaphragmastärke, 20 mm Plattenabstand beträgt der Kurzschlußstrom rd. 1,5 A. Merkliche Stromabnahme tritt erst nach längerer Zeit ein. Die thermische Rückführung bereitet jedoch erhebliche technische Schwierigkeiten, da der ursprüngliche Konzentrationszustand in bezug auf Ammoniak und Metallsalz hergestellt werden muß.



$K_1 > K_2$, $c_1 > c_2$

Abb. 4. Reihengegenschaltung mit elektrischer Elektroden- und thermischer Elektrolyt-Rückwandlung.

Der Arbeitsgang nach c) ist in Abb. 4 dargestellt. Elektroden und Elektrolyt sind verschieden konzentriert beide gegengeschaltete Zellengruppen arbeiten bei gleicher Temperatur. In der einen Zellengruppe erfolgt die Rückwandlung der Amalgamkonzentration bei vertauschter Elektrolytkonzentration; bei geeigneter Wahl der Konzentrationsverhältnisse kann die EMK dieser Zellengruppe hierdurch auf Null gehalten werden. Die Rückwandlung der Elektrolytkonzentration erfolgt wie beim früheren Arbeitsgang durch Destillation. — Auf die Möglichkeit einer Verwertung elektrolytischer Thermoeffekte wurde bereits im Jahre 1894 von W. Nernst gelegentlich eines Vortrages in Göttingen hingewiesen. Der praktischen Durchführung stellen sich jedoch ganz außerordentliche Schwierigkeiten entgegen, namentlich mit



o Curiepunkt, rd. 770°

Abb. 5. Magnetisierungs- und Permeabilitätsverlauf für Eisen in der Nähe des Curiepunktes bei mittleren Feldstärken.

Rücksicht auf den durchweg geringen Betrag an erzielbarer EMK. Hierdurch werden besondere Maßnahmen zur Beschränkung der inneren Verluste erforderlich, die meist zu unerwünschten Komplikationen führen.

3. Thermomagnetische Vorgänge.

Diese beruhen auf der thermischen Abhängigkeit der Magnetisierung paramagnetischer, insbesondere ferromagnetischer Stoffe. Der Energieumsatz erfolgt durch periodische Temperaturänderung magnetisierbarer Stoffe, die unter dem Einfluß einer magnetisierenden Kraft stehen und deren Zustandsänderung induzierend auf ein Leitersystem wirkt. Als Arbeitsmittel kommt in erster Linie Eisen in Betracht.

Para- und ferromagnetische Stoffe unterscheiden sich auch hinsichtlich ihres thermomagnetischen Verhaltens wesentlich voneinander. Erstere zeigen proportionale Temperaturabhängigkeit der Magnetisierung, wie es das Curiesche Gesetz[3] zum Ausdruck bringt: $\varkappa = C/T$, wobei $\varkappa$ die Magnetisierungszahl, C die Curiekonstante bedeuten. Mit Rücksicht auf die geringe Permeabilität paramagnetischer Stoffe erübrigt sich deren Berücksichtigung. Bei ferromagnetischen Stoffen fehlt der proportionale Zusammenhang, der Magnetisierungsverlauf wird stark von der äußeren Feldstärke beeinflußt. Charakteristisch ist der rapide Magnetisierungsabfall bei einer bestimmten Temperatur. Diese als Curiepunkt bezeichnete Grenztemperatur bildet nach P. Weiß den Übergangspunkt von ferro- in paramagnetisch, meist als α- und β-Eisen gekennzeichnet. Abb. 5 zeigt den Verlauf von Magnetisierung und Permeabilität. Bei Fehlen von Koerzitivkraft und Wirbelstrom ist jede Magnetisierungsänderung als reversibel anzusehen und verläuft unter Entropieänderungen, d. h. es treten bei isothermer Zustandsänderung reversible Austauschwärmen auf (Satz von Thomson). Zwischen Wärmeeffekt und magnetischer Zustandsänderung besteht folgender Zusammenhang[4] (nahe dem Curiepunkt):

$$\mathrm{d}q = \frac{\partial u}{\partial T}\,\mathrm{d}T - \frac{T}{C}\,\mathrm{d}\left(\frac{\sigma^2}{2}\right) = \frac{\partial u}{\partial T}\,\mathrm{d}T - \frac{C\,T}{(T-\Theta)^2}\,\mathrm{d}\left(\frac{H^2}{2}\right),$$

u innere Energie, Θ kritische Temperatur, C Curiekonstante, σ Magnetisierung, H Feldstärke. Das erste Glied entspricht der Wärmekapazität im gewöhnlichen Sinne. Der dem zweiten Glied entsprechende Wärmeanteil wird als magnetokalorischer Effekt bezeichnet; er erreicht im Curiepunkt das Maximum, da hierbei der σ-Wert die stärkste Änderung erfährt. Nach beiden Temperaturrichtungen tritt rascher Abfall ein. Bestimmend für den Energieumsatz ist die Größe dieses Effektes. Es kommen daher nur Temperaturbewegungen in der Nähe des Curiepunktes in Betracht. Das praktisch brauchbare Temperaturgefälle ist daher klein, wenn auch die Temperaturen an und für sich hoch liegen. Derartige Vorrichtungen können nur einen kleinen Bereich des Temperaturgefälles ausnutzen. Überdies bereitet eine möglichst verlustfreie Temperaturänderung großer Eisenmassen kaum zu überwindende Schwierigkeiten, die noch durch die Rücksicht auf einen technisch brauchbaren Verlauf der EMK vermehrt werden.

Die schon frühzeitig bekannte Erscheinung hat mehrfach zu Vorschlägen und Versuchen angeregt, u. a. stammt ein Vorschlag von Tesla[5]. Bemerkenswert ist der von Edison gebaute „pyromagnetische Generator", welcher auf der Pariser Weltausstellung im Jahre 1889 vorgeführt wurde[6]. Abb. 6 zeigt schematisch den Aufbau einer derartigen Vorrichtung in Anlehnung an die Edisonsche Bauart. Die Schwächen solcher Maschinen sind hieraus ohne weiteres zu entnehmen.

Zu der Gruppe gehörend ist noch die als Ettingshausen-Nernst-Effekt bezeichnete Erscheinung zu erwähnen, gekennzeichnet durch das Auftreten einer EMK in Elektronenleitern unter dem Einfluß eines Temperaturgefälles und eines magnetischen Feldes quer zum Wärmestrom. Es treten in transversaler und longitudinaler Richtung Effekte auf. Ersterer ist gegeben durch die Beziehung[7]

$$E = K\,b\,H\,\frac{t_1 - t_2}{l},$$

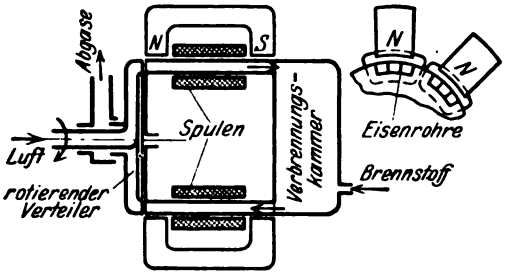
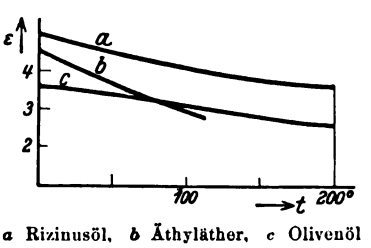


Abb. 6. Thermomagnetischer Generator.



a Rizinusöl, b Äthyläther, c Olivenöl

Abb. 7. Abhängigkeit der Dielektrizitätskonstanten von der Temperatur.

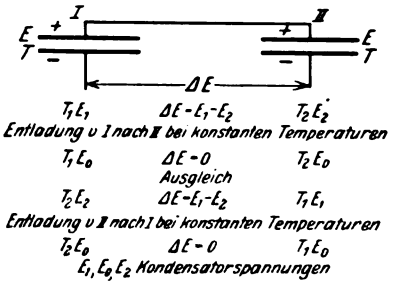


Abb. 8. Kondensatoren in Gegenschaltung. Spannung in Abhängigkeit von der Temperatur.

[3] Erich Marx, Handbuch der Radiologie Bd. 6. Akademische Verlagsges., Leipzig 1925.
[4] Wie Fußnote 3.
[5] ETZ 1890, S. 340.
[6] E. Fodor, wie Fußnote 1.
[7] Geiger-Scheel, Handbuch der Physik Bd. 13. Verlag Julius Springer, Berlin 1928.

Digitized by Google

K Ettingshausen-Nernst-Koeffizient, b Leiterbreite, l Leiterlänge, $t_1 - t_2$ Temperaturgefälle, H Feldstärke. Die EMK erreicht selbst bei den wirksamsten Metallen Wismut und Tellur nur kleine Beträge; für $b = 1$, $l = 1$, $t_1 - t_2 = 100\,°$ und $H = 1000$ Gauß gibt Wismut eine EMK von der Größenordnung 10^{-4} V. Derartig kleine Werte schließen bei dem erheblichen Verlust durch Wärmeleitung eine technische Verwendung aus.

4. Thermodielektrische Vorgänge.

Dieselben beruhen auf der thermischen Abhängigkeit der dielektrischen Polarisation. Der Arbeitsvorgang wird ermöglicht durch Gegenschaltung von Kondensatoren, deren Dielektrikum einer periodischen Temperaturänderung unterliegt. Das Arbeitsmittel bildet das Dielektrikum. Hinsichtlich desselben sind zwei Fälle zu unterscheiden: a) Dielektrika ohne permanente Polarisation und b) mit permanenter Polarisation. Erstere bilden den allgemeinen Fall; sie unterliegen bei Änderung eines einwirkenden Feldes reversiblen Wärmeeffekten, sofern die Dielektrizitätskonstante temperaturempfindlich ist. Die Größe ist dem Quadrat der Feldstärke proportional (quadratischer kalorischer Effekt). Allgemein zeigen flüssige und gasförmige Dielektrika (bei konstantem Druck) abnehmende, feste hingegen zunehmende Dielektrizitätskonstante mit steigender Temperatur. Der Temperatureinfluß ist teils direkter Natur, teils auf Dichteänderungen zurückzuführen. Innerhalb nicht zu großer Bereiche beträgt bei Flüssigkeiten die prozentuale Änderung für 1 ° durchschnittlich 0,3 ... 0,6, sie ist durchschnittlich größer als bei festen und insbesondere gasförmigen Stoffen. Abb. 7 läßt den ähnlichen Verlauf bei Flüssigkeiten erkennen.

Das Verhalten der Kondensatoren steht in gewisser Hinsicht in Übereinstimmung mit galvanischen Elementen, d. h. die Arbeitsfähigkeit ist gleichfalls von der Temperatur abhängig. Die abgegebene (freie) Energie ist größer oder kleiner als der durch Ladung und Potential bestimmte elektrische Wärmeinhalt, je nachdem die Dielektrizitätskonstante mit der Temperatur ab- oder zunimmt. Es kann daher auch für diesen Fall die Gibbs-Helmholtzsche Gleichung sinngemäße Anwendung finden, wobei an Stelle der Reaktionswärme der elektrische Wärmeinhalt tritt. Für die Kondensatorspannung gilt die Gleichung[8]

$$E = \frac{\mathrm{d}\,\mathfrak{H}}{\mathrm{d}\,M} + \frac{\mathrm{d}\,E}{\mathrm{d}\,T}\,T,$$

$\mathrm{d}\,\mathfrak{H}/\mathrm{d}\,M$ Änderung des elektrischen Wärmeinhaltes für die Ladungseinheit, $\mathrm{d}\,E/\mathrm{d}\,T$ Änderung der Spannung für 1 °. Es weicht daher die freie Energie $E \cdot \mathrm{d}\,M$ (bei Ladungsentnahme $\mathrm{d}\,M$) von der Änderung des Wärmeinhaltes $\mathrm{d}\,\mathfrak{H}$ ab, wenn die Kondensatorspannung bzw. die Dielektrizitätskonstante temperaturveränderlich ist.

Die Größe des kalorischen Effektes (für die Volumeneinheit) in Abhängigkeit von Feldstärke, Temperatur und Temperaturkoeffizient läßt sich durch die Beziehung ausdrücken

$$q = T\,\frac{\mathrm{d}\,\varkappa}{\mathrm{d}\,T}\,\mathfrak{E}\,\mathrm{d}\,\mathfrak{E} = \frac{T}{4\pi}\,\frac{\mathrm{d}\,\varepsilon}{\mathrm{d}\,T}\,\mathfrak{E}\,\mathrm{d}\,\mathfrak{E}^{*9}, \quad \varepsilon = 1 + 4\pi\varkappa,$$

$\varkappa$ Elektrisierungszahl, ε Dielektrizitätskonstante, $\mathfrak{E}$ Feldstärke. Bei Änderung der Feldstärke von 0 bis $\mathfrak{E}$ wird

$$q = \frac{T}{4\pi}\,\frac{\mathrm{d}\,\varepsilon}{\mathrm{d}\,T}\,\frac{\mathfrak{E}^2}{2}.$$

Gleichwie bei galvanischen Prozessen kann der Energieumsatz bei konstanter oder veränderlicher Temperatur erfolgen. In Abb. 8 ist der Spannungsverlauf bei sprunghafter Temperaturänderung (Ladungsaustausch bei konstanter Temperatur) schematisch dargestellt. Großer Energieumsatz erfordert starke Feldänderung und hohe Dielektrizitätskonstante bei erheblicher Temperaturempfindlichkeit. Selbst bei hohen Werten ist der Effekt noch gering. So ergibt Äthylalkohol mit der hohen Dielektrizitätskonstante 26 und dem Temperaturkoeffizienten rd. 0,12 bei einer Feldänderung von 30 000 auf 0 V/cm für $T = 350\,°$

$$q = \frac{350}{4\pi} \cdot 0{,}12 \cdot \frac{100^2}{2} \approx \frac{35}{2} \cdot 10^3\ \mathrm{erg} \approx 4 \cdot 10^{-4}\ \mathrm{cal}.$$

Der geringe Energieumsatz wird mit Rücksicht auf Hystereseverluste und die große durch die Wärmekapazität bedingte Wärmebewegung eine technische Verwertung kaum zulassen.

Dielektrika nach b) zeigen gleichfalls reversible Wärmeeffekte, die jedoch der Feldstärke einfach proportional sind (linearer kalorischer Effekt). Diese Stoffe bilden die sog. pyroelektrischen Kristalle mit polarer Symmetrieachse von der Art des Turmalins. Nach der Annahme von Thomson besitzen dieselben eine permanente Polarisation, die bei unveränderlicher Temperatur infolge Oberflächenleitung unwirksam wird. Temperaturänderung verursacht eine Veränderung der Polarisation, deren elektrisches Moment infolge fehlender Kompensation nach außen zur Wirkung kommt. Die Größe des kalorischen Effektes ist gegeben durch die Beziehung[10] $q = p\,T \cdot \mathrm{d}\,\mathfrak{E}$, p pyrolektrische Konstante (Änderung des elektrischen Momentes der Volumeneinheit für 1 °), $\mathrm{d}\,\mathfrak{E}$ Feldstärkenänderung, T Absoluttemperatur. Für Turmalin beträgt bei $T = 350\,°$ $p \approx 1{,}2$; bei einer Feldänderung von 30 000 auf 0 V/cm ergibt sich der Wärmeeffekt $q = 1{,}2 \cdot 350 \cdot 100 = 42 \cdot 10^3$ erg $\approx 10^{-3}$ cal (Gültigkeit der Gleichung für die starke Feldänderung vorausgesetzt).

Die mehr als 200 Jahre bekannte Erscheinung wurde mehrfach zur Elektrizitätserzeugung vorgeschlagen. Eine Anregung stammt bereits aus dem Jahre 1806. Die technische Brauchbarkeit erscheint jedoch noch fraglicher als bei den vorbesprochenen Stoffen, da die kaum zu vermeidende ungleichmäßige Erwärmung innere Ladungen und damit Herabsetzung des Effektes zur Folge hat.

[8] G. Lewis u. M. Randall, Thermodynamik, Verlag Julius Springer, Berlin 1927.

[*9] Wie Fußnote 3.

[10] Wie Fußnote 7.

Über die Betriebsicherheit der Großfernversorgung.

Von **M. Neustätter**, Berlin.

Es sind in letzter Zeit von berufener Seite in der Fachpresse Äußerungen veröffentlicht worden, die der Großfernversorgung den erforderlichen Grad von Betriebsicherheit absprechen. Derartige Äußerungen könnten geeignet sein große Beunruhigung hervorzurufen, und deshalb erscheint es erforderlich, diese Frage gründlicher zu erörtern.

Es mutet merkwürdig an, wenn auch heute noch vom Großbezieher Spannungs- und Frequenzschwankungen, die keinerlei Folgen haben, in den Berichten als Störungen bezeichnet werden, die nur dank der größeren Empfindlichkeit der registrierenden Instrumente erfaßt werden. In einer mir vorgelegten Statistik eines mittelbar versorgten Gebietes betrafen etwa ⅔ aller dort verzeichneten „Störungen" Spannungschwankungen unter 3 %. Es sind sogar Fälle zu verzeichnen, bei denen die Spannungsänderung, die beim planmäßigen Abschalten eines Stromkreises einer Doppelleitung auftritt, von dem Strombezieher unter Störungen registriert wird. Ferner werden der Großfernversorgung Vorgänge in die Schuhe geschoben, die mit ihrer Eigenart gar nichts zu tun haben. Hierzu gehören alle Vorkommnisse in den Kraftwerken. Es ist nicht einzusehen, warum die Kraftwerke einen anderen Grad von Betriebsicherheit besitzen sollen, wenn sie statt in dem zu versorgenden Gebiet selbst 100 km oder mehr hiervon entfernt liegen.

Die Fernversorgung als solche hierfür haftbar zu machen, ist abwegig. Das gleiche gilt für eine Reihe weiterer Vorgänge, wie z. B. für Schaltfehler, die sich nun einmal nicht vermeiden lassen, solange man mit Menschen als Bedienungspersonal zu arbeiten hat.

Als Störungen, die in der Fernversorgung als solcher ihren Ursprung haben, kommen nur die in Betracht, die auf Schäden in den Leitungen selbst zurückzuführen sind und speziell auf Freileitungen, da Kabel bis jetzt in größerem Umfang für die höheren Spannungen, die hier Voraussetzung sind, noch nicht verwendet werden.

Im folgenden soll auf diese Freileitungen ausführlicher eingegangen werden. Sieht man von Zwischenfällen ab, die nur ganz vereinzelt auftreten, z. B. Kurzschlüsse durch Fremdkörper, Selbstmordversuche, Waldbrände u. dgl., so kommen als Ursachen für die Störungen auf Freileitungen in Betracht:

1. Überschläge der Isolatorenketten bei starkem Nebel,
2. Überschläge bzw. Durchschläge der Ketten bei Gewitter.

Digitized by Google

Zu 1. Die Überschläge bei nassem Nebel reten nur dann auf, wenn die Isolatoren stark verschmutzt ind. Im Betrieb der Elektrowerke wurde diese Erscheinung nur im Gebiet der chemischen Fabriken Bitterfeld beobachtet und führte dazu, daß die Elektrowerke eine neue Isolatorentype entwickelten, bei welcher die Rillen nicht senkrecht nach abwärts, sondern unter einem Winkel gegen die Horizontale geneigt angeordnet sind, um dem Wind besseren Zutritt zur Selbstreinigung zu geben.

Ferner wurde aus der Beobachtung heraus, daß horizontale Ketten, wahrscheinlich infolge der leichteren Reinigung durch den Regen, auch bei nassem Nebel kaum unter Überschlägen zu leiden hatten, die Leitung in dem fraglichen Gebiet derartig umgebaut, daß die senkrechten Tragketten durch 2 horizontale Ketten ersetzt wurden. Der Erfolg war der, daß von Ende 1927 bis März 1929 nur einmal eine Kette bei Nebel überschlug. Im Frühjahr 1929 und in den ersten Monaten dieses Jahres stieg dagegen die Zahl der Überschläge bei nassem Nebel, was fraglos mit dem Ausbleiben länger andauernder Regenperioden zusammenhängt, wodurch die Reinigung durch den Regen in Wegfall kommt. Die Gesamtzahl der Auslösungen im Netz der Elektrowerke betrug in diesem Jahre für 7 Doppelleitungen 8, die jeweils nur wenige Minuten dauerten, und durchaus nicht immer Stromunterbrechungen zur Folge hatten. Wenn man diese an und für sich geringe Anzahl bereits als unerträglich empfindet, so beweist das nur, welch große Anforderungen man an die Fernversorgung stellt. Die Porzellanindustrie ist eifrig dabei, Isolatorentypen zu entwickeln, die diesen Verhältnissen noch besser als bisher Rechnung tragen.

Zu 2. Die Gewitterstörungen sind fraglos die größten Sorgenkinder der Fernversorgung, wenn man sich auch hierüber m. E. falsche Vorstellungen macht, weshalb im folgenden Erfahrungszahlen aus dem Betriebe der Elektrowerke mitgeteilt werden. Bei neuzeitlichen Hochspannungsfernleitungen wird, von ganz seltenen Ausnahmefällen abgesehen, ein Überschlag durch Gewitter die Isolatoren der Kette entweder gar nicht oder in so geringem Umfange beschädigen, daß die sofortige Wiedereinschaltung der herausgefallenen Leitung möglich ist. In diesem Punkt ist die Freileitung dem Hochspannungskabel ganz entschieden überlegen, denn eine Wiedereinschaltung des letzteren bei irgendeinem Überschlag dürfte wohl niemals in Frage kommen. Damit wird aber die Störungsdauer auf Minuten abgekürzt. Die Zahl der Gewitterstörungen für die 3 Doppelleitungen, die für die Versorgung von Berlin in Frage kommen, betrug in diesem gewitterreichen Jahr nur 5. Die Störungsdauer war im Mittel 4 min, nur in einem Fall, in dem ein Überschlag in der Freiluftstation Moabit der BEWAG bei Auftreten eines Gewitters erfolgt ist, trat eine Unterbrechung von 9 min ein. Es ist natürlich Ansichtsache, ob man die Freiluftstation als Teil der Freileitung ansehen will oder nicht. Ich neige zu der letzteren Annahme, denn selbst bei Verlegung von Hochspannungskabeln wird man auf die Ausführung der Schaltanlage als Freiluftstation zurückgreifen und damit mit der Gefahr einer Beeinflussung durch Gewitter rechnen müssen. Um aber auch für diese mit den heutigen Mitteln der Technik unvermeidbaren Fälle gerüstet zu sein, wird man bei der Versorgung großer Verbrauchszentren wie Berlin sich nicht mit nur einem Zuleitungsweg begnügen, sondern sie auf mehreren Wegen speisen. So wird Berlin z. Z. über 3 Doppelleitungen versorgt, und damit wurde erreicht, daß bei den vorerwähnten Störungen bei einer Gesamt-Fernstromlieferung bis zu 74 000 kW die Ausfälle bei Gewitterstörungen von durchschnittlich 4 min Dauer zwischen 10 000 und 20 000 20 000 kW schwankten.

Es ist besonders darauf hinzuweisen, daß diese verhältnismäßig geringen Ausfälle von den Berliner Anlagen selbst aufgenommen wurden, ohne daß die Verbraucher beeinträchtigt wurden. Ich komme hierauf noch zurück. Natürlich sei damit nicht gesagt, daß man sich mit diesen Zahlen zufriedengeben soll, im Gegenteil, es müssen alle Anstrengungen gemacht werden, um sie noch weiter herabzudrücken. Neue Wege hierzu sind bekannt, sie befinden sich im Stadium der Erprobung.

Nachdem im vorstehenden an Hand von Erfahrungszahlen gezeigt wurde, in welch geringem Umfange man z. Z. mit Störungen auf den Fernleitungen der Großversorgung zu rechnen hat, sei nun die Frage behandelt, wie sich deren etwaige Auswirkung auf den Abnehmer des gespeisten Verteilungsnetzes vermeiden läßt. Es stehen hierzu zwei verschiedene Wege zur Verfügung. Die erste Lösung besteht darin, daß Kraftwerke und Leitungen der Großfernversorgung untereinander und mit denen der Abnehmer in ähnlicher Weise gekuppelt und betrieben werden, wie das z. B. im 30 kV-Netz der BEWAG geschieht und von dieser ausführlich beschrieben worden ist. Selbstverständlich erfordern derartige Einrichtungen entsprechenden Kapitalaufwand. Man muß daher überlegen, ob nicht der zweite Weg richtiger ist, der darin besteht, daß die Momentanreserve der eigenen Anlage des Stromabnehmers bei Störungen des Fernstrombezuges einspringen soll. Diese Momentanreserve braucht er in der Regel mit Rücksicht auf Schäden in seinen eigenen Kraftwerken, auf plötzlichen Lastanstieg, bei Verdunklung des Himmels infolge von Gewittern, bei Ansturm auf Straßenbahnen und Untergrundbahnen, bei plötzlich einsetzendem Regen und ähnlichen Vorkommnissen. Aus einer Kurve in einem Aufsatz von Rehmer über die Stromversrogung von Berlin[1] ergibt sich z. B., daß diese Momentanreserve für Berlin, die in Batterien und in einer Dampfspeicheranlage besteht, rd. 60 000 kW beträgt, daß sie also die früher erwähnten Ausfälle durch Auslösung von Fernleitungen ohne Schwierigkeiten aufnehmen kann. Solange die Ausfälle der Fernversorgung die Momentanreserve im eigenen Netz nur zu einem Bruchteil in Anspruch nehmen, ist diese örtliche Momentanreserve das Richtige.

Reicht dagegen die Momentanreserve im Versorgungsgebiet nicht aus, diese Ausfälle zu decken, dann bedarf es ernster Überlegung, ob man nicht doch die Reserve in die Großversorgung legen soll. Diese Frage läßt sich nur von Fall zu Fall entscheiden, weil der Charakter des versorgten Gebietes stark ins Gewicht fällt. Enthält dieses ein ausgedehntes Freileitungsnetz mit langen Ausläufern, in dem Störungen häufiger auftreten, so wird man die Störungen der Fernversorgung leichter in Kauf nehmen als wenn es sich um ein zusammengedrängtes Kabelnetz handelt, bei dem die Abnehmer in der Regel verwöhnter sind. Vielfach läßt die Betriebsicherheit der Mittelspannungsnetze sehr zu wünschen übrig, nicht zum mindesten infolge der allgemeinen Kapitalnot. Es wäre vollkommen ungerechtfertigt, wenn für die Fernversorgung eines derartigen Gebietes derselbe Sicherheitsgrad verlangt würde wie für ein solches mit sorgfältig ausgebautem Kabelnetz. Die durch die Fernversorgung hinzukommenden Störungen spielen im Verhältnis zu den Störungen im eigenen Netz gar keine Rolle.

[1] Elektrizitätswirtsch. Bd. 27, S. 278 (1928).

Wertsteigerung und Literaturausnutzung.

Von Dipl.-Ing. Voß, Berlin.

Übersicht. Jedem Ingenieur sollten die wichtigen Veröffentlichungen seines Faches mühelos zugänglich sein. Die Auswertungsmöglichkeiten der technischen Literatur werden kritisch betrachtet. Für die verschiedenen Zwecke wird hierzu jeweils ein günstiger Weg angegeben.

Zweifellos wird jede Arbeit zunächst nur im Hinblick auf ein ganz persönliches Ziel des Schaffenden geleistet. Darüber hinaus hat aber die Arbeit selbst noch einen weiteren Wert, da ihr Ergebnis das Schaffen anderer zu befruchten und damit die Entwicklung vorwärts zu treiben vermag. Dieser Wert fällt oder steigt in dem Maße, wie es gelingt, die Arbeit allgemein bekannt zu machen. Ein Beispiel möge dies erläutern:

Als einer der größten aller jemals bekannten Forscher, Newton, erkannte, daß es ihm allein unmöglich sei, die das Weltall beherrschenden Gesetze bis in ihre letzten Auswirkungen zu erkennen, wollte er durch die Niederschrift seiner Lebensarbeit der folgenden Generation die Möglichkeit geben, sein Werk zu Ende zu führen. Kaum hatte Newton den Schlußsatz geschrieben, so wurde die Handschrift durch eine kleine Unachtsamkeit wieder vernichtet. Da ein Ersatz des Buches unmöglich war, hatte die Lebensarbeit des Forschers einen großen Teil ihres Wertes eingebüßt.

Heute hätte die Vernichtung eines einzelnen Werkes bei dem hohen Stand der Vervielfältigungstechnik und des Schrifttums überhaupt wenig zu bedeuten. Trotzdem geht

Digitized by Google

besonders auf technischem Gebiet noch viel wertvolle Arbeit verloren, nicht durch unglückliche Zufälle, sondern gerade durch den hohen Entwicklungstand technischer Literatur, der es dem einzelnen unmöglich macht, das ganze technische Schrifttum fortlaufend zu sichten und auszuwerten.

Soll einmal geleistete Arbeit möglichst weitgehend ausgenutzt werden, so ist es grundsätzlich gar nicht nötig, daß jeder einzelne die gesamte Fachliteratur verfolgt. Er muß nur von irgendeiner Seite jederzeit Auskunft über die für sein jeweiliges Arbeitsgebiet wichtigen Veröffentlichungen erhalten können. Für Quellennachweis und Literaturbeschaffung gibt es nun verschiedene Einrichtungen, deren sich der Ingenieur je nach seinen Ansprüchen bedienen kann.

Heute liest wohl jeder technisch Arbeitende eine Fachzeitschrift, die ihn auch über die Neuerscheinungen seines engeren Fachgebietes, etwa in Form von Buchbesprechungen, gut unterrichtet. Verbietet sich für den Ingenieur aus irgendeinem Grunde die Anschaffung der Werke, so können sie ihm durch eine Fachbibliothek zugänglich gemacht werden. Die Literaturerschließung durch Bibliotheken würde sich noch bedeutend vereinfachen, wenn die vorgeschlagene technische Zentralbibliothek zur Wirklichkeit werden könnte.

Zumeist wird dem Ingenieur nicht die Beschaffung der Literatur das meiste Kopfzerbrechen machen, sondern die Erschließung der vorhandenen Literaturquellen. Nur große Firmen können eigene Dienststellen unterhalten, die die maßgebenden Veröffentlichungen regelmäßig sichten und das Geeignete in Karteien registrieren, um es der Benutzung jederzeit zugänglich zu machen. Der Kosten- und Zeitaufwand dieser Arbeiten wäre für eine kleinere Firma und vor allem für den einzelnen untragbar.

Auch diese brauchen dem Problem der Literaturvermittlung heute nicht mehr ratlos gegenüberstehen, sie können sich der Hilfe von Vermittlungs- und Beratungstellen bedienen. Die vom Deutschen Verband technisch-wissenschaftlicher Vereine begründete Vermittlungstelle für den technisch-wissenschaftlichen Quellennachweis gibt ihnen die Gewähr, daß sie auf kürzestem Wege über Veröffentlichungen des gewünschten Gebietes unterrichtet werden. So wertvoll die auf diese Weise erzielbaren Fachauskünfte im einzelnen auch sein mögen, so ist die Einholung solcher Auskünfte, besonders wenn eine mehrmalige Inanspruchnahme der Vermittlungstelle notwendig wird, mit Zeitverlust und unter Umständen mit nicht unerheblichen Kosten verknüpft. Auch wird derjenige, der an selbständiges Arbeiten gewöhnt ist, nach einem Weg suchen, der ihn unabhängig von der Arbeit anderer macht, zumal er sich ein Urteil über den Wert einer von der Vermittlungstelle erhaltenen Auskunft nur schwer bilden kann.

Diesem Streben nach Selbständigkeit kommen einige technische Verlagsanstalten insofern entgegen, als sie jeden, der sich als Interessent für technische Literatur ausweist, durch Literaturkarten oder -fahnen über ihre Neuerscheinungen, auch über die Aufsätze ihrer Zeitschriften, unterrichten. Als Beispiel mögen hier die Literaturkarten des VDI-Verlages erwähnt werden, die sich infolge ihres Aufbaues ohne weiteres als Karten einer Literaturkartei verwenden lassen.

Auf diese Weise läßt sich ohne große Opfer an Zeit und Geld bereits eine Art Quellennachweis zusammenstellen, der allerdings mit allen Vor- und Nachteilen von Einrichtungen behaftet ist, die einem mehrfachen Verwendungszweck dienen sollen. Diese Nachteile können vollständig nur durch eine Einrichtung vermieden werden, die sich ausschließlich der Aufgabe des Quellennachweises widmet.

Werden die Verlags-Literaturkarten so ausgebaut, daß sie alle maßgebenden Veröffentlichungen umfassen, nicht allein die eines einzelnen Verlages, so erhält man eine Orientierungsmöglichkeit, die auch den höchsten Ansprüchen genügen kann. Die Karten bieten Raum genug, um den Inhalt der Aufsätze genau anzugeben. Ihre Einordnung in Kartenkästen sichert die Übersichtlichkeit und ermöglicht es, jedes einzelne Fachgebiet durch Neuerscheinungen laufend zu ergänzen. Ein solcher Quellennachweis ist die Kartei-Sonderausgabe des amerikanischen „Engineering Index". Die Art der Veröffentlichung auf Karteikarten bringt es mit sich, daß der Bezug des Engineering Index nicht gerade billig ist. Der jährliche Bezugspreis beträgt 2000 Dollar, ein Preis, der die Benutzung dieses Nachweises für kleinere Firmen und gar für Einzelpersonen unmöglich macht.

Zu einer anderen Art von Literaturnachweis kommt man durch Ausbau des Besprechungswesens der Zeitschriften. Viele Fachzeitschriften beschränken sich nicht mehr darauf, nur die ihnen zugesandten Neuerscheinungen zu besprechen; sie suchen von sich aus alle Veröffentlichungen ihres Fachgebietes zu erfassen, um ihren Lesern eine möglichst vollständige Literaturübersicht zu bieten. Solche Literaturnachweise finden sich, um nur wenige Beispiele anzuführen, im „Bauingenieur", in der „Bautechnik", im „Glückauf", im „Stahl und Eisen" und in anderen Fachblättern.

Noch einen Schritt weiter ist die Zeitschrift „Stahl und Eisen" gegangen. Sie gibt die in jeder Nummer erscheinende Literaturübersicht außerdem gesammelt als besondere Zeitschrift heraus, und bildet so ein Bindeglied zu der reinen Zeitschriftenschau, d. h. zu einer regelmäßig erscheinenden Zeitschrift, die sich ausschließlich damit beschäftigt, ihre Leser über neue Veröffentlichungen zu unterrichten. Da diese Blätter, wie das Chemische Zentralblatt, die Physikalischen Berichte, die Zeitschriftenschau des Telegraphischen Reichsamtes, das Bulletin International du Froid usw., Wert darauf legen, den Inhalt der Aufsätze und Bücher in längeren Referaten möglichst genau wiederzugeben, müssen sie sich naturgemäß auf ein einzelnes Fachgebiet beschränken, um nicht zu umfangreich zu werden. Den Nachteil eines größeren Umfanges und der dadurch verminderten Übersichtlichkeit nehmen einige Zeitschriftenschauen in Kauf, die nach Art der bisher genannten das ganze Gebiet der Technik behandeln. Diese gleichen dann allerdings trotz öfteren Erscheinens, wie die Engineering Abstracts, mehr einem umfangreichen Buch als einer Zeitschrift.

Der Wert einer Zeitschriftenschau überhaupt geht wohl am besten aus der Tatsache hervor, daß auch technisch noch weniger entwickelte Länder sich ihrer bedienen, wie die Herausgeber der „Abstracts from Rikawagaku" für Japan beweist.

Soll trotz Erfassung der Neuerscheinungen der ganzen technischen Literatur die Übersichtlichkeit einer Zeitschriftenschau gewahrt bleiben, so muß auf die Ausführlichkeit in der Behandlung einzelner Neuerscheinungen verzichtet werden, die ja das Lesen des Aufsatzes selbst doch nicht ersetzen kann. Diesen Weg ist die „Technische Zeitschriftenschau mit Bücherschau" [1] gegangen. Die kurzen gehaltvollen Referate dieser Zeitschrift geben neben Titel, Umfang und Quelle der Aufsätze und Bücher ihren Inhalt doch so genau an, daß sich jeder ein Bild machen kann, ob die angeführte Literatur auch tatsächlich für seine Zwecke geeignet ist.

Die Technische Zeitschriftenschau wird gemeinsam vom Verein deutscher Ingenieure und vom Verband Deutscher Elektrotechniker herausgegeben. Sie berichtet über die Neuerscheinungen auf allen Gebieten des Ingenieurwesens. Der Stoff ist in eine Reihe Sondergebiete gegliedert, wobei der Teil „Elektrotechnik" noch eine weitgehende Unterteilung erfahren hat.

Da die Technische Zeitschriftenschau regelmäßig rund 600 maßgebende Fachblätter des In- und Auslandes behandelt, kann man ihre Berichterstattung wohl umfassend nennen. Durch das kurzfristige, 14tägige Erscheinen dieser Zeitschrift kann der Bezieher stets die neueste Literatur berücksichtigen. Der niedrige Bezugpreis von vierteljährlich 7,25 RM, für Mitglieder der herausgebenden Organisationen 6,50 RM, fällt gegen den Wert eines solchen Quellennachweises kaum ins Gewicht.

Das Sichten des durch die TZ gebotenen Stoffes nimmt wenig Zeit in Anspruch, da durch seine Gliederung in Stoffgebiete die jeweils interessierende Literatur leicht aufgefunden werden kann. Das Forschen nach geeigneten Veröffentlichungen wird noch besonders dadurch erleichtert, daß bei jedem Stoffgebiet auf Literatur der anderen Gebiete hingewiesen wird, soweit sie mit diesem in irgendeinem Zusammenhang steht.

Die durchlaufende Numerierung der Aufsätze im Verein mit dem jährlichen Inhaltsverzeichnis macht das Anlegen einer besonderen Kartei überflüssig, die ja für einen einzelnen meistens nur eine Anhäufung von Papier bedeutet. Ein gebundener Jahrgang der TZ gibt eine gute, leicht benutzbare Übersicht über die Literatur dieses Zeitabschnittes. Doch ist der Aufbau der „Technischen Zeitschriftenschau" so gehalten, daß sie sehr einfach zur Anlage einer Kartei ausgenutzt werden kann, die ja auch für große Firmen zur Ergänzung der eigenen Tätigkeit manche Vorteile bietet. Die einzelnen Referate brauchen nur ausgeschnitten und auf Karten geklebt zu werden, um sie der Literaturkartei einzureihen. Auch der einzelne muß auf die Annehmlichkeiten einer Kartei nicht verzichten, er ist ja nicht gezwungen, sich eine Reihe mit Papier gefüllter Kästen aufzustellen. Der Literaturbenutzer wird die für ihn in Betracht kommenden Hinweise ausschneiden, auf einzelne Bogen kleben und diese Bogen dann in einem Ord-

[1] Zu beziehen durch den VDI-Verlag G. m. b. H. Berlin NW. 7.

Digitized by Google

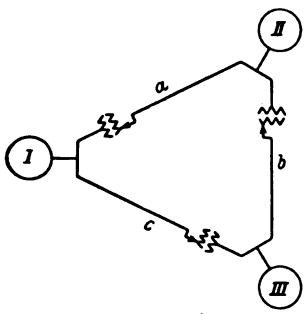
ner zusammenstellen, eine Arbeit, die nur wenig Zeit erfordert. Da eine solche Kartei von ihrem späteren Benutzer selbst angelegt wird, kann dieser die einzelnen Blätter sofort mit Bemerkungen versehen, etwa mit einem Urteil über die Brauchbarkeit der Veröffentlichung. Gerade diese persönlichen Anmerkungen werden für spätere Benutzung den besonderen Wert einer durch die TZ gewonnenen Literaturkartei ausmachen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß sich jeder Ingenieur heute die technische Literatur erschließen kann. Je nach seinen Ansprüchen stehen ihm hierzu verschiedene Hilfsmittel zur Verfügung, die ihn entweder von Fall zu Fall auf besondere Anfrage beraten oder ihn in Form von Karteikarten oder Zeitschriften regelmäßig über Neuerscheinungen seines engeren Fachgebietes oder des Gesamtgebietes der Technik unterrichten. Dem Ingenieur, der gern auf eigenen Füßen steht, bietet vor allem die Technische Zeitschriftenschau mit Bücherschau ein gut geeignetes und vielseitig verwendbares Hilfsmittel zur Ausnutzung technischer Literatur.

RUNDSCHAU.

Elektromaschinenbau.

Transformatoren mit Anzapfschalter für Einstellung der Phasenverschiebung. — Wenn zwei oder mehr Kraftübertragungssysteme einen geschlossenen Kreis bilden, wie z. B. in Abb. 1, und die Leitung zwischen den Werken II und III geöffnet wird, so brauchen die an den Enden vorhandenen Spannungen nicht nur der Größe nach voneinander abzuweichen, sondern können auch in der Phase voneinander verschieden sein. Wenn man z. B. nach dem



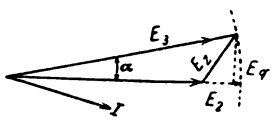


Abb. 1.

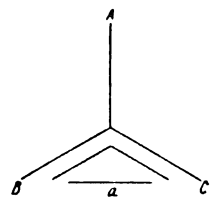


Abb. 2.

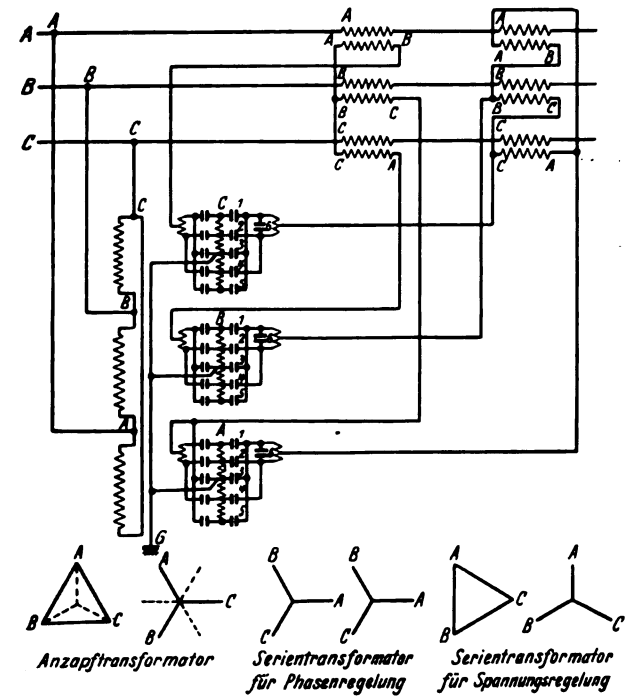
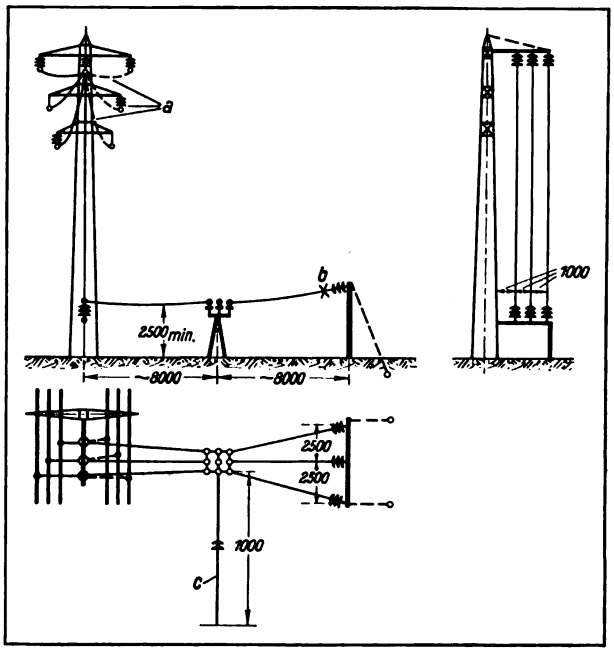


Abb. 3. Anzapftransformator für gleichzeitige Einstellung der Phasenverschiebung.

Werk III die Spannung E_3, nach dem Werk II die Spannung E_2 mißt, können diese Spannungen den Winkel α bilden, so daß an den Klemmen des geöffneten Schalters die Spannung E_z besteht. Um also mittels eines Anzapfschalters den Spannungsunterschied auszugleichen, benötigt man noch eine Spannung E_q, die nahezu senkrecht auf E_2 steht. Man erreicht das dadurch, daß man gemäß Abb. 2 zwei Phasen (B und C) eines lediglich zur Phasenverschiebung dienenden Transformators in Reihe schaltet. Die resultierende Spannung a steht dann senkrecht zur Spannung der Phase A. Ein Anzapftransformator, der auch die Phasenverschiebung berücksichtigt, besteht also aus dem eigentlichen Anzapftransformator[1] und zwei Hilfstransformatoren, von denen der eine zur Spannungs- und der andere zur Phasenregelung dient. Die Einrichtung weicht im großen und ganzen von der des bisher bekannten Anzapftransformators kaum ab. Die beiden Hilfstransformatoren (Abb. 3) erhalten natürlich jeder seinen besonderen Schaltmechanismus. Die mechanische Ausführung bietet keine Schwierigkeiten, schwieriger ist es, in jedem Fall den Betrag der auszugleichenden Phasenverschiebung vorauszubestimmen. (H. B. West, J. Am. Inst. El. Engs Bd. 49, S. 42.) *Ka.*

Apparate.

Versuche mit dem Siemens-Westinghouse-Impedanzschutz im Thüringenwerk. — 1927 baute das Thüringenwerk in Gemeinschaft mit der Kraftwerk Thüringen AG. im 50 kV-Netz einen Impedanzschutz nach Siemens-



a Verbindungen erfolgen durch Erdungstangen
b künstliche Kurzschlußstelle *c* Antrieb

Abb. 4. Kurzschlußversuchs-Aufbau.

Westinghouse ein. Nach einem zufriedenstellend verlaufenen Probejahr wurden bei der Abnahme umfangreiche Kurzschlußversuche durchgeführt, die H. Kyser eingehend beschreibt. Der Verfasser stellt zunächst allgemein einige Betrachtungen voran, die zur Beurteilung von Impedanzrelais von Wichtigkeit sind. Er faßt sie in sieben Forderungen zusammen, die von Impedanzrelais zu erfüllen sind, um einen sicher wir-

[1] Vgl. ETZ 1927, S. 1738.

Digitized by Google

kenden Selektivschutz zu erreichen. Die Hauptforderungen sind: Gute Staffelungsmöglichkeit, Richtungsempfindlichkeit, Erreichung möglichst kurzer Auslösezeit, Unabhängigkeit vom Leistungsfaktor, geringste Streuung der Charakteristiken und mechanisch einfache Bauart. Es werden dann der Aufbau des Siemens-Westinghouse-Relais und die eingebaute Schaltung näher beschrieben. Die Kurzschlußversuche erstreckten sich auf 13 verschiedene Kurzschlußstellen, die über das ganze Netz verteilt waren. Interessant ist der Aufbau für die Kurzschlußversuche, der in Abb. 4 wiedergegeben ist und zur Nachahmung empfohlen werden kann. Insgesamt wurden 33 zwei- und dreipolige metallische und Lichtbogenkurzschlüsse ausgeführt, die fast durchweg programmäßig verliefen. Die bei den metallischen Kurzschlüssen erhaltenen Auslösezeiten deckten sich mit den errechneten. Der Lichtbogen verursachte eine zusätzliche Verzögerung von durchschnittlich 0,5 s, die bei der niedrigen Grundzeit des Siemens-Westinghouse-Relais von etwa 0,2 s ohne weiteres in Kauf genommen werden kann. In einem Sonderfall wurde der Lichtbogen vom Winde so schnell in die Länge gezogen, daß die Kurzschlußimpedanz unter die Betriebsimpedanz sank und der Lichtbogen nach 4 s von selbst erlosch. Vom relaistechnischen Standpunkt ist dies Verhalten des Schutzes eine Fehlschaltung, vom betriebstechnischen Standpunkt aus jedoch erwünscht, weil unnötige Abschaltungen vermieden werden. Die Versuche und ihre Ergebnisse sind tabellarisch sehr übersichtlich zusammengestellt. Seit der Abnahme ist das Schutzsystem wieder über ein Jahr ohne Anstände im Betrieb und hat sich mehrmals bewährt. (H. Kyser, Siemens-Z. Bd. 9, S. 595.) *Vö.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

Ein neues Hochstrom-Amperemeter. — Die Messung starker Gleichströme in der Größenordnung 20 000 ... 50 000 A mit Nebenwiderständen ist wegen der Unterbrechung der Stromleitungen sehr umständlich, und man hat schon verschiedene Einrichtungen vorgeschlagen, um eine Meßvorrichtung nach Art der Schienenstromwandler ohne Unterbrechung der Stromschienen ausführen zu können. Eine neue Vorrichtung nach Pestarini arbeitet nach der in Abb. 5 dargestellten Weise. Um den Leiter *A*, der den Strom führt, ist ein Eisenring *C* gelegt, in dessen entsprechend geformtem Luftspalt der Gleichstromanker *D* durch einen Motor angetrieben wird. Die Spannung dieser Dynamo wird mit einem Spannungsmesser gemessen. Um den Eisenring *C* ist eine Hilfswicklung *B* gelegt, in die ein Gleichstrom geschickt wird, den man so richtet und so lange ändert, bis der von dem Leiter *A* in dem Eisenring *C* induzierte Kraftlinienfluß vollkommen kompensiert ist und dann der Anker *D* und das an ihn angeschlossene Voltmeter keine Spannung mehr erhalten. Der Strom in der Hilfswicklung *B* multipliziert mit der Windungszahl gibt den Strom in dem Leiter *A*. Die Geschwindigkeit des Ankers *D* ist ohne Einfluß auf die Messung, weil es sich um eine Nullmethode handelt. Zur Ausscheidung der sehr großen Hysteresefehler dieser Meßeinrichtung erhält der Eisenkern eine Tertiärwicklung, die über einen kleinen Kommutator mit Strom wechselnder Richtung gespeist wird. Zur Ausführung einer genauen Messung muß man wechselweise mit der Tertiärwicklung und mit der Sekundärwicklung den Kraftlinienfluß in dem Eisenkern auf Null zurückführen. Zur Unschädlichmachung der magnetischen Streuung wird der Eisenkern noch stark gepanzert. Der neue Strommesser wird von der Fa. Jules Carpentier, Paris, hergestellt. Bei dem Nennstrom von 30 000 A und der Annäherung einer großen Prüfspule mit 2300 AW. an den Anker wurde ein maximaler Fehler von 40 A festgestellt, das ist nur 0,13 % vom Höchstwert des zu messenden Stromes. — Die weiteren Ausführungen des Aufsatzes beziehen sich auf die Anwendungsweisen und die erreichbaren Genauigkeiten. (J.-M. Pestarini, Rev. d'El. et de Méc. 1929, S. 12.) *Kth.*

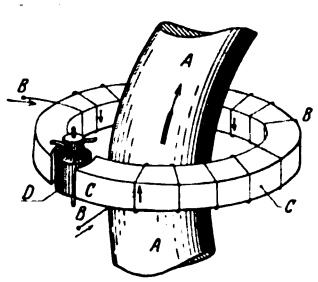


Abb. 5. Prinzip des Hochstrom-Amperemeters.

Selbsttätige Frequenzregelung. — Die Southern California Edison Co. hat in ihrem Dampfkraftwerk in Long Beach eine Frequenzregelung eingebaut, die es gestattet, bei Laständerungen bis zu 3000 kW/min den beim Anschluß von Synchronuhren entstehenden Zeitfehler innerhalb ± 2 min zu halten. Zuerst wurde die Regelung von einem Frequenzschreiber mit Maximal- und Minimalkontakt ausgeführt, der den Turbinenregler beeinflußte. Es machte viel Mühe, die Einrichtung einerseits zum schnellen Ansprechen zu bringen, anderseits aber wieder das Überregeln zu vermeiden. Anfangs erfolgte die Regelung innerhalb ± 0,1 Hz, dann innerhalb ± 0,05 Hz. Zuletzt wurde eine Einrichtung gebaut, bei der die Dauer der Impulse für den Reglermotor proportional der Abweichung von der Normalfrequenz war.

Der erste Regler ist seit 8 Monaten für einen 100 000 kW-Generator im Betrieb, er kann ohne weiteres auch auf andere Generatoren umgeschaltet oder ganz abgeschaltet werden. Dies ist wünschenswert, weil in Long Beach Belastungstöße von 15 000 kW nichts Seltenes sind. Wenn ein solcher auftritt, wird ein Alarmsignal gegeben, damit die Handregelung nachhelfen kann. Die geregelte Maschine wird bei Vollast blockiert und der selbsttätige Regler dann auf eine andere weniger belastete Maschine geschaltet. Eingeleitet wird die Frequenzregelung durch den Vergleich einer Normal-Pendeluhr mit dem Zeiger einer Synchronuhr. Die Normaluhr wird von Hand nach Kurzwellen-Zeitsignalen der Marinestation Arlington geregelt. Sie schließt alle Minuten einen Relaisstromkreis, der die Geschwindigkeit beeinflußt. Dazu wird der sog. „Sekundenfänger" benutzt. Es ist das eine Trommel mit rd. 40 cm Umfang, die von einem ans Netz angeschlossenen Synchronmotor einmal in der Minute gedreht wird; eine Sekunde entspricht also 6,7 mm. Die nichtisolierten Teile dieser Trommel schließen beim Ankommen des Minutensignals je nach ihrer Lage Stromkreise für drei Relais, die den Generator jeweils ½ Hz „schneller", „neutral" oder „langsamer" laufen lassen. Erst durch diesen Mechanismus hat man die hohe Genauigkeit der Regelung erhalten, die es ermöglicht, überall im Netz mit Synchronuhren genaue Zeitangaben zu erhalten. (T. F. Robertson, El. World Bd. 94, S. 267.) *Kth.*

Heizung. Öfen.

Ein großer Nitrierhärteofen. — Die Electric Furnace Co., Salom, Ohio, hat einen elektrischen Ofen für Nitrierhärtung gebaut, der die bisher für diese Zwecke verwendeten Öfen an Größe übertrifft. Der neue Ofen wird hauptsächlich für die Behandlung von großen Stücken dienen. Das Härtegut wird in den Ofen in einem Behälter, der auf einem Wagen ruht, eingefahren und nach der Behandlung wieder ausgefahren. Der Ofen ist 8 m lang und 1,75 m breit, der Behälter für die Aufnahme der Stücke 6,7 m lang, 0,87 m breit und 0,77 m hoch. Der Wagen für die Bewegung von Behälter und Härtegut wird durch einen Motor angetrieben. Die Überwachung des Ofens ist in 3 Abteilungen eingeteilt, in je eine Abteilung an den beiden Enden und in eine in der Mitte. Die Heizkörper befinden sich im Ofenboden und in den Seitenwänden. Der Ofen kann bei Temperaturen bis zu 980 ° betrieben werden. Der Behälter für das Härtegut ist gasdicht geschweißt und besteht aus Kruppschem rostfreiem Stahlblech. Das für die Vornahme der Härtung benötigte Ammoniak wird dem Ofen durch eine Leitung zugeführt, die von 5 Behältern ausgeht. Ein besonderes Merkmal des Ofens, das bei anderen Öfen dieser Art nicht üblich ist, stellt ein Gebläse dar, das sich im Behälter für das Härtegut befindet und das den Gasdurchlauf durch den ganzen Behälter sichert. Das Gebläse wird durch einen auf dem Wagen aufgebauten Motor angetrieben. Die zu härtenden Stücke werden vor ihrer Einführung in den Ofen gereinigt und dann in den Behälter gebracht, dessen Deckel vermittels Krans aufgesetzt wird. Der Wagen mit Behälter und Härtegut fährt nunmehr in den Ofen ein, u. zw. so weit, daß das hintere Ende des Wagens, auf dem sich der Motor befindet, außerhalb des Ofens verbleibt. Die Arbeitstemperatur beträgt 525 °. Nach 50 ... 60 h wird der Wagen wieder aus dem Ofen gefahren. Bei Beginn der Arbeit dauert es 60 ... 90 min, bis die Luft aus dem Ofen vertrieben ist, und 5 ... 6 h, bis die gewünschte Ofentemperatur erreicht ist. Nach der vorgenommenen Härtung wird der Strom ausgeschaltet und man läßt den Behälterinhalt im Ofen bis auf 425 ° abkühlen. Die weitere Abkühlung von dieser Temperatur ab bis auf 150 ° erfolgt im Behälter außerhalb des Ofens, aber unter Belassung des Deckels über dem Behälter; bei dieser zuletzt genannten Temperatur kann der Deckel abgehoben werden, das gehärtete Gut kommt dann mit silberweißer Farbe heraus.

Mit diesem neuen Nitrierhärteofen können in jedem Einsatz 2 t behandelt werden, u. a. hat man Wellen von 3,3 m Länge und 150 mm Dmr. auf diese Weise gehärtet, fer-

Digitized by Google

ner Lokomotiv-Kreuzkopfführungen, gekröpfte Wellen für Autobusse, Kolbenstangen für Gasmaschinen u. a. m. (The Iron Age Bd. 124, S. 1102.) *Kp.*

Bahnen und Fahrzeuge.

Elektrische Zugförderung mit 3 Gleichstromspannungen. — Im Netz der Sacramento-Northern-Bahn kommen drei Betriebspannungen, nämlich 600, 1200 und 1500 V sowie teils dritte Schiene teils Oberleitung zur Verwendung. Zwei von Baldwin-Westinghouse gebaute Lokomotiven können auf allen diesen Strecken bei etwa voller Leistung Verwendung finden und sind vor allem deshalb bemerkenswert, weil die beim Übergang zu einem anderen Speiseabschnitt erforderlichen Umschaltungen fast völlig selbsttätig erfolgen, so daß auch bei Unachtsamkeit des Führers eine Beschädigung ausgeschlossen erscheint.

Die Lokomotiven haben die Bauart $B_0 + B_0$ und sind mit 4 Tatzenlagermotoren von je 300 PS Stundenleistung ausgerüstet, welche in Reihen-, Reihenparallel- und Parallelschaltung betrieben werden. Die letzte Gruppierung kann jedoch nur bei 600 V in Anwendung kommen, da sonst der Fahrschalter entsprechend verriegelt ist. Ferner sorgt ein Stromrelais dafür, daß erst wenn der Strom unter einen bestimmten Grenzwert gefallen ist, das Feld der Motoren geschwächt werden kann. Hierzu dient eine besondere elektropneumatische Schaltwalze, die ihre Stellung unabhängig von allen anderen Schaltvorgängen beibehält.

Das Umschalten von den Schleifschuhen auf die Dachstromabnehmer geschieht völlig selbsttätig. Ein Relais erhält gleichzeitig mit den Schleifschuhen, ein anderes mit den Dachstromabnehmern Spannung. Jedes Relais veranlaßt den Zutritt von Druckluft zu einem der beiden Betätigungszylinder einer Schaltwalze, welche dann die erforderlichen Umschaltungen vornimmt. Sind beide oder keines der beiden Relais unter Spannung, so ändert sich die Stellung dieser Schaltwalze nicht.

Beim Übergang in einen anderen Spannungsabschnitt sind vor allem die Hilfsmotoren, welche hier mit Doppelwicklungen ausgeführt werden, umzuschalten, und es ist die Verriegelung des Fahrschalters zu öffnen oder zu schließen. Alle diese Schaltungen werden wiederum durch eine elektropneumatische Schaltwalze bewerkstelligt. Ein Kolben dreht die Walze in die 1200/1500 V-Stellung. Er wird durch ein negatives Magnetventil gesteuert, erhält also Druck, sobald die Ventilspule stromlos wird. Der andere Kolben dagegen besitzt ein positives Magnetventil, dreht also die Schaltwalze in die 600 V-Stellung, sobald eine Ventilspule an Spannung gelegt wird. Beide Ventilspulen liegen in Reihe. Sind sie stromlos, so geht die Walze auf die 1200/1500 V-Stellung, werden sie vom Strom durchflossen, so wird auf 600 V umgestellt.

Der Steuerstrom, welcher diese Ventilspulen durchfließt, muß über die Hilfskontakte zweier Relais gehen. Das eine Relais ist positiv, d. h. es schließt bei 300 V seinen Hilfskontakt. Das andere ist negativ, öffnet also seinen Kontakt, wenn die Spannung 750 V beträgt. Beide Relais fallen bei 200 V ab; sie unterbrechen also den durch die Magnetventile der Schaltwalze fließenden Strom, wenn die Fahrleitungsspannung kleiner als 200 V oder größer als 750 V ist; in diesen beiden Fällen ist also die Lokomotive auf 1200/1500 V geschaltet. Da zwischen den einzelnen Speiseabschnitten stromlose Stücke liegen, wird das Fahrzeug stets auf 1200/1500 V geschaltet sein, noch bevor es den neuen Streckenabschnitt erreicht. Beträgt jedoch die Spannung in diesem nur 600 V, so muß nun umgeschaltet werden. Dies geschieht jedoch nicht selbsttätig, da der Strom durch die Magnetventilspulen erst dann fließen kann, wenn der Führer einen besonderen Betätigungsknopf gedrückt hat. Dieser Knopf ist notwendig, um zu vermeiden, daß die Umschaltung selbsttätig geschieht, wenn die Spannung etwa in einem 1200 V-Abschnitt kurzzeitig unter 750 V gesunken ist. In diesem Falle müßten Schäden eintreten, wenn plötzlich die volle Fahrleitungsspannung wiederkehren würde.

In den Feldwicklungen der Motoren sind Kontaktthermometer angebracht, die durch ein Relais das sofortige Abschalten veranlassen, wenn die zulässige Mehrtemperatur überschritten wird. Sie stehen mit Anzeigevorrichtungen in Verbindung, an denen auf den beiden Führerständen die Temperatur der Motoren abgelesen werden kann. Muß im Notfall trotz zu hoher Temperatur weitergefahren werden, so kann der Führer nach Abreißen einer Plombe einen Schalter einlegen und damit das Wärmerelais unwirksam machen.

Die übrigen Ausrüstungsteile der Lokomotive entsprechen den heute üblichen Ausführungsformen. (W. R. Taliaferro, Railway Age Bd. 84, S. 907.) *Tf.*

Hauptbahnelektrisierung in Mexico. — Die ersten Betriebsergebnisse der in den letzten Jahren elektrisierten Teilstrecken der mexikanischen Hauptverkehrsader Veracruz—Mexico (Stadt) liegen nunmehr vor und beweisen die volle Richtigkeit der an die Einführung der neuen Betriebsweise geknüpften Hoffnungen. Es handelt sich um den 103 km langen eingleisigen, besonders steilen und kurvenreichen Abschnitt Paso del Macho—Esperanza, in welchem die Linie aus der Küstenebene auf das etwa 2000 m hohe Plateau des Landesinnern emporsteigt. Die Strecke

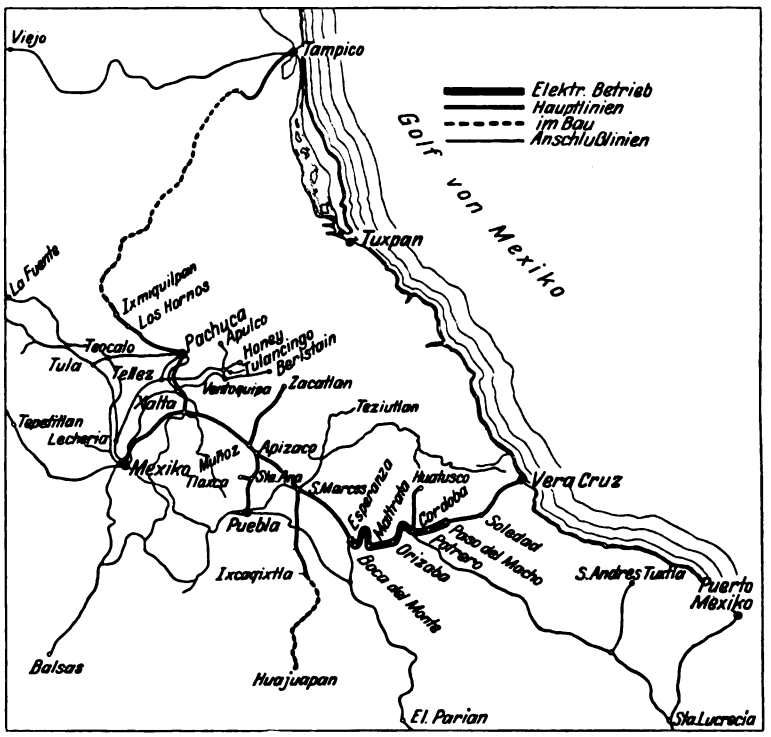


Abb. 6. Das Eisenbahnnetz von Mexico.

ist regelspurig und hat eine mittlere Steigung von 47 %. Die bei allen Gebirgstrecken ähnlichen Charakters mit verhältnismäßig starkem Verkehr auftretenden bekannten Schwierigkeiten des Dampfbetriebes wurden im vorliegenden Falle noch durch die Tatsache vermehrt, daß die Bahn im Verlauf der bewegten Geschichte des Landes wiederholt ihren Eigentümer gewechselt hatte und ihre Betriebsmittel sich im Jahre 1920 bei Rückgabe an die ursprünglichen und rechtmäßigen Besitzer in sehr schlechtem Zustande befanden. Trotz sofortiger Ergänzung des Lokomotivparkes war bereits im nächsten Jahre auf der 48 km langen kritischen Teilstrecke von Orizaba bis Esperanza die Grenze der Leistungsfähigkeit bei Dampfbetrieb erreicht. Es wurden damals im Durchschnitt 3300 t in 10 Zügen, maximal 4648 t in 14 Zügen an einem Tage bergwärts befördert; hierbei betrugen die durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit der Züge 16 und die Reisegeschwindigkeit weniger als 10 km/h. 42 schwere Lokomotiven, an jedem Zuge zwei, versahen den Dienst auf der genannten Teilstrecke. Eine Steigerung der Leistung wäre nur durch Verlegung eines zweiten Gleises ermöglicht worden, was angesichts der vielen Tunnels einem Aufwand von etwa 5 Mill $ entsprochen hätte.

Die Elektrisierung wurde Anfang 1923 begonnen, und im Januar 1925 konnte der elektrische Betrieb auf der Teilstrecke Orizaba—Esperanza aufgenommen werden. Anschließend wurde dann auch der Rest der Strecke bis nach Paso del Macho umgebaut und im Mai 1928 dem Betrieb übergeben (Abb. 6).

Digitized by Google

Die Bahn bezieht Drehstrom von 42 kV und 60 Hz aus dem Netz der Puebla Tramway, Light & Power Co., der in zwei Umformerwerken in Gleichstrom von 3000 V umgeformt wird. Die Leistung des Umformerwerkes an der Steilrampe beträgt 2 × 3000, desjenigen an der Verlängerungstrecke 2 × 1500 kW. Die Oberleitung ist als einfache Kettenaufhängung ausgebildet und auf freier Strecke zum größten Teil an Auslegern aufgehängt, die von A-Masten, die aus alten Schienen zusammengebaut wurden, getragen werden.

An Betriebsmitteln wurden zunächst 10, dann 1928 2 weitere Lokomotiven angeschafft (Abb. 7). Deren Hauptdaten sind die folgenden:

Achsschema: AA-AA-AA
Triebachsdurchmesser 1170 mm
Länge über Puffer 16 140 mm
fester Achsstand 2800 mm
Gesamtbreite 3090 mm
Gesamtgewicht 140,5 t
Achsdruck 23,4 t
Motoren 6, davon je 2 in Reihe
ges. Stundenleistung 2736 PS
ges. Stundenzugkraft 2455 kg
Stundengeschwindigkeit 30 km/h
ges. Dauerleistung 2520 PS
ges. Dauerzugkraft 22 050 kg
Dauergeschwindigkeit 31 km/h
Zugkraft bei Reibungsziffer 1/3,33: 42 140 kg

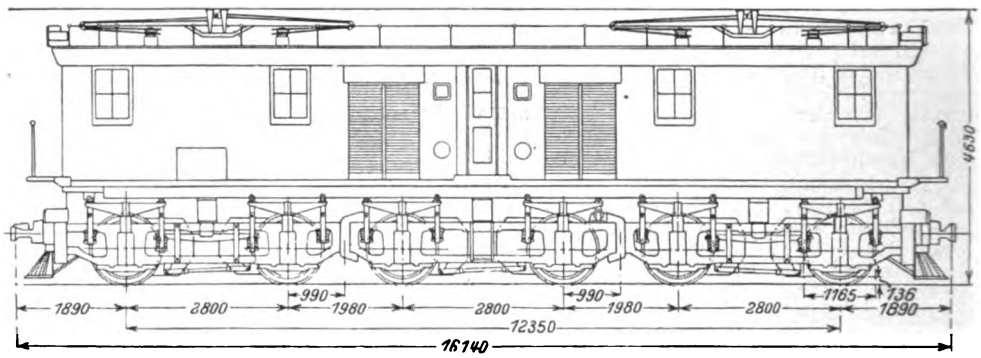


Abb. 7. 3000 V-Gleichstrom-Lokomotive.

Das hieraus hervorgehende Ergebnis ist an sich schon recht günstig, bedarf aber, um richtig gewertet zu werden, noch einiger Zusätze. In der Zeit der Umstellung der betrachteten Strecke von Dampf- auf elektrischen Betrieb sind die Löhne des Lokomotivpersonals um etwa 51, des sonstigen Fahrpersonals um 31, die Heizölpreise um 18 % gestiegen, während die Verkehrsleistung in der maßgebenden Richtung (bergwärts) um 15 % größer wurde. Um einen vollwertigen Vergleich der beiden Betriebsarten zu erhalten, müssen alle diese Umstände berücksichtigt werden, und es ergibt sich als jährliche Ersparnis bei elektrischem Betrieb ein Betrag von rd. 665 000 $, d. h. rd. 25 % des Anlagekapitals, wenn man annimmt, daß alle Lokomotiven für den Betrieb dieses Streckenteils allein erforderlich wären, bzw. 33 %, wenn man ihm nur die Hälfte der elektrischen Lokomotiven anlastet.

Abgesehen von diesem als sehr günstig zu bezeichnenden finanziellen Ergebnis verbleibt aber als Hauptvorteil der Elektrisierung die Möglichkeit zu weiteren sehr erheblichen Verkehrsteigerungen, mit denen dann auch eine weitere Verbilligung der Selbstkosten für den Tonnenkilometer verbunden ist. Letztere Tatsache ist aus den Zahlen der Zahlentafel 4 deutlich erkennbar.

In Zahlentafel 1 sind die tatsächlichen Kosten der Elektrisierung zusammengestellt.

Zahlentafel 1. Kosten der Elektrisierung der 103 km langen Gebirgstrecke Paso del Macho—Esperanza.

Gegenstand	Gesamtkosten $	je Streckenkilometer $	Teil der Gesamtkosten %
Unterwerke	686 919	6 660	19,0
Fernleitung	263 130	2 550	7,3
Stromzuführung	633 327	6 140	17,6
Maste	286 134	2 770	7,9
Gebäude	33 608	326	0,9
Sonstiges	123 819	1 200	3,4
Lokomotiven	1 580 000	15 300	43,9
Gesamtkosten	3 606 937	34 946	100,0

Läßt man die Lokomotiven außer Betracht, so entfallen von den Gesamtkosten auf die Steilrampe Orizaba—Esperanza 1 212 915 $.

Von besonderem Interesse ist ein Vergleich der Betriebsergebnisse während der zwei stärksten Verkehrsmonate des Dampfbetriebes mit denen der Monate März/April 1928 (Zahlentafel 2 und 3). Die betreffenden Zahlen liegen für die Teilstrecke Orizaba—Esperanza vor.

Zahlentafel 4. Betriebsfortschritte 1925 ... 1928.

Gegenstand	1925 (3 Mon.)	1926	1927	1928
ges. Betriebsausgaben $	72 978	292 591	318 900	413 689
Verkehrsleistung in 1000 tkm	15 500	70 300	92 300	158 600
Betriebsausgaben je 1000 tkm $	4,70	4,16	3,46	2,60

Zahlentafel 2. Vergleich der Verkehrszahlen.

Gegenstand	bergwärts		talwärts		gesamt		Zunahme	Abnahme
	Dampf	elektrisch	Dampf	elektrisch	Dampf	elektrisch	%	%
Tonnen	197 220	236 999	108 749	179 038	305 969	416 037	36	—
Anzahl der Züge	622	526	474	485	1 096	1 011	—	8
Zugstunden	2 911	1 411	1 666	1 307	4 577	2 718	—	40
mittl. Zuggeschwindigkeit	317	451	229	369	279	412	48	—
Fahrzeit (Stunden)	4,7	2,7	3,5	2,7	4,2	2,7	—	36

Die durch diese wenigen Zahlen klar zum Ausdruck kommende Besserung der Verkehrsverhältnisse, d. h. die Tatsache, daß trotz einer Steigerung der Gesamtbeförderung um 36 % sogar um 8 % weniger Züge, deren mittleres Gewicht allerdings um 48 und deren Geschwindigkeit um 36 % gesteigert war, zu deren Bewältigung ausreichten, findet natürlich auch im finanziellen Betriebsergebnis ihren Niederschlag.

Zahlentafel 3. Finanzielle Ergebnisse.

Gegenstand	Dampfbetrieb $	elektr. Betrieb $	Ersparnis $	Ersparnis %
Lokomotivpersonal	17 982	14 565	3 417	19
Zugpersonal	14 222	10 721	3 501	24
Brennstoff bzw. Strom	36 965	31 140	5 825	6
Reparaturen	59 208	5 969	53 239	90
Lok.-Schuppen	3 391	1 945	1 446	42
Schmiermittel	2 776	92	2 684	97
Unterwerksbetrieb	—	2 154		
Instandhaltung d. Fahrleitung	—	856		
Gesamtausgaben	134 544	67 442	67 102	50

Zahlentafel 5. Ersparnisse elektrischer Bahnen gegenüber dem Dampfbetrieb.

Gegenstand	Bahnstrecke: 1. Butte, Anaconda & Pacific Ry.	2. Ferrocarril Mexicano (Orizaba—Esperanza)	3. Chicago, Milw., St. Paul & Pacific Ry., (Harlowton—Avery)	4. desgl. (Othello—Tacoma)	5. Paulistabahn	Durchschnittswert
	% Ersparnis gegenüber Dampfbetrieb					
Lokomotivpersonal	37	53	42	58	72	51,6
Zugpersonal	27	50	33	55	?	41
Brennstoff bzw. Strom	52	38	36	54	85	55
Reparaturen	31	91	64	70	83	70
Lok.-Schuppen	42	50	60	61	80	65,5
Schmiermittel	53	97	19	10	79	60
versch. Material	28	?	69	47	65	62
Wasser	78	?	100	100	?	97,5
gesamt (abzügl. der Ausgaben für Betrieb und Instandhaltung der Unterwerke und Leitungen)	36	62	41	54	78	52,7

Digitized by Google

Ähnliche Vergleiche wie für die mexikanische Strecke wurden auch für einige andere von der General Electric Co. elektrisierte Strecken ermittelt. Die dabei errechneten prozentualen Ersparnisse gegenüber dem Dampfbetrieb sind in Zahlentafel 5 zusammengestellt. Es handelt sich durchweg um Gebirgstrecken mit relativ starkem Verkehr, die also für den elektrischen Betrieb besonders geeignet sind; dementsprechend günstig lauten die in Zahlentafel 5 zusammengestellten Ergebnisse. (J. B. Cox, Gen. El. Rev. Bd. 32, S. 377, 504, 558 u. 696.) *v. Str.*

Bergbau und Hütte.

Die Erzeugung von legiertem Stahlguß im elektrischen Ofen in Amerika. — Der Anteil der Erzeugung von legiertem Stahlguß in den V. S. Amerika aus dem elektrischen Ofen hat, wie die folgende Aufstellung (Angaben in tons zu 1016 kg) zeigt, in den letzten 20 Jahren ständig zugenommen:

Jahr	legierter Stahlguß aus dem elektrischen Ofen	legierter Stahl überhaupt aus dem elektrischen Ofen
1910	8	608
1911	—	—
1912	402	9 619
1913	443	11 264
1914	340	9 344
1915	96	27 944
1916	926	71 129
1917	1 296	130 578
1918	3 076	290 961
1919	6 057	181 632
1920	11 710	245 572
1921	10 084	63 246
1922	17 760	125 419
1923	29 054	194 976
1924	28 821	188 563
1925	44 406	293 780
1926	64 003	306 811
1927	59 157	343 517
1928	79 434	433 096

Während demnach 1910 der Anteil des legierten Stahlgusses aus dem elektrischen Ofen nur 1,32 % des legierten Stahls aus dem elektrischen Ofen ausmachte, ist dieser Anteil für das Jahr 1928 auf 18,34 % gestiegen; dabei ist aber zu bemerken, daß der legierte Stahl selbst aus dem elektrischen Ofen mit 608 t nur 0,11 % der Gesamterzeugung an legierten Stählen in Amerika im Jahre 1910 betrug und seitdem für das Jahr 1928 mit 433 096 t bei einer Gesamterzeugung an legierten Stählen von 3 214 909 t auf 13,47 % gestiegen ist. Die Ursache für die Zunahme der Erzeugung an legiertem Stahlguß aus dem elektrischen Ofen ist die Nachfrage nach hochwertigeren Werkstoffen, dann nach Mangan-Stahlguß, nach rostfreiem und korrosionsbeständigem Stahlguß. Auch die Verbesserung der Warmbehandlungstechnik für Stahlguß überhaupt hat auf diesem Gebiete günstig eingewirkt. (The Iron Age Bd. 124, S. 544.) *Kp.*

Fernmeldetechnik.

Primäre Elektronenstromverteilung in Dreielektrodenröhren bei positiven Potentialen beider kalter Elektroden gegen die Kathode. — Nach kurzer Besprechung von Untersuchungsergebnissen charakteristischer Arbeiten auf dem Gebiet der Stromverteilung wird zur quantitativen Ermittlung der Elektronenbahnen bis zum Durchtritt durch den Gitterkreis für zylindrische Röhren mit parallel zum Glühdraht (als Endpunkte eines regelmäßigen Vielecks) angeordneten zylindrischen Gitterstegen in raumladungsfreien Betriebsgebieten ein kombiniertes analytisch-graphisches Näherungsverfahren angegeben. Ausgehend vom Abrahamschen Näherungsausdruck für das Potential in der Querschnittebene der Röhre werden zunächst Fehlergrenzen dieser Näherungsausdrücke für die Teilkapazität und den Durchgriff ermittelt. Hierbei zeigt sich, daß die Fehlergrenzen der Abrahamschen Durchgriffsgleichung nur vom Quotienten

$$\frac{n\,c}{a}\left(\frac{\text{Gesamtumfang der } n \text{ Gitterdrähte}}{\text{Umfang des Gitterkreises}}\right)$$

abhängen. Für das Intervall $0 < \frac{n\,c}{a} < 0{,}8$ werden die Fehlergrenzen in Kurvenform wiedergegeben.

Die Ausgangsgleichungen für die Näherungsbestimmung der Elektronenbahnen werden aus dem ersten Grundgesetz der allgemeinen Mechanik und der Abrahamschen Potentialfunktion abgeleitet. Betrachtungen über die geometrischen Örter der Maxima und Minima der Radial- und Zirkularkomponenten der Feldkraft im Röhrenquerschnitt führen zu Genauigkeitskontrollen für die ermittelte Bahn und zu Verfahren der zweiten Näherung.

An Hand von drei Beispielen wird der für die Beurteilung eines Gitters charakteristische Grenzfall der Gitterabschirmung (größte Elektronenaufnahme durch das Gitter) mit Bezug auf einen ungestörten erstmaligen Elektronenübergang in der Anodenrichtung (keine störenden Rückpendelungen), u. zw. der Fall der Potentialgleichheit von Kathode und Anode bei beliebigen aber positiven Gitterpotentialen in Vergleich zu den ersteren behandelt. Hierbei zeigt es sich unter anderem, daß bei gleicher geometrischer Abschirmung (Schattenwirkung) der verwendeten Gitter die Bahnwinkel am Tangierungspunkt mit den Gitterstegen und das prozentuale Überwiegen der tatsächlich eintretenden Gitterabschirmung über die geometrische etwa im umgekehrten Verhältnis wie die Gitterstegzahlen der Röhrenscharen stehen. — Für Anwendungen des Verfahrens auf andere Betriebspannungen zwischen den Elektroden werden Umformungsgleichungen und Ableitungen angegeben. Ein Vergleich der Ergebnisse der Abrahamschen Näherungsgleichung für reine Stromverteilung mit den entsprechenden Teilergebnissen der vorliegenden Arbeit führt zur qualitativen Übereinstimmung. (J. E. Scheel, Arch. El. Bd. 23, H. 4, S. 383.)

Eisenverluste von Frequenztransformatoren. — Die Eisenverluste gesättigter Frequenzwandler sind schwer festzulegen, weil hier die Größe der Induktion B nicht angegeben werden kann. Um eine brauchbare Beziehung zu finden, führen die Verfasser das Verhältnis der Eisenverluste zur transformatorischen Scheinleistung ein. Dieser Begriff ist dem Dämpfungsfaktor für eisenlose Selbstinduktion (Verluste/Scheinleistung) analog. Versuche zeigten, daß man oberhalb einer bestimmten Amperewindungszahl für die Kurve V/E_1 stets eine Hyperbel erhält, unabhängig von der Kurvenform des Stromes. Für die verschiedenen Eisensorten ergeben sich verschiedene Hyperbeln, deren Konstante als Gütefaktor der verwendeten Eisensorte angegeben werden kann. Eine noch einfachere Übersicht erhält man, wenn man an Stelle der Hyperbel die reziproken Werte aufträgt, man erhält dann eine Gerade. Nach Angaben der Verfasser sind die sekundäre Belastung und der Grad der Vervielfachung im Belastungskreis nur von geringem Einfluß auf den Wert des Gütefaktors, im Maximum + 15 %. (M. Osnos u. F. Sammer, Jahrb. drahtl. Tel. Bd. 34, S. 87 [RPZ].) *Hbm.*

Zur Frage der Ausfahrvorsignale der Österreichischen Bundesbahnen. — An die Signalisierung der Durchfahrt sind außer unbedingten durch die Signalvorschriften gegebenen Forderungen eine Reihe von Güteforderungen zu stellen: Einfachheit hinsichtlich der Anordnung und Bauart, Eindeutigkeit, gute Sichtbarkeit. Hierfür ist von Einfluß die Wahl des Aufstellungsortes, für den Betriebsverhältnisse und örtliche Rücksichten maßgebend sind. Unter den verschiedenen möglichen Fällen für die Anordnung des Ausfahrvorsignals sind insbesondere diejenigen von Bedeutung, bei denen Einfahr- und Ausfahrsignal so dicht beieinander stehen, daß das Ausfahrvorsignal am Einfahrsignal angeordnet werden muß. Anordnung am gleichen Standort ist für die Beobachtung vorteilhaft; auch die Unterscheidung der Formsignale am Tage ist gut. Das Nachtsignalbild kann jedoch, wie an Hand der verschiedenen Signal- und Störungsfälle nachgewiesen wird, schon bei Störungen in nur einer der Signallampen zu fehlerhaften Signalbildern führen: Durch teilweise Abhängigkeiten, die jedoch in der Regel einen erheblichen Aufwand erfordern, läßt sich dieser Übelstand teilweise beheben. Lichttagessignale dagegen, bei denen volle Abhängigkeit leicht erreichbar ist, werden allen gestellten Forderungen, auch der nach Wirtschaftlichkeit gerecht, so daß sie die vollkommenste Signalisierung der Durchfahrt darstellen.

Da für die auf einer großen Anzahl von Bahnhöfen noch fehlenden Ausfahrvorsignale ungesäumt ein Ersatz geschaffen werden mußte, hat man die Bedeutung des Vorsignales „Hauptsignal Halt" in „Vorsicht" geändert. Beim Einfahrvorsignal ergibt dieser neue Signalbegriff drei verschiedene Anwendungsmöglichkeiten: a) das Einfahrsignal steht auf „Halt", b) infolge einer Änderung der Einfahrt zeigt das Einfahrsignal ein die Herabsetzung der Geschwindigkeit erforderndes Signalbild, c) ein sonst durchfahrender Zug hat im Bahnhof anzuhalten. Ein Übersehen des Signales kann also gefährlich werden, so daß die Einführung des neuen Signalbegriffs als Er-

Digitized by Google

satz für das Ausfahrvorsignal nicht recht befriedigen kann. (F. Zuleger, Org. Fortschr. Eisenbahnwes. Bd. 84, S. 473.) *Spi.*

Das Fernkabel Prag—Wien. — Die Gesamtlänge des Kabels beträgt 368 km, wovon 295,6 km auf die Tschechoslowakei und 72,6 km auf Österreich entfallen. Verstärkerämter befinden sich in Kolin, Iglau, Brünn und Lundenburg. Auf der Strecke von Prag bis Lundenburg an der österreichischen Grenze enthält das Kabel etwa 70 Adern von 1,3 mm und 0,9 mm Stärke und ist nach dem System I a pupinisiert; von Lundenburg bis Wien ist das 98paarige deutsche Normalkabel mit 1,4 mm- und 0,9 mm-Adern und Pupinisierung nach dem System I b verwendet Die Kabel für die tschechische Strecke sind von den einheimischen Werken in Kladno, Podmokly und Bratislava, die Pupinspulen von der International Standard Electric Corp. geliefert, die auch die Verstärkerämter eingerichtet hat; die Kabellegung sowie die Ausgleich-, Spleiß- und Pupinisierungsarbeiten hat die nach deutschem Vorbild gegründete tschechoslowakische Fernkabelgesellschaft ausgeführt. Die Kabellieferung für die Strecke Lundenburg—Wien war der Firma Siemens-Schuckertwerke in Wien übertragen; Pupinisierung, Ausgleich und Spleißungen wurden von Siemens & Halske, Wien, ausgeführt.

Das Kabel Prag—Wien ist am 23. X. 1928 in Betrieb genommen worden. Die durch das Kabel erzielte Verbesserung des Betriebes hat auf den Verkehr in hohem Maße belebend eingewirkt. Beispielsweise sind im Laufe von anderthalb Jahren die Sprechkreise von Prag nach Brünn um 120 %, diejenigen von Prag nach Wien um 70 % vermehrt worden. (Chocholin u. Heider, Europ. Fernspr. 1930, H. 16, S. 75.) *Bkm.*

Hochspannungstechnik.

Durchschlagfestigkeit einiger fester Isolierstoffe bei Beanspruchungen von langer bis zu ganz kurzer Dauer. — Die bei Kurz- und Erdschlüssen, bei Schaltvorgängen und bei Blitzschlägen in den Leitungsnetzen auftretenden Überspannungen können für die Isolierstoffe recht kurzzeitige Beanspruchungen darstellen. Über die Frage, wie sich dabei feste Stoffe verhalten, hat R. Jost erstmalig Messungen gemacht, die sich systematisch über den ganzen interessierenden Zeitbereich erstrecken. Zur Durchführung der Untersuchungen dienten Kugelkalotten-Elektroden von großem Krümmungsradius, eine Anordnung, die sich gleich gut bei allen untersuchten Stoffen (anorganischer Natur: Glas, Porzellan, Glimmer; organischer Natur: Preßspan, Hartpapier, Excelsiorleinen; gemischter Art: Mikanit, Hartgummi) anwenden ließ. Für die verschiedenen Beanspruchungsdauern wurden die Meßschaltungen von Naeher[1] gewählt. Entsprechend den anderen Verhältnissen (unveränderliche Schichtdicke) mußte ein besonderes Meßverfahren entwickelt werden, das den Einfluß der Stoßzahl ausschaltet.

In Abhängigkeit von der Beanspruchungsdauer wird gefunden, daß die Festigkeit der anorganischen und gemischten Stoffe bei den langen Zeiten unverändert bleibt, daß sie aber mit kürzer werdender Zeit erst langsam und dann schneller zunimmt. Die organischen Stoffe zeigen ein anderes Verhalten. Bei ihnen beginnt der Anstieg der Festigkeit erst bei den ganz kurzen Zeiten und da ganz plötzlich. Außerdem tritt bei etwa 1 s nach den langen Zeiten zu ein starker Abfall der Festigkeit ein, der die Folge von allmählicher Erwärmung ist (Wärmedurchschlag). Der Kurvenverlauf ist bei Untersuchungen in verschiedenen Füllstoffen derselbe, doch ändert sich die absolute Höhe der Festigkeit. Eine Gesetzmäßigkeit für den Einfluß von Dielektrizitätskonstante und Leitvermögen kann dabei nicht festgestellt werden. Bei Betrachtung der Versuchsergebnisse in Abhängigkeit von der Schichtdicke zeigt sich bei den ganz kurzen Zeiten ein gleichmäßiges Ansteigen der Durchschlagspannung mit der Schichtdicke. Von 10^{-6} s ab aber tritt ein Abbiegen der Linien ein, u. zw. bei den einzelnen Stoffen verschieden stark. Daraus folgt, daß der Durchschlag bei den kurzen Zeiten annähernd so erfolgt, wie es einem homogenen Feld entspricht, während bei den längeren Zeiten die störenden Einflüsse Zeit finden, sich auszuwirken. Die einzelnen Meßpunkte sind Mittelwerte aus einer Reihe von Einzelmessungen und geben die Spannung an, bei der gerade die Hälfte aller untersuchten Plättchen mit dem ersten Stoß durchschlagen wird. Mit einer Anzahl von Stößen kann man auch den Durchschlag bei einer niedrigeren Spannung erzielen. Die Grenze liegt jedoch schon bei etwa 10 ... 20 Stößen, darüber hinaus läßt sich kaum noch eine Erniedrigung erzielen.

[1] Naeher, Arch. El. Bd. 21, S. 169 (1928). Referat: ETZ 1929, S. 467.

In Ergänzung der Versuche mit Einzelstößen wurden noch Messungen mit Wechselstößen von abklingender Stärke ausgeführt, die eine ähnliche Herabsetzung der Festigkeit ergaben. Einige orientierende Messungen über die Durchschlaggeschwindigkeit bestätigen die Vermutung, daß der Durchschlag außerordentlich rasch erfolgt (in 10^{-8} ... 10^{-9} s). (R. Jost, Arch. El. Bd. 23, H. 3, S. 305.)

Über die Stirnform und die Absenkung der Stirnsteilheit durch Kondensatoren bei durch Funken in Luft ausgelösten Wanderwellen. — In dem gleichnamigen Aufsatz von W. Schilling und J. Lenz, ETZ 1930, S. 1138, sind einige Oszillogramme in einem Teil der Auflage im Druck unscharf herausgekommen, besonders die Abb. 6 und 11. Wir bringen daher diese beiden Abbildungen, nach neuen Vorlagen hergestellt, nochmals zum Abdruck (Abb. 8 u. 9).

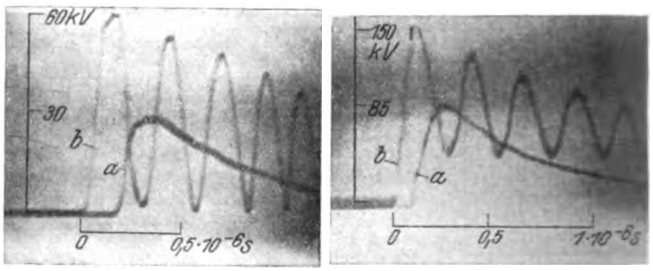


Abb. 8 u. 9. Spannungsverlauf mit (*a*) und ohne (*b*) Wellenwiderstand am Ende einer 20 m langen Leitung. (Entspricht den Abb. 6 u. 11 auf S. 1138 u. 1139 der ETZ 1930.)

Werkstatt und Baustoffe.

Eine neue Schnellflechteinrichtung. — Für Kabelumflechtmaschinen sind zwei Hauptarten in Anwendung, diejenige nach „Barmer System", bei welcher die die Spulen tragenden Klöppel auf Kurvenbahnen bewegt werden, so daß sich ihre Achsen dem Flechtpunkt und damit der durch die Maschinenmitte gehenden Vertikalen abwechselnd nähern und entfernen, und diejenige mit kreisenden Spulen, die auch als „Berliner" Typ bezeichnet wird. Bei ersterer wird die Fadenlänge bis zum Flechtpunkt der Klöppelstellung entsprechend, kleiner und größer, bei letzterer bleibt sie ständig gleich. Bei den Barmer Maschinen, die weniger Raum in Anspruch nehmen und zugleich

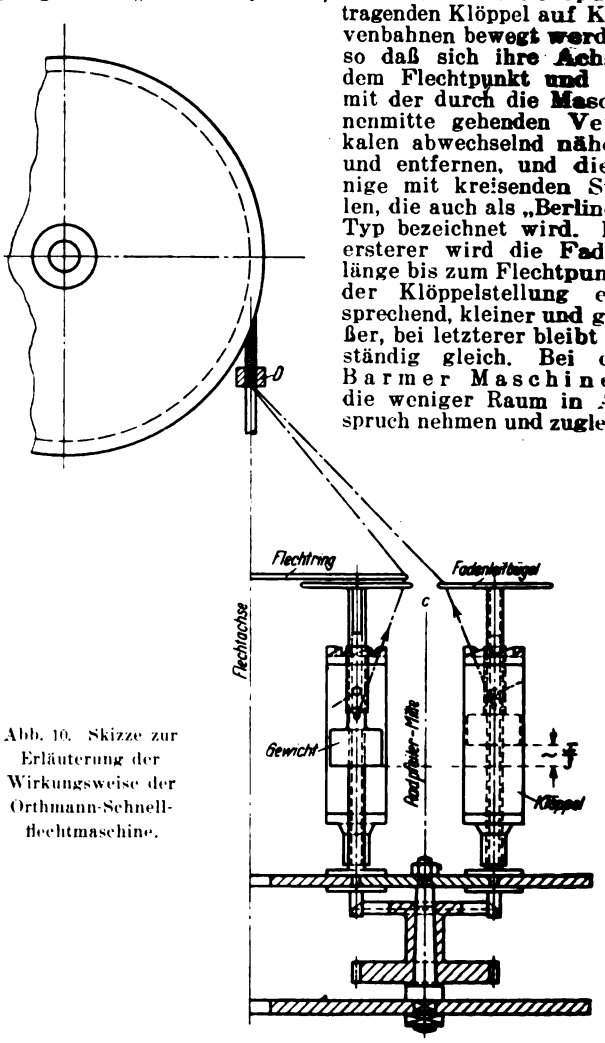


Abb. 10. Skizze zur Erläuterung der Wirkungsweise der Orthmann-Schnellflechtmaschine.

Digitized by Google

billiger in der Anschaffung sind, bestand bisher der Nachteil, daß sie nur mit geringerer Drehzahl betrieben werden konnten. Bisherige Versuche, die Drehzahl der Barmer Maschinen heraufzusetzen, hatten meist Erzeugung schlechterer Ware und geringere Betriebsicherheit (z. B. häufige Fadenbrüche) zur Folge.

Zivilingenieur Alfred Orthmann, Barmen, hat nun die Konstruktion derart abgeändert[1], daß die Maschine zum Schnellflechten verwendet werden kann. Die ziemlich geringfügigen Änderungen können natürlich ebenso

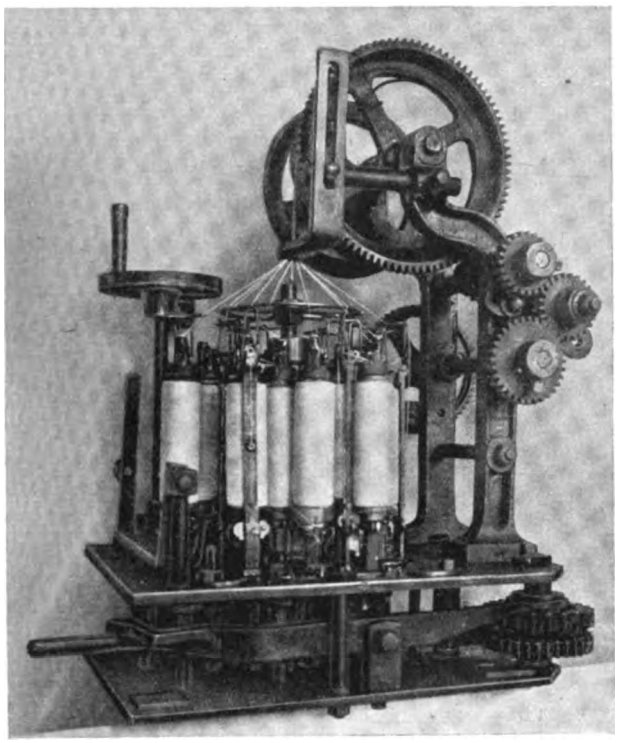


Abb. 11. Ansicht der Orthmann-Schnellflechtmaschine.

leicht auch bei alten Maschinen ohne Wechsel ihres Standorts vorgenommen werden, worauf sie ohne Schaden für die Sauberkeit des Geflechts mit wesentlich höherer Drehzahl betrieben werden können. — Man braucht nur sämtliche Klöppel mit einem besonders geformten Fadenleitbügel zu versehen. Außerdem wird dann noch dicht oberhalb dieses Bügels ein Flechtring angeordnet, dessen Durchmesser annähernd dem des Maschinenteilkreises gleichkommt. Der Flechtring dient ebenfalls der Fadenführung (vgl. Abb. 10 u. 11). Als Ergebnis dieser Maßnahmen zeigt sich, daß die Strecke, die das Klöppelgewicht zum Spannen der Fäden zurücklegt, wenn sich die Spule von der innersten zur äußersten Stellung bewegt, gegen früher auf etwa ein Drittel verkleinert wird. Das erklärt auch, warum jetzt eine Steigerung der Arbeitsgeschwindigkeit zulässig wurde. War ferner früher der Fadenzug ständig nach dem Flechtpunkt in der Maschinenmitte gerichtet, so wirkt jetzt diese Kraft infolge der neuen Fadenlenkvorrichtungen gegen die Radpfeilermitte hin. Wichtig ist schließlich, daß jede gegenseitige Berührung der flechtenden Fäden und ein Schlappen der Fäden vermieden wird und daß die robuste Bauart der Maschine ein dauerndes Durchlaufen ohne nennenswerte Reparaturen ermöglicht. Die Maschine hat sich bereits in mehrjährigem praktischem Betriebe bewährt. *Arb.*

Verschiedenes.

Die technische Entwicklung der Motoren und ihre Steuerungen für aussetzenden Betrieb. — Von den unter diesem Obertitel am 10. IV. 1929 im Elektrotechnischen Verein des Rheinisch-Westfälischen Industriebezirks, Dortmund, gehaltenen Vorträgen sind Sonderdrucke angefertigt worden, die durch den Genannten zum Preise von 1 RM zuzüglich Portokosten abgegeben werden. Außer den eigentlichen Vorträgen enthält der Sonderdruck auch noch die im Anschluß an die Vorträge abgehaltene Aussprache. *of*

[1] DRP. 487 974.

Jahresversammlungen, Kongresse, Ausstellungen.

Änderung von Ausstellungsterminen. — Wir entnehmen dem Daumadienst die Mitteilung, daß die Internationale Werkbund-Ausstellung „Die neue Zeit", Köln, die ursprünglich 1932 stattfinden sollte, um ein Jahr oder länger verschoben worden ist. — Die in Berlin geplante Ausstellung „Soll und Haben des deutschen Volkes" und die Westdeutsche Funkausstellung, Köln, hat man abgesagt.

Fernsprecheinrichtung für ausländische Ausstellungsbesucher. — Auf der schwedischen Kunst- und Heimindustrie-Ausstellung, Stockholm 1930, ist erstmals der Versuch gemacht worden, für die des Schwedischen nicht mächtigen Ausländer eine besondere Vermittlungstelle einzurichten, bei der Verbindungen in der deutschen, englischen und französischen Sprache verlangt werden können.

Ausstellung ausländischer Laboratoriumsausrüstungen, Leningrad 1930. — Auf Vorschlag des Leningrader Gostorg wird dort am 1. X. die zweite Ausstellung ausländischer Laboratoriumsausrüstungen eröffnet, die die Industriebetriebe, wissenschaftlichen Forschungsinstitute und technischen Hochschulen der UdSSR mit den Neuheiten der ausländischen Technik auf dem Gebiet der Laboratoriumsausrüstungen bekanntmachen soll.

„Österreichs Technik in Dokumenten der Zeit". — Unter diesem Namen hat der Österreichische Verein Deutscher Ingenieure anläßlich der Hauptversammlung des VDI in Wien eine technisch-geschichtliche Schausstellung in der graphischen Sammlung „Albertina" veranstaltet. Sie versucht, in Ergänzung der Sammlungen des Wiener Technischen Museums für Industrie und Gewerbe an der Hand einer Reihe erlesener Stücke ein Bild der technischen Entwicklung Österreichs zu geben, und kann nach der Eröffnung am 19. IX. im Anschluß an die Fachsitzung „Geschichte der Technik" der VDI-Versammlung während dreier Wochen allgemein besichtigt werden.

„Ausstellung und Messe in Recht und Wirtschaft der Zeit". — Diesem auf der diesjährigen Mitgliederversammlung des Deutschen Ausstellungs- und Messe-Amtes in Dresden behandelten Thema ist Heft 6 der Veröffentlichungen des genannten Amtes[1] gewidmet, in dem der Leser Vorträge von Dr. H. Heiman „Internationale und nationale Regelung des Ausstellungs- und Messe-Wesens" und von Dr. A. Paquet „Wandlung und Entwicklung im Ausstellungswesen" sowie den Tätigkeitsbericht des Amtes über die letzten Jahre findet.

Energiewirtschaft.

Zur Elektrizitätsversorgung Norwegens. — Sämkjöringchef Bärnholdt, Oslo, hat in der Siemens-Z.[2] über die Zentral-Befehlstelle Smestad des Elektrizitätswerks Oslo berichtet, die den Betrieb und die Lastverteilung in den zu einem Ganzen zusammengeschlossenen Verteilungsnetzen der östlich des Oslo-Fjords am Glommen als Niederdruck-, westlich meist als Hochdruckanlagen arbeitenden Kraftwerke im südöstlichen Teil Norwegens regelt. Dem Aufsatz ist ein Lageplan dieser Kraftwerke und der Kupplungen beigefügt, den wir mit Genehmigung der Schriftleitung als Ergänzung unserer bisherigen Berichte über die Elektrizitätswirtschaft Norwegens hier wiedergegeben (Abb. 12 auf S. 1376).

Bei dieser Gelegenheit tragen wir auch eine Bemerkung des Herrn E. Finne, Oslo, zu seinem Aufsatz „Industrielle Wasserkraftanlagen in Norwegen"[3] nach, in der er darauf hinweist, daß die Norsk Hydro-Elektrisk Kvaelstofaktieselskab die elektrische Arbeit aus ihren Zentralen wegen der geringen Ausbaukosten dieser, besonders des Kraftwerks Vemork, zu einem äußerst niedrigen Preis beziehe. Da ferner die diesem Unternehmen zur Verfügung stehenden Wasserkräfte die der übrigen im Aufsatz genannten Werke weit übersteigen, stelle sich der Durchschnittspreis für die elektrische Arbeit jener Werke sehr vorteilhaft. Damit sei aber nicht gesagt, daß man heute elektrische Arbeit in Norwegen allgemein zu solch niedrigem Durchschnittspreis erhalten könne. Weiter teilt uns der Verfasser mit, daß die Leistung des Kraftwerks Glomfjord (S. 1014, Abb. 9) z. Z. erst etwa 54 000 kW betrage und im vollen Ausbau rd. 90 000 kW erreichen werde. Auf diese Anlage kommen wir noch zurück.

[1] Preis 2 RM zuzüglich Versandspesen.
[2] Bd. 10, 1930, S. 450.
[3] ETZ 1930, S. 1011.

Digitized by Google

Aus der deutschen Elektrizitätswirtschaft[1]. — Der Anschlußwert der Badischen Landeselektrizitätsversorgung AG. (Badenwerk), Karlsruhe, ist 1929/30 von 145 076 auf 154 846 kW gestiegen. Von den im Versorgungsgebiet liegenden 90 400 Haushaltungen sind nunmehr 79 800 oder 88 % angeschlossen. Die nutzbare Stromabgabe betrug 241,587 Mill kWh (201,371 i. V.), wovon 231,272 (191,743 i. V.) auf Kraft usw. im Großverbrauch und 10,315 Mill kWh (9,628 i. V.) auf Licht im Kleinkonsum entfielen. Die Steigerung um 20 % ergibt sich u. a. aus den neu aufgenommenen Abgaben für die Badische Kraftlieferungs-G. m. b. H., Freiburg i. Br., an der die Berichterstatterin mit 50 % beteiligt ist, und für das Elektrizitätswerk Mittelbaden AG., Lahr, sowie aus einer wesentlich stärkeren Versorgung schweizerischer Werke. Infolge günstigerer Ausnutzung der Anlagen und erhöhten Konsums ist der Durchschnittsverkaufspreis auf 30,31 Pf/kWh gefallen. Die Bauarbeiten am Schluchseewerk schreiten derart fort, daß mit dessen teilweiser Inbetriebnahme im Winter zu rechnen ist. Am Aktienkapital (14 Mill RM) der Rheinkraftwerk Albbruck-Dogern AG., Waldshut, hat sich das Badenwerk mit 1 % beteiligt. Stromeinnahmen: 14 489 027 RM (12 776 419 i. V.), Verschiedene Einnahmen: 54 464 RM (65 606 i. V.), Reingewinn: 2 026 712 RM (2 001 426 i. V.), Dividende: wieder 9 % auf 21 Mill RM Aktienkapital, das jetzt 27 Mill RM beträgt.

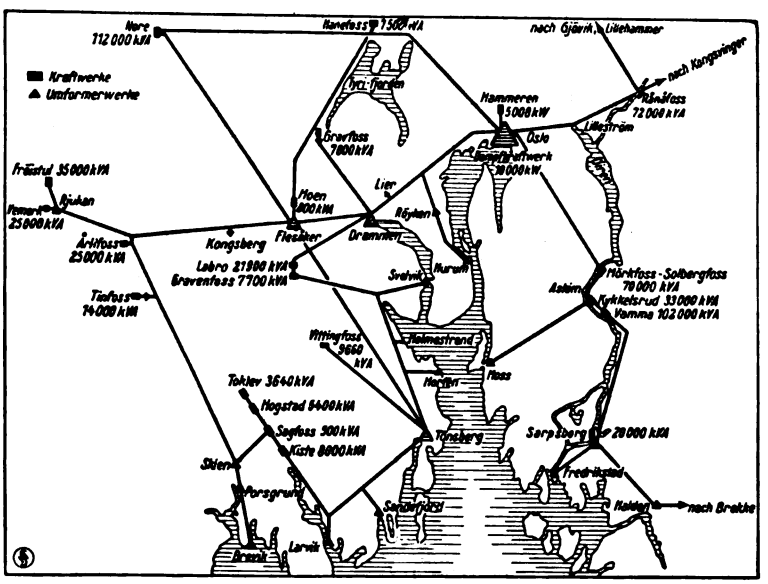


Abb. 12. Die gekuppelten Kraftwerke im Südosten Norwegens. Gesamtleistung rd. 0.5 Mill kVA, Jahreserzeugung rd. 3 Mrd kWh.

Der Strombezug der Kraftversorgung Rhein-Wied AG., Neuwied a. Rh., ist 1929 gegenüber dem Vorjahr von 13,228 auf 15,967 Mill kWh und die nutzbare Lieferung um 23.2 % auf 14,006 Mill kWh gestiegen (11.374 i. V.). An dieser Zunahme waren die Industrie mit 15,6 %, die Gemeinden und Wiederverkäufer mit 4,8 %, die Großabnehmer im ganzen mit 20,34 % und die Kleinkonsumenten mit 2.86 % beteiligt. Die spezifische Abgabe an Haushaltstrom übertraf mit 152 kWh die von 1928 um 10,6 %. Die höchste gleichzeitige Belastung der Anlagen betrug 4347 kW, d. s. 12,2 % mehr als im Vorjahr (3876 kW), die mittlere Benutzungsdauer der Höchstleistung 3680 h (3420 i. V.) und die maximale Gesamtstromabgabe in 24 h 63 000 kWh (52 297 i. V.). Die Verluste stellten sich auf 12.2 % (14,1 i. V.), und der Gesamtanschlußwert erreichte 22 332 kW (19 779 i. V.). Mit dem RWE hat die Gesellschaft ein neues langfristiges Abkommen getroffen. Einnahmen aus Betrieb und Installationen: 2 039 634 RM (1 824 363 i. V.), Reingewinn: 364 106 RM (261 213 i. V.). Dividende: wieder 8 % auf nunmehr 1,550 Mill RM bei insgesamt 2 Mill RM Aktienkapital.

Das Elektrizitätswerk Rheinhessen AG., Worms, hat 1929 in Worms und Osthofen sowie von fremden Werken 34,54 Mill kWh erzeugt bzw. bezogen (34.72 i. V.) und bei einem Gesamtanschlußwert von 48 106 kW (45 447 i. V.) im ganzen 28,243 Mill kWh verkauft (28,561 i. V.). Ursachen des Rückgangs waren die Verringerung der Beschäftigung eines rechtsrheinischen Großabnehmers und die sparsamere Verwendung elektrischer Arbeit infolge der allgemeinen wirtschaftlichen Notlage. Rheinhessen leidet schwer unter der Krisis im Weinbau und Weinhandel. Auch beim elektrischen Drusch, der im Versorgungsgebiet mit rd. 140 großen Dreschsätzen durchgeführt wird, ist der Stromverbrauch gesunken. Trotzdem war es der Gesellschaft möglich, die Einbußen fast ganz wieder auszugleichen, besonders auf dem Gebiet des elektrischen Kochens, wo sie kurz vor der Aufstellung des tausendsten Vollherdes steht. Auch der Anschluß von Heißwasserspeichern hat gute Fortschritte gemacht. Vom RWE wurden im Berichtsjahr rd. 4,6 Mill kWh und vom Großkraftwerk Mannheim rd. 5,7 Mill kWh bezogen. Betriebsüberschuß aus Stromverkauf[1] und Zinsen: 1 957 523 RM (1 864 972 i. V.), Reingewinn mit Vortrag: 690 775 RM (696 361 i. V.), Dividende: wieder 8 % auf 8 Mill RM Aktienkapital.

Der Königsberger Werke und Straßenbahn G. m. b. H. ist es 1929 trotz der allgemeinen ungünstigen Wirtschaftslage geglückt, den Stromabsatz zu steigern. Die Leistung der unmittelbar an das Hochspannungsnetz angeschlossenen Transformatoren, Motoren usw. ist von 48 535 auf 56 160 kVA, also um fast 16 % gewachsen. Die Eigenerzeugung betrug 57,584 Mill kWh (57,320 i. V.) und der Bezug vom Ostpreußenwerk 1,108 Mill kWh (2,340 i. V.); dieser hat also um rd. 53 % abgenommen. Geliefert wurden letzterem 5,100 Mill kWh (13,061 i. V.), d. h. 61 % weniger als 1928 (Inbetriebnahme von Elbing), und an die Verbraucher insgesamt 43,506 Mill kWh (38,453 i. V.), mithin 13,1 % mehr. Der Stromkonsum nach dem Wohnungstarif, einschl. der Heißwasserspeicher, stellte sich auf rd. 1 Mill kWh, d. s. 7,6 % des Lichtstromverbrauchs. Einnahmen aus Stromlieferung und Mietsanlagen: 9 790 480 RM (9 354 065 i. V.).

Aus dem Geschäftsbericht der Hamburgischen Electricitäts-Werke AG. für 1929/30 ergibt sich, daß im 1. Halbjahr die Stromabgabe gegen die gleiche Periode des Vorjahres noch ziemlich gleichmäßig gewachsen ist, diese Zunahme im 2. Halbjahr aber eine abfallende Tendenz zeigte. Der Anschlußwert ist von 535 111 kW um 9 % auf 583 373 kW gestiegen, und um den gleichen Prozentsatz hat sich die Stromabgabe erhöht, nämlich von 360,036 auf 393,093 Mill kWh. Hiervon entfielen auf die Großverbraucher 284,421 Mill kWh (252,420 i. V.), also um 13 % mehr, auf Lichtlieferung an Kleinkonsumenten 57,044 Mill kWh (55,167 i. V.) und auf Kleinkraftabnehmer 21,351 Mill kWh (21,198 i. V.). Die gesamte eingebaute Maschinenleistung der Kraftwerke betrug am Jahresschluß 0,225 Mill kW. Infolge des außerordentlich milden Winters ist die Wärmeabgabe trotz erheblicher Erweiterung des Fernheiznetzes nur um 4 % von 142 141 auf 148 066 Mill WE gestiegen. Betriebseinnahmen bzw. Überschüsse: 54 242 192 RM (51 139 155 i. V.), Reingewinn: 15 798 001 RM (16 168 088 i. V.), Dividende: wieder 10 % auf 88 Mill RM Stammaktienkapital.

Erzeugung und Verbrauch elektrischer Arbeit in Deutschland[2]. — Im Juli 1930 ist die Erzeugung der erfaßten 122 Elektrizitätswerke gegen den gleichen Monat des Vorjahres insgesamt um 109,2 Mill kWh (8 %) und arbeitstäglich um 4,046 Mill kWh (ebenfalls 8 %) weiter zurückgegangen, u. zw., wie das Statistische Reichsamt

Monat	Arbeitstage		Von 122 Elektrizitätswerken selbst erzeugte Mill kWh				Anschlußwert und Verbrauch der von 103 Elektrizitätswerken direkt belieferten gewerblichen Abnehmer							
			insgesamt		arbeitstäglich		Anschlußwert Mill kW		Gesamtverbrauch Mill kWh		arbeitstäglicher Verbrauch insgesamt Mill kWh		kWh/kW Anschlußwert	
	1930	1929	1930	1929	1930	1929	1930	1929	1930	1929	1930	1929	1930	1929
I.	26	26	1555.7	1443.6	59.8	55.5	4.6	4.3	545.0	540.0	21.0	20.8	4.6	4.8
II.	24	24	1392.5	1282.0	58.0	53.4	4.6	4.3	512.3	499.3	21.3	20.8	4.7	4.8
III.	26	25	1425.9	1306.9	54.8	52.3	4.6	4.3	523.4	510.2	20.1	20.4	4.4	4.7
IV.	24	25	1286.1	1299.1	53.6	52.0	4.6	4.3	485.8	511.6	20.2	20.5	4.4	4.7
V.	26	25	1296.4	1302.6	49.9	52.1	4.6	4.3	498.9	510.4	19.2	20.4	4.2	4.7
VI.	24	25	1169.9	1297.4	48.7	51.9	4.6	4.4	462.8	531.3	19.3	21.3	4.2	4.9
VII.	27	27	1261.3	1370.5	46.7	50.8	.	4.4	.	542.4	.	20.1	.	4.6

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 1247.

[1] 1928 auch aus Gasverkauf.
[2] Vgl. ETZ 1929, S. 1705; 1930, S. 1344.

Digitized by Google

bemerkt, infolge der Konjunkturverschlechterung, während die Produktion früher im Juli ihren sommerlichen Tiefstand bereits überschritten hatte. Der Anschlußwert der von 103 Werken unmittelbar belieferten gewerblichen Abnehmer weist im Juni, verglichen mit demselben Monat von 1929, eine Zunahme um 0,234 Mill kW (5 %) auf, dagegen ist ihr Gesamtverbrauch um 69 Mill kWh (13 %) und der arbeitstägliche um 1,988 Mill kWh (9 %) gesunken. Je 1 kW Anschlußwert war dieser um 0,68 kWh (14 %) schwächer als im Juni des Vorjahres.

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Einladung

zur ordentlichen Sitzung am Dienstag, dem 30. September 1930, 7½ Uhr abends, in der Technischen Hochschule, EB Hörsaal Nr. 301.

Tagesordnung:

1. Geschäftliche Mitteilungen.
2. Vortrag des Herrn Dr.-Ing. H. Piloty über das Thema: „Wesen und Bedeutung der Fernwirkanlagen im Kraftwerksbetrieb."

Inhaltsangabe:

1. Entstehungsursachen der Fernwirkanlagen. Ihre Definition und Einteilung. Notwendigkeit, die Fernwirkanlagen im Kraftwerksbetrieb vom Standpunkt des projektierenden Ingenieurs zu betrachten.

2. Aufgabenkreis des Lastverteilers. Art, Umfang und Wichtigkeit der zu übermittelnden Begriffe. Ansprüche an Quantitäts- und Zeitgenauigkeit sowie Sicherheit.

3. Technik der Begriffsanzeige. Leuchtschaltbild und andere Anzeigeorgane. Regeleinrichtung. Eingriffe in Automatik.

4. Technik der Begriffsübermittlung. Anwendung fernmeldetechnischer Hilfsmittel, insbesondere solcher zur Mehrfachausnutzung.

5. Technik der Fernmessung, Fernmeldung, Fernsteuerung und Fernregelung.

6. Zusammenhang zwischen der Technik der Begriffsübermittlung und grundsätzlichen Frage des Fernanlagebaues.

7. Beispiel der Projektierung einer gesamten Fernwirkanlage in einem Großversorgungsnetz.

Die Mitglieder werden gebeten, ihre Mitgliedskarten beim Eintritt vorzuzeigen. Gastkarten für einzuführende Gäste bitten wir, vor der Sitzung bei der Geschäftstelle abzufordern.

Ohne Karten kein Zutritt.

Nachsitzung im „Grand-Hotel am Knie", Charlottenburg, Bismarckstr. 1.

Elektrotechnischer Verein.
Der Vorsitzende:
Dr. Feyerabend.

Besichtigung.

Am Freitag, dem 3. Oktober 1930, findet eine Besichtigung der neuen Beleuchtungsanlagen im Zoologischen Garten, verbunden mit zwanglosem Beisammensein statt. Die Teilnehmer treffen sich von 5 Uhr nachm. ab in der Veranda des Kaiser-Saales an den für den Elektrotechnischen Verein reservierten Tischen zu einer gemeinsamen Kaffeetafel.

Um der Zoo-Direktion die Besucherzahl angeben zu können, wird um Anmeldung der Teilnehmer bei der Geschäftstelle des Vereins

bis spätestens Donnerstag, den 2. Oktober, 1 Uhr mittags,

gebeten.

Damen sind herzlich willkommen.

Elektrotechnischer Verein.
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

SITZUNGSKALENDER.

Vereinigung der Elektrizitätswerke E. V., Berlin. — 26. u. 27. IX. 1930, Kroll-Festsäle am Platz d. Republik (Eingang Große Querallee): Fachtagung Elektrowärme in Industrie, Haushalt und Gewerbe mit folg. Vorträgen:

a) 26. IX. nachm. 3 h: 1. Kriez, „El. Schmelzöfen". 2. Knoops, „El. Widerstandsöfen". 3. Bardtke, „El. Schweißen".

b) 27. IX. vorm 9 h: 1. Mörtzsch, „Belastungsverhältn. beim el. Kochen". 2. 10 Teilberichte v. Mitgliedswerken über „Prakt. Erfahrungen bei d. Einführ. des el. Kochens".

c) 27. IX. nachm. 3 h: 1. Mörtzsch, „Bäckereien und Konditoreien als Stromabnehmer". 2. Aussprache. Bericht über d. Verbreitung el. Großküchen in Deutschland.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

K. Zickler. — Am 18. IX. feierte Karl Zickler, Professor der Elektrotechnik an der T. H. Brünn, seinen 70. Geburtstag. Zickler hat in Prag studiert, ging 1884 als Assistent des Prof. v. Waltenhofen nach Wien und übernahm 1891 in Brünn die dort neugegründete Lehrkanzel für Elektrotechnik. Seine ersten Arbeiten galten dem Magnetismus, der Berechnung von Gleichstrommaschinen und Fragen der Elektrizitätsversorgung; später veröffentlichte er Untersuchungen über Röntgenstrahlen, Koronaverluste, Photometrie, Wechselstromwiderstand von Drähten u. a. mehr. Mit besonderer Hingabe arbeitet er auf dem Grenzgebiet zwischen Licht und Elektrizität durch Versuche mit lichtelektrischer Telegraphie und Telephonie. — Da Prof. Zickler die gesetzlich festgelegte Altersgrenze nunmehr erreicht hat, wird er Ende dieses Monats in den Ruhestand treten.

BRIEFE AN DIE SCHRIFTLEITUNG.

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Schriftleitung und ohne deren Verbindlichkeit.)

Die Berechnung von eisenlosen Drosselspulen.

Zu dem Aufsatz von Herrn FAYE-HANSEN in ETZ 1930, S. 427, möchte ich folgendes bemerken. Die Bewertung der Genauigkeit von empirischen Formeln, die zur Berechnung der Induktivität von eisenlosen Spulen bestimmt sind, kann bequem in der Weise geschehen, daß man die betreffende Formel auf die Form $L = n^2 D \Phi'$ transformiert und in einem α-ϱ-Netz neben den genauen Φ-Kurven[1] die nach den empirischen Formeln sich ergebenden Φ'-Kurven einzeichnet. Eine in dieser Weise durchgeführte Bewertung der Formeln von KORNDÖRFER, PERRY usw. befindet sich in einer an anderem Orte veröffentlichten Arbeit[2].

Die drei von Herrn FAYE-HANSEN benutzten Formeln ergeben der Reihe nach

$$\Phi' = \pi^2 \frac{(1-\varrho/3)^2}{\alpha + 0{,}485 + 0{,}162\,\varrho} \quad \ldots\ldots \text{(a)}$$

$$\Phi' = \pi^2 \frac{1 - {}^2/_3\,\varrho + {}^1/_3\,\varrho^2}{\alpha + 0{,}45 + 0{,}45\,\varrho} \quad \ldots\ldots \text{(b)}$$

$$\Phi' = \pi^2 \frac{1 - {}^2/_3\,\varrho + {}^1/_3\,\varrho^2}{\alpha + 0{,}15 + 0{,}375\,\varrho} \quad \ldots\ldots \text{(c)}$$

[1] ETZ 1929, S. 194.
[2] Rev. Gén. de l'El. Bd. 23. S. 583 (1928).

Digitized by Google

Die danach ermittelten Φ'-Kurven sind neben den der Kurventafel I[3] entnommenen Φ-Kurven in der untenstehenden Abbildung eingetragen und mit *a*, *b* und *c* bezeichnet. Wie ersichtlich, ergibt die Formel (a) annehmbare Werte nur für etwa $\varrho < 0{,}4$ und $\alpha > 0{,}4$ (ausgenommen für $\Phi = 6$, wo sie bis $\varrho = 0{,}8$ genau ist); für größere ϱ ist der Fehler größer. Die zweite Formel gibt eine sehr gute Übereinstimmung in einem Bereiche von etwa $\varrho = 0 \ldots 0{,}6$ und für $\alpha > 0{,}3$; für große α und ϱ ergibt sich jedoch noch eine bemerkbare Abweichung zwischen Φ' und Φ. Die letzte Formel ergibt eine bessere Übereinstimmung als die Formel (b) besonders für große α und ϱ, für kleine ϱ ist ihr Fehler praktisch unbedeutend.

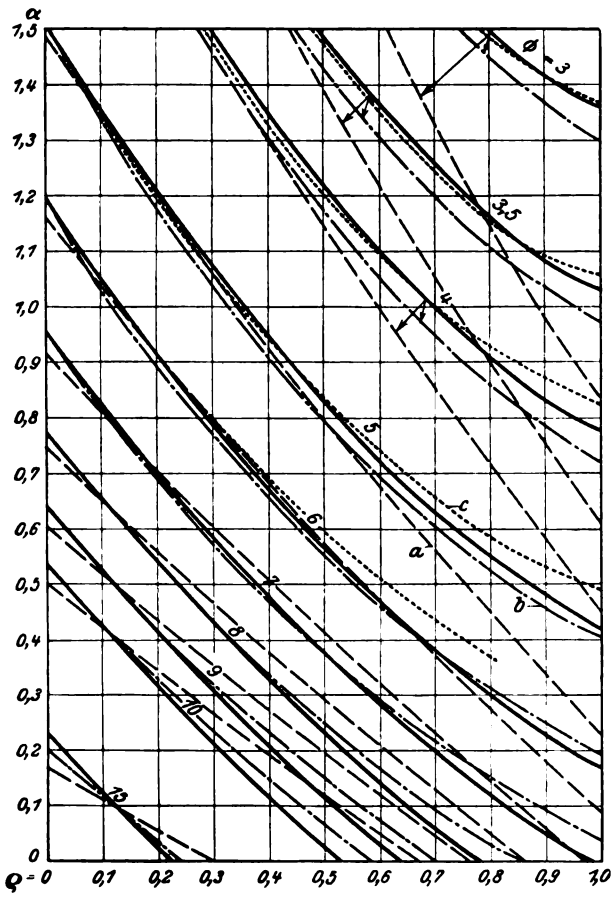


Abb. 1. Vergleich der nach den Integrationsformeln ermittelten Φ-Werte mit den Werten Φ', die sich nach den Gleichungen (a), (b) und (c) ergeben.

Dieser Vergleich bestätigt nochmals die Tatsache, daß es sehr schwierig ist, eine einzige empirische Formel abzuleiten, die im ganzen Bereiche von ϱ und für kleine und große Werte von α genaue Resultate liefern würde. Wahrscheinlich müßten noch mehrere Glieder höherer Ordnung von α und ϱ in die obigen Formeln einbezogen werden. Allerdings ergeben die Formeln von Herrn FAYE-HANSEN viel bessere Resultate als die alte Formel von PERRY, an die sie durch ihren Aufbau erinnern.

Paris, 16. V. 1930. Ing. J. Hak.

Erwiderung.

Die Ausführungen von J. HAK stimmen mit den meinigen im wesentlichen überein. Die alte Formel (a) (1904 entwickelt) hat, wie von mir erwähnt, nur ein eingeschränktes Anwendungsgebiet (das jedoch häufig verwendet wird). Die Verwendungsgebiete der Formeln (b) und (c) hängen selbstverständlich davon ab, welche Abweichungen man als „annehmbar" betrachtet. Soweit ich sehen kann, bestätigen auch die neuen Kurven von J. HAK die von mir angegebene Genauigkeit der Werte aus diesen Formeln (innerhalb des größten Gebietes 1 %, über fast das ganze Gebiet 3 %), wie es auch natürlich ist, da ich die Werte in Tabellenform für alle $^1/_{10}$-Werte von ϱ und für eine ganze Reihe entsprechend gewählter Werte von α aufgestellt habe und hierfür die Formelwerte und HAKschen Kurvenwerte verglichen habe, ehe ich die Arbeit veröffentlichte.

Bei großem ϱ und kleinem α (etwa $\alpha \leqq 0{,}7$) ist die Formel (b) und bei großem α die Formel (c) genauer, wie es auch ohne weiteres aus der Abb. 3 meiner Arbeit (ETZ 1930, S. 427) hervorgeht. Für kleine ϱ geben beide selbstverständlich praktisch gleiche Resultate.

In fast allen Fällen, wo man nicht eine so große Genauigkeit braucht, daß eine ungleiche Stromverteilung über den Querschnitt berücksichtigt werden muß (wie die HAKschen Kurven und meine Formeln voraussetzen), wird eine Ungenauigkeit von 1 ... 3 % annehmbar sein. Man muß auch berücksichtigen, daß die Spulen nicht mathematisch exakt ausgeführt werden. Die Genauigkeit oder Ungenauigkeit der von mir angegebenen Formeln (b) und (c) kann mit Hilfe der Abb. 3 meines Aufsatzes in so einfacher Weise übersehen werden, daß ich einen weiteren Vergleich in Tabellen- oder Kurvenform als überflüssig erachtete.

Ich bin Ing. J. HAK dankbar für seine Bestätigung meiner Ausführungen und für die Feststellung, daß meine Formeln genauer als die früher bekannten empirischen Formeln sind. Bei der Verwendung der Kurven meiner Arbeit (Abb. 3) statt der Formeln wird man keine systematische Abweichung von den HAKschen Kurven finden. Wenn man aber erst Kurven verwenden will, glaube ich trotz der größeren Interpolation der HAKschen Kurven, daß man diese (innerhalb des Gebietes, für das sie vorliegen) gewöhnlich vorziehen wird.

Trondhjem, 11. VI. 1930. K. Faye-Hansen.

LITERATUR.

Besprechungen.

Forschung und Technik. Im Auftrage der AEG herausg. v. Prof. Dr.-Ing., Dr. rer. pol. E. h. W. Petersen. Mit 597 Abb. i. Text, VII u. 576 S. in 4°. Verlag Julius Springer, Berlin 1930. Preis geb. 40 RM.

Nachdem um die Jahrhundertwende das „unteilbare" Atom in einen Atomkern und die darum kreisenden Elektronen zerfallen war, führten etwa um 1924/25 einzelne Wahrnehmungen dazu, dem Elektron die Eigenschaft von Wellen zuzuerkennen. Dies war durch de Broglies spekulative Überlegung angebahnt, daß man nicht nur dem Lichte, sondern auch der ganzen Materie sowohl die Eigenschaften winziger Körperchen als auch die der Wellenbewegung zugestehen könne. E. Rupp bemerkt sehr richtig, daß diesen Überlegungen zur Zeit ihres Entstehens keine physikalische Realität beigemessen werden konnte. Erst die Wahrnehmung der Beugung von Elektronen nach Reflexion an einer Kristalloberfläche schuf den Boden für eine physikalisch deutbare Anwendung des de Broglieschen Gedankens. Aber dieser veränderte das Elektron in einen Zwitter, der sich zuweilen als Korpuskel, zuweilen als Welle gebärdet, gerade wie das Lichtquant. Auch die daraus entstandene Wellenmechanik E. Schrödingers ist mathematisch einwandfrei, läßt aber keine anschauliche Deutung zu. Das Gebäude der heutigen Physik ist wirklich noch nicht fertig, es wird dauernd weiter- und um- und abgebaut. Aber die Bewegung dieser zwitterhaften Elektronen scheint ein wertvolles Hilfsmittel für die Untersuchung der Werkstoffe zu werden, ebenso wie konzentrierte „Fadenstrahlen" von Elektronen zu allerlei technischen Messungen verwendbar sind.

Mit diesen Betrachtungen und daran anschließenden Forschungsarbeiten beginnt das Werk. Etwa in der Mitte findet man eine Studie von Münzinger über den Einfluß der Kesselanlage auf die Baukosten von Elektrizitätswerken. Bei Werken mit der üblichen Kesselleistung von 40 t/h kostet 1 kW ausgebauter Leistung (ohne die Hochspannungschaltanlage) 240 ... 260 RM, wovon auf die Kesselanlage etwa 30 ... 35 % entfallen. Diese Kosten lassen sich bei hoch überlastbaren Kesseln von 175 t/h Spitzenleistung um etwa ein Drittel verbilligen, so daß die Gesamtkosten auf etwa 215 ... 230 RM gesenkt werden. Auch die Möglichkeiten von Kesseln mit 300 ... 400 t Stundenleistung und die Schwierigkeiten der Flugasche werden besprochen. Diese Studie wirtschaftlich-technischer Art bietet der Vorstellung des Starkstromingenieurs keine begrifflichen Schwierigkeiten, wohl aber vielleicht dem theoretischen Physiker.

Ich habe diese zwei Beispiele gewählt, um anzudeuten, weshalb der Auftrag, ein solches Werk zu besprechen, eigentlich unausführbar ist. Man kann einzelne Teile desselben, die dem eigenen Arbeits- oder Denkkreise entnom-

[3] Wie Fußnote 1.

Digitized by Google

men sind, aufmerksam lesen und nach Gebühr würdigen. Man kann andere, die an der Grenze des eigenen Arbeitsfeldes liegen, durchblättern und den Eindruck mitnehmen, daß auch hier Vortreffliches geleistet ist. Aber man kommt unweigerlich vor einzelne Studien zu stehen, wo eigene Einsicht und Kenntnis unzureichend sind. Denn in diesem Werke werden sowohl Probleme des reinen Maschinenbaues, wie die Nietverbindungen zwischen Schaufeln und Deckbändern von Dampfturbinen oder die Düsengesetze für Wasserdampf oder die Wirtschaftlichkeit der Gleichdruckspeicherung bei Dampfanlagen, als auch Probleme des Tonfilms, der Alterung der Isolieröle, der langen Leitungen, der synchronen und asynchronen Maschinen, der Theorie des Spinntopfes und der reinen Mathematik von hervorragenden Fachleuten in Einzeldarstellungen behandelt. Mit dieser langen und bunten Reihe ist aber der Inhalt des Werkes keineswegs erschöpft, da 41 Autoren 40 verschiedene Beiträge geliefert haben.

Der überragende Eindruck ist der, daß das Forschungsinstitut der AEG in dem ganzen breiten Gebiet der Tätigkeit dieser Weltfirma mit Anspannung aller Kräfte tätig ist, Zusammenhängen und Gesetzmäßigkeiten nachzuspüren, sie theoretisch und experimentell zu klären, unabhängig von ihrer geschäftlichen Bedeutung und in erster Linie um der tieferen Erkenntnis selbst willen. Das Forschungsinstitut der AEG tritt damit als ebenbürtiger Mitarbeiter an die Seite ähnlicher Institute anderer Weltfirmen.

Wirklich werden nur wenige Außenstehende eine Vorstellung haben von diesem mit großen Opfern an Zeit, Geld und geistiger Arbeit verknüpften Ringen um tiefere Erkenntnis, das sich innerhalb eines Unternehmens wie der AEG abspielt und von dem nur ab und zu in verstreuten Veröffentlichungen etwas nach außen dringt. Man muß der Firma und dem Herausgeber Petersen für die Veröffentlichung dankbar sein. C. Feldmann.

Entwurf und Bau von Schaltanlagen für Drehstrom-Kraftwerke. Von Obering. J. Waltjen. Mit 373 Abb. i. Text, XVI u. 268 S. in 4°. Verlag Julius Springer, Berlin 1929. Preis geb. 39 RM.

Da das Bedürfnis für den Ingenieur und Studierenden nach einem zusammenfassenden Buch für Schaltanlagen vorliegt, wird die mit großem Fleiß durchgeführte Arbeit allerseits begrüßt werden. Der Verfasser bringt im ersten Teile alle Unterlagen, die für den Entwurf des Schaltbildes notwendig sind. Der zweite Teil bespricht die Schaltanlagengeräte und -einrichtungen und der dritte beschäftigt sich mit dem Entwurf und Bau der Schaltanlagen. Wenn auch das Buch speziell für Schaltanlagen von Drehstrom-Kraftwerken gedacht ist, so findet man doch auch die Anhaltspunkte, welche für die Behandlung von Umspannwerken, Schalt- und Netzstationen notwendig sind, so daß das Buch auch auf weitere Kreise anwendbar ist als gedacht war.

Einen großen Mangel besitzt das Buch leider: es hat kein Sachverzeichnis. Der Verfasser meint, das ausführliche Inhaltsverzeichnis genüge. Dieser Meinung kann ich mich nicht anschließen. Es ist unvermeidlich, daß viele wertvolle Einzelheiten in den Unterabteilungen zerstreut sind. Sie zu finden ist schwer. Dabei fehlt am Anfang jedes der drei Teile eine Zusammenstellung der Hauptgesichtspunkte. Die Besprechung der Unterteile bringt naturgemäß manche Wiederholung. Es ist daher unmöglich, alle Werte zu erfassen, ohne das Buch genau zu kennen. Die manchmal recht breiten Beschreibungen von Geräten und Anordnungen erschweren auch die Übersicht oft und müßten überhaupt schon deshalb gekürzt werden, weil sich diese Betriebsmittel meist in einer noch nicht abgeschlossenen Entwicklung befinden, also schnell veralten, wie z. B. die Relais, die Schalter, Wandler. Auch die Besprechung der reichhaltigen Sammlung von Schaltanlagen, bei der leider die Maßstäbe fehlen, könnte kürzer gehalten sein. Ein Schaltbild sagt dem Ingenieur mehr. Die Abb. 320 bleibt wegen der sperrigen Anordnung der Sammelschienen besser fort. Dagegen vermißt man manches, z. B. den Hinweis auf die Verwendung von Einphasenkabeln, die Auflösung der Dreiphasenkabel in einphasige kurz vor dem Endverschluß, das Voltmeter im Erregerkreis des Generators, die Gefahren der Trennschalter nicht bloß im Zuge von Sammelschienen, sondern auch beim Abschalten leerlaufender Betriebsmittel, z. B. längerer Hochspannungskabel, die Anordnung der Kabelkanäle, eingehendere Behandlung der Treppen, Längs- und Quergänge, die für den Aufbau der ganzen Anlage grundlegend sind und ohne Kenntnis der örtlichen baupolizeilichen Vorschriften oft nicht sachgemäß festgelegt werden können, die Verwendung von Vollträgern an Stelle von Gitterträgern in Freiluftanlagen, ein größeres Eingehen auf die Automatik. Bei Kabelnetzen sollte man die Erdung unter Berücksichtigung des Erdschlußstromes bemessen.

Auf einige Druckfehler sei nebenbei noch hingewiesen.

Aber trotz der verschiedenen Mängel behält das Buch seinen großen Wert für jeden, der sich mit dem Entwerfen und Bau von Schaltanlagen beschäftigt, besonders aber der erste Teil, der gut gelungen ist. E. Rühle.

Fahrzeug-Dieselmotoren. Von A. E. Thiemann. Mit 327 Abb. u. 286 S. in 4°. Verlag Richard Carl Schmidt & Co., Berlin 1929. Preis kart. 17 RM.

Der Verfasser hat sich der dankenswerten Aufgabe unterzogen, die Entwicklung des Fahrzeug-Dieselmotors, der für dieselelektrische Triebfahrzeuge Verwendung findet, in einer erschöpfenden Darstellung zusammenzufassen. Der erste Abschnitt „Zur Entwicklungsgeschichte der Schwerölmotoren" ist für den Fachmann von größtem Interesse, denn es wird wenig Ingenieure geben, die das über die Entwicklungsgeschichte des Dieselmotors gewußt haben, was der Verfasser hier an Hand der Patentschriften berichtet. Das zweite Kapitel behandelt die wärmetechnischen Vorgänge, das dritte die Einblase- und Einspritzvorgänge, das vierte Kapitel befaßt sich mit dem Vorkammerverfahren, das der Verfasser als das für Fahrzeug-Dieselmotoren geeignetste Verfahren ansieht, weil es sich gegenüber dem Verfahren mit Strahlzerstäubung durch ruhigeren und weicheren Gang auszeichnet.

In dem fünften Abschnitt werden schließlich zahlreiche ausgeführte Dieselmotoren unter kritischer Würdigung der Einzelausführungen behandelt. In den Schlußfolgerungen werden die beiden Fragen untersucht, ob die heutigen Fahrzeug-Dieselmotoren bereits den Ansprüchen genügen und in welcher Richtung sich die Entwicklung voraussichtlich vollziehen wird. Das Buch gibt eine ausgezeichnete Darstellung der theoretischen Grundlagen und der verschiedenen Ausführungen des schnellaufenden Fahrzeug-Dieselmotors. Druck und bildliche Ausstattung des Buches lassen nichts zu wünschen übrig. Usbeck.

Rechts-Taschenbuch für das gesamte Elektrizitätswesen unter Einbeziehung des Rechts Österreichs und der Schweiz. Bearb. v. Amtsgerichtsrat W. Coermann. Mit einem Geleitwort für die Schweiz von Ing. O. Ganguiellet. Mit 566 S. in kl. 8°. Verlag Robert Klett & Co., Berlin 1929. Preis geb. 6 RM.

In drei Hauptteilen — Leitfaden durch die Gesetzgebung, Rechtslexikon, Gesetzestexte — hat der Verfasser den ihm zur Verfügung stehenden Stoff behandelt. Der Leitfaden will durch die Bestimmungen des Verwaltungsrechts führen, die für den Bau und den Betrieb von Elektrizitätswerken sowie von Fabriken zur Herstellung elektrischer Apparate und die für das Installationsgewerbe und für die Fernmeldeanlagen in Betracht kommen. Der Leitfaden will ferner durch das Privatrecht führen und hier die Stromlieferungsverträge, die Verträge bei Fernmeldeanlagen und die Verträge der elektrotechnischen Fabriken sowie der Elektrotechniker einer Rechtsbetrachtung unterziehen; außerdem sind die wichtigsten strafrechtlichen Bestimmungen angefügt. Da dies alles auf nur 27 Seiten in Taschenbuchformat zusammengedrängt ist, darf es nicht verwundern, wenn man über die Verhältnisse in der Elektrowirtschaft lediglich einen ganz allgemeinen, ersten Überblick gewinnen kann. Das Rechtslexikon, umfassend 484 Seiten, stellt eine Folge von Stichworten dar, die den Gesetzen oder der Praxis entnommen sind. In den Worterklärungen und den sonstigen textlichen Erläuterungen, die durchweg jedem der Stichworte folgen, findet sich manches Wissenswerte. Da und dort hat man aber das Empfinden, als wenn in dem gewiß begrüßenswerten Bestreben, aus den verschiedenen Rechtsgebieten (Bürgerliches Recht, Gewerbe-, Handels-, Verkehrsrecht usw.) eine große Zahl von Stichworten zu sammeln, der Verfasser etwas zu weit gegangen wäre. Ohne Schaden hätten z. B. Stichworte wie „Finderlohn", „Schenkung" usw. wegbleiben und den Raum fehlenden Begriffen aus der Fachpraxis wie etwa „Schalttafel", „Durchhang", „Blockstation" usw. überlassen können. Der dritte Hauptteil „Gesetzestexte" beschränkt sich auf die Wiedergabe der wichtigsten Gesetze, unter denen man aber z. B. das Leuchtmittelsteuergesetz bzw. seine wesentlichsten Bestimmungen hier vermißt. v. dem Busch.

Digitized by Google

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Der elektrotechnische Spezialhandel Deutschlands im 1. Halbjahr 1930[1]. — Wie die Darstellung des Statistischen Reichsamts in der Gruppeneinteilung des Internationalen Warenverzeichnisses zeigt, ist im ersten Halbjahr 1930, verglichen mit der gleichen Periode des Vorjahres, die Einfuhr elektrischer Maschinen einschl. der Teile (M) um 2477 dz (13 %) bzw. 0,581 Mill RM (10,5 %) zurückgegangen, die Ausfuhr dagegen um 36 320 dz (22 %) bzw. 10,681 Mill RM (23 %) gestiegen. Der Import elektrotechnischer Erzeugnisse (E) hat sich, wenn man die inzwischen berichtigten Zahlenangaben berücksichtigt, um 13 033 dz (41,5 %) bzw. 3,486 Mill RM (18 %) verringert, und ebenso weist ihr Export mengenmäßig eine Abnahme um 14 015 dz (2 %) auf, während sich wertlich eine Zunahme um 1,276 Mill RM ergibt. Folgende Übersicht enthält die einzelnen Beträge des Spezialhandels nach Ländern.

Länder		Einfuhr aus Mengen dz	Einfuhr aus Werte 1000 RM	Ausfuhr nach Mengen dz	Ausfuhr nach Werte 1000 RM
Ägypten	M	—	—	3 020	481
	E	11	9	12 188	1 884
Argentinien	M	22	6	13 326	2 922
	E	66	80	46 465	11 096
Austral. Bund	M	—	—	210	97
	E	9	10	2 090	1 326
Belgien, Luxemb.	M	554	98	8 624	2 644
	E	3 506	582	28 796	11 458
Belg. Kongo	M	—	—	38	20
	E	—	—	90	33
Brasilien	M	31	7	3 545	868
	E	71	18	7 771	2 580
Brit. Indien	M	47	7	2 398	869
	E	9	3	7 582	2 351
Brit. Südafrika	M	14	3	1 190	358
	E	44	29	7 736	2 127
Brit. Westafrika	M	—	—	65	32
	E	—	—	296	83
Bulgarien	M	6	1	434	108
	E	81	21	758	397
Chile	M	—	—	7 059	1 537
	E	10	9	8 267	2 693
China	M	12	2	4 179	990
	E	13	5	6 474	3 442
Dänemark	M	43	28	2 174	611
	E	234	281	13 643	6 216
Danzig	M	60	22	631	215
	E	61	118	2 257	1 369
Estland	M	—	—	86	32
	E	13	14	1 738	418
Finnland	M	16	7	1 358	355
	E	86	80	13 846	3 560
Frankreich	M	436	101	36 560	9 955
	E	562	571	33 060	15 379
Franz. Westafrika	M	—	—	1	1
	E	—	—	3	3
Griechenland	M	13	2	1 637	403
	E	22	15	5 059	1 373
Großbritannien	M	513	329	2 235	1 106
	E	1 272	1 037	50 696	17 138
Guatemala	M	—	—	205	89
	E	—	—	466	202
Irisch. Freistaat	M	2	2	1 253	241
	E	150	18	9 736	2 333
Italien	M	332	211	4 127	2 090
	E	135	162	13 772	15 695
Japan	M	12	8	4 716	1 154
	E	26	28	9 740	3 624
Jugoslawien	M	21	7	2 243	806
	E	17	36	4 111	1 854
Kanada	M	3	9	18	12
	E	21	17	6 541	981
Kolumbien	M	—	—	709	201
	E	1	1	1 474	664
Lettland	M	6	3	1 220	286
	E	14	23	6 281	1 461
Litauen, Memel	M	23	5	534	139
	E	50	38	1 653	697
Mexiko	M	4	2	4 547	1 015
	E	29	14	2 074	585
Niederlande	M	3 625	813	11 761	2 985
	E	1 988	3 303	118 997	27 809
Niederl. Indien	M	—	—	7 053	1 519
	E	13	8	23 118	4 651
Norwegen	M	20	7	3 683	962
	E	63	71	9 352	3 775
Österreich	M	621	276	10 513	2 773
	E	1 222	1 433	8 080	6 675
Polen	M	85	28	5 000	1 471
	E	129	136	9 238	5 466
Portugal	M	24	4	953	242
	E	9	6	3 386	1 256
Rumänien	M	8	6	2 342	607
	E	124	135	5 201	2 696
Saargebiet	M	4 051	902	4 803	1 135
	E	540	201	7 852	3 030
Schweden	M	588	166	4 251	1 387
	E	636	383	31 680	11 160
Schweiz	M	3 423	842	2 883	1 184
	E	1 832	1 649	13 218	8 587
Spanien	M	13	11	10 575	2 424
	E	312	53	9 262	4 823
Tschechoslowakei	M	342	164	4 170	2 051
	E	865	588	7 971	7 867
Türkei	M	10	4	1 626	422
	E	9	10	5 307	1 461
UdSSR	M	81	19	15 987	5 182
	E	5	13	13 952	9 904
Ungarn	M	70	16	617	278
	E	1 008	1 307	2 486	2 390
Uruguay	M	—	—	525	124
	E	7	3	3 666	1 149
Venezuela	M	—	—	290	87
	E	—	—	861	386
V. S. Amerika	M	1 401	835	1 030	626
	E	3 057	3 525	4 642	3 792

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1388; 1930, S. 483.

Vorgänge im Ausland. — Man schreibt uns: Am 29. VIII. wurde in Rom zwischen dem italienischen Verkehrsministerium und der italienischen Fernkabelgesellschaft Società Italiana Reti Telefoniche Interurbane (Sirti), Mailand, an der die Siemens & Halske AG. beteiligt ist, der Vertrag für die Lieferung und Verlegung der Telephonfernkabel Neapel—Palermo bzw. Neapel—Bari unterzeichnet. Durch diese neuen Fernkabelstrecken wird Italien in einigen Jahren in seiner ganzen Länge mit Fernkabellinien ausgerüstet sein. Wie hierzu die Tagespresse berichtet, nehmen an dem Auftrag außer den italienischen Kabelfabriken die Siemens & Halske AG. und die International Standard Electric Corp. teil, u. zw. letztere beiden durch Lieferung der erforderlichen Pupinspulen und Verstärkereinrichtungen. Das Kabel läuft von Neapel, Auletta nach Bari mit einer Abzweigung von Auletta über Messina nach Palermo. Der Gesamtbetrag der Anlage, die nach den Patenten und Erfahrungen der genannten beiden Firmen ausgeführt wird, soll sich auf etwa 40 Mill RM belaufen.

Bezugsquellenverzeichnis.

Die Anfragen sind an die Schriftleitung der ETZ Berlin W 9, Linkstr. 23/24, zu richten. Anfragen ohne Rückporto bleiben unbeantwortet.

Frage 35: Wer stellt elektrische Heizvorrichtungen für Diffusionspumpen her?

Frage 36: Wer ist der Hersteller von „Siseron" bzw. einem ähnlichen Mittel zur Imprägnierung von Kondensatoren?

Berichtigung.

In der Aussprache zu dem Aufsatz „Wälzlager für Elektromotoren", ETZ 1930, S. 1298, sind auf S. 1300 die Druckstöcke der Abb. 3 und 4 miteinander vertauscht worden; das rechts dargestellte Lager ist das Rollenlager mit Außenbordring, Abb. 3, und unter die links abgedruckte Zeichnung gehört die Unterschrift der Abb. 4.

Abschluß des Heftes: 20. September 1930.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Schweißkontroller für Punktschweißmaschinen.

Mitteilung der AEG.

Die Punktschweißung hat sich in den letzten Jahren wegen ihrer vielen Vorzüge sehr große Anwendungsgebiete erobert. Einer noch weiteren Verbreitung stand bis vor kurzem die starke Abhängigkeit vom Schweißpersonal entgegen. Auch mußte man darauf bedacht sein, besonders bei der Anwendung in der Serienfabrikation, für die sie doch ganz besonders geeignet ist, Unregelmäßigkeiten am Schweißgut, in den Vorarbeiten und an den Elektroden weitestgehend auszuschalten. Sie beeinflussen nämlich mehr oder weniger den Schweißvorgang und können zu schlechtem Ausfall der Schweißungen führen. Um diese Einflüsse auszuschalten, entwickelte man Apparate zur Kontrolle des Schweißprozesses. Verschiedene angewandte Prinzipien befriedigten nicht bis auf das folgende, das bei den AEG-Schweißkontrollern angewandt wird und allen Anforderungen entspricht. Es beruht auf der Ausnutzung des plötzlichen Ansteigens des Schweißstromes nach erfolgter Schweißung.

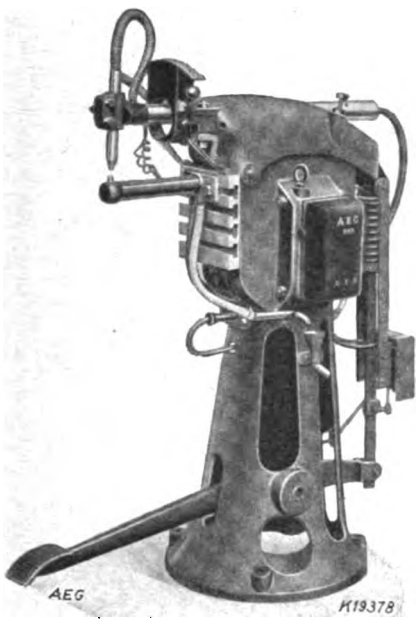


Abb. 1. Punktschweißmaschine Typ OP 10 mit auswechselbaren Armen und angebautem Schweißkontroller.

Obwohl Eisen mit zunehmender Erwärmung dem elektrischen Strom einen höheren Widerstand entgegensetzt, wird der Gesamtwiderstand im Schweißgut und Übergängen zwischen den Punktschweißelektroden kleiner, weil der größte der einzelnen Widerstände, nämlich der Übergang zwischen den zu verbindenden Werkstoffen, Null wird. Sonst wäre ja keine Verschweißung eingetreten. Da diese Widerstandsänderung augenblicklich erfolgt, steigt auch der Schweißstrom plötzlich. Es ist also belanglos, ob die Werkstoffe schlecht aufeinander liegen, verschmutzt sind und Rost- oder Zunderschichten aufweisen; der Schweißstrom wird erst plötzlich steigen, wenn der Übergangswiderstand auf Grund der Verschweißung auf Null gesunken ist. Der AEG-Schweißkontroller schaltet nur nach eingetretener Verschweißung aus. Bei verschmutzten Werkstoffen erfolgt die Ausschaltung später, weil die Verschweißung so weit verzögert wird, bis der Strom die isolierenden Fremdschichten durchbrochen hat. So bleibt die Beschaffenheit des Materials und der Elektroden auf den guten Ausfall der Schweißung ohne Wirkung. Auch vom Schweißpersonal kann kein Fehler gemacht werden, wenn die Elektroden nur so lange auf das zu schweißende Werkstück gedrückt werden, bis der Schweißkontroller ausschaltet. Durch ihn ist es erst möglich, die Bedienung der Punktschweißmaschinen auch ungelerntem Personal zu überlassen. Man kann mit ihm unter Anwendung bedeutend höherer Energie schweißen, ohne ein Verbrennen des Werkstoffes befürchten zu müssen, man kann die Arbeitszeit abkürzen, die Erwärmungszone verkleinern und Schweißpunkte ohne sichtbaren Eindruck erzeugen. Unsichtbare Schweißpunkte erhält man dabei durch die Verwendung besonders geformter Punktschweißelektroden. Schließlich gestattet der Kontroller noch, dünnste Werkstoffe auf den stärksten Maschinen ohne Verbrennungsgefahr zu verschweißen und ermöglicht für besondere Fälle eine Erkaltung der Schweißpunkte unter dem Druck der Schweißelektroden.

Zusammenfassend ergibt die Verwendung des AEG-Schweißkontrollers an Punktschweißmaschinen folgende Vorteile:

Vermeidung von Ausschuß,
Verbesserung der Güte durch verkleinerte und sogar unsichtbare Schweißpunkte, verringerte Wärmespannungen und vollkommen gleichmäßigen Ausfall der Schweißungen,
Herabsetzung der Schweißzeit,
Ersparnisse an Schweißstrom,
Verringerung des Kühlwasserverbrauches,
Verminderung des Elektrodenverschleißes,
Bedienbarkeit durch ungelerntes Personal.

Der AEG-Schweißkontroller wird in zwei Typen hergestellt und zwar für Punktschweißmaschinen bis zu 10 kVA Leistung bzw. für Leistungen über 10 kVA. Der Anbau kann ohne Schwierigkeiten an Punktschweißmaschinen jeden Fabrikates erfolgen.

Der AEG-Schweißkontroller besteht aus einem über den Oberarm der Punktschweißmaschine zu schiebenden Maximalstromrelais (Abb. 1) und dem an einem beliebigen Ort unterzubringenden Ausschalter (Abb. 2).

Das Maximalstromrelais ist ein ringförmiger, offener Eisenkörper, dessen Luftspalt von einem Anker überbrückt wird. Dieser trägt einen Wolframkontakt und das durch die rechts im Bilde sichtbare Kordelschraube zu verstellende Gegengewicht. Hierdurch wird der Luftspalt zwischen Anker und Ring feinfühlig geregelt und der magnetische Widerstand geändert.

Der Ausschalter enthält zwei Magnetspulen und einen von diesen beeinflußten Anker mit einem großen Kupferkontakt, der eine Primärleitung zur Maschine zu- oder abschaltet. Die eine Spule ist über den Wolframkontakt am Relaisanker mit dem Netz verbunden, die andere wird an das Netz gelegt, sobald der Hauptkontakt den Primärstrom unterbricht.

Der im Oberarm fließende Schweißstrom erregt im Eisenkörper des Maximalstromrelais einen magnetischen Fluß, der mit der Stärke des Stromes steigt und fällt. Beim Anwachsen zu einer bestimmten Größe wird daher der Anker angezogen und der Wolframkontakt geschlossen, dadurch wird die erste Spule des Ausschalters an das Netz gelegt und der Primärstromkreis unterbrochen. In diesem Augenblick wird auch die zweite Spule mit dem Netz verbunden und hält nun den Ausschalter so lange in der geöffneten Stellung fest, bis der Fußschalter der Punktschweißmaschine durch den Schweißer für die nächste Schweißung geöffnet wird.

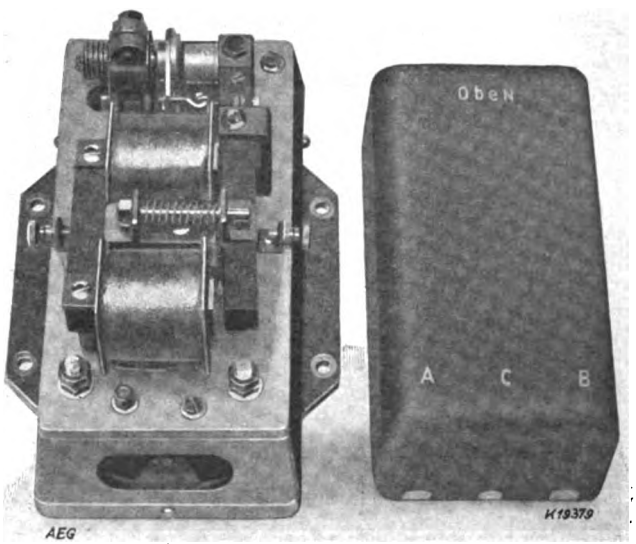


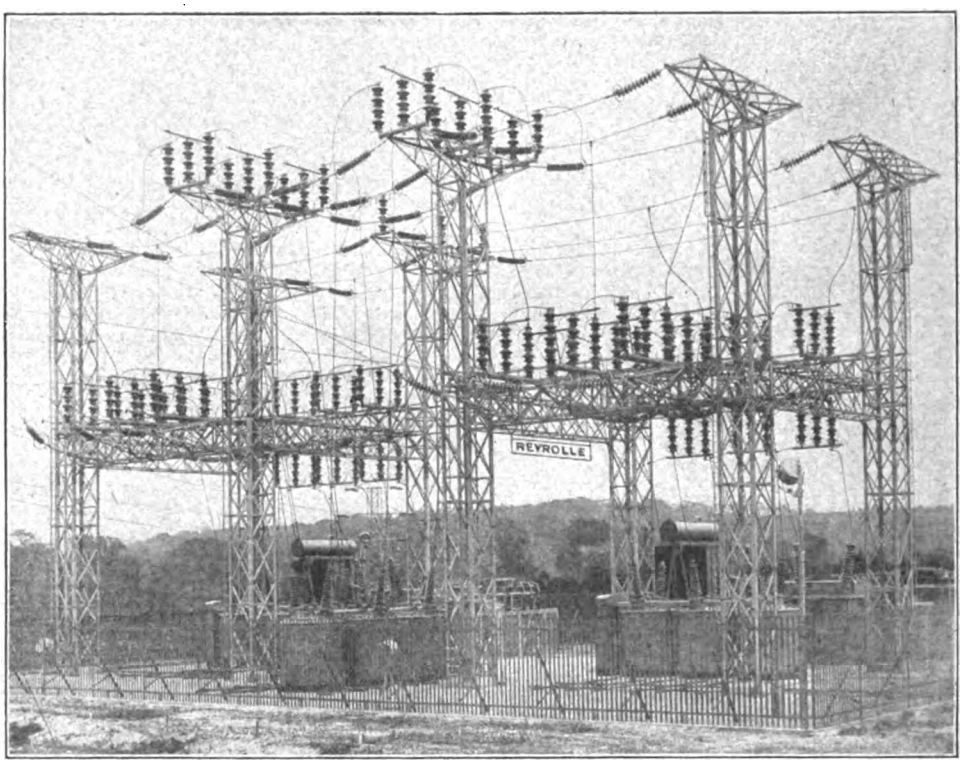
Abb. 2. Ausschalter zum Schweißkontroller für Punktschweißmaschinen.

Digitized by Google

REYROLLE

132 000 VOLT FREILUFT-SCHALTANLAGE

im englischen Landes-Sammelnetz



Die Reyrolle Sammelnetz-Unterstation bei Luton

Die Reyrolle Unterstationen bei Bedford und Luton wurden am 23. und 29. Mai 1930 in Betrieb gesetzt; sie sind die ersten 132 000 Volt Netz-Unterstationen in England

A. REYROLLE & CO LTD

HEAD OFFICE AND WORKS

HEBBURN-ON-TYNE ENGLAND

Digitized by Google

E T Z

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

INHALT

7. Volltagung der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) in Skandinavien vom 27. Juni bis 9. Juli 1930. (Forts.) 1381

Die Fernschreibmaschine als neuzeitliches Verkehrsmittel. Von P. Storch. 1388

Kupferpanzerstahl „KPS" als Leitungsbaustoff in Mittelspannungsnetzen. Von H. Marzahl. 1395

Die Wirtschaftlichkeit von Pumpspeicherwerken abseits der Verbrauchsgebiete. Von H. Schulze. 1397

Die Verwendung merklich leitender Stoffe zum Bau von Isolatoren. Von H. Schaefer. 1399

Ein Rechenschieber für das Rechnen mit komplexen Größen. Von W. H. Grinsted. 1401

Rundschau

Kann ein Radioempfänger die zu bestimmt. Zeiten festges. Sendungen auch selbsttät. aufnehmen u. aufbewahren? 1402 — Hängende Kaskadenspannungswandler. 1403 — Ein direkt ablesbares lichtelektr. Photometer z. fabrikmäß. Mess. v. Glühlampen. 1403 — Kletterkatzen f. Greiferdrehkrane. 1404 — Gründe f. d. zahlenmäß. Abnahme d. Schrämmaschinen im Ruhrbezirk. 1404 — Ein neuer el. Teufenanzeiger f. Förderanlagen. 1405 — Eine neuartige Brücke f. d. Lechersche Paralleldrahtsystem. 1405 — Die Entwicklung d. Oxydkathode. 1405 — El. Hobelmaschinenantrieb. 1406 — Das einheitliche Fernkabelsystem. 1406 — Die Gegeninduktivität v. Leitungen m. Erdrückleitung. 1407 — Die Ausbildung d. höheren Beamten d. Fernmeldedienstes b. d. Dt. Reichspost. 1408 — Temperaturkompensation bei Elektrolyten. 1408 — Neue Normblätter. 1408 — Energiewirtschaft. 1409

Vereinsnachrichten. 1410

Sitzungskalender. 1410

Persönliches: W. Dieselhorst †, C. Bosch. 1410

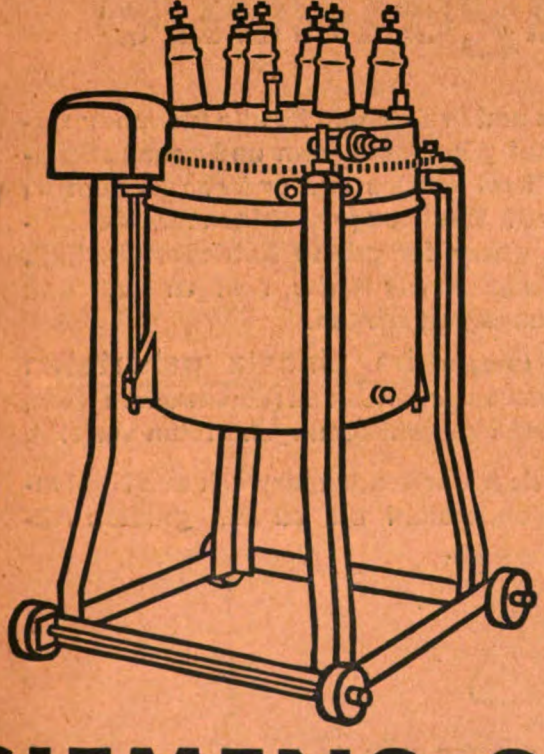
Literatur: Skirl, Generalber. d. Zweiten Weltkraftkonferenz, Festschrift d. Dt. Wasserwirtschafts- u. Wasserkraftverb., Hänchen. 1411

Geschäftliche Mitteilungen. 1412

Bezugsquellenverzeichnis. 1412

Berichtigungen. 1412

Hochleistungs-Ölschalter



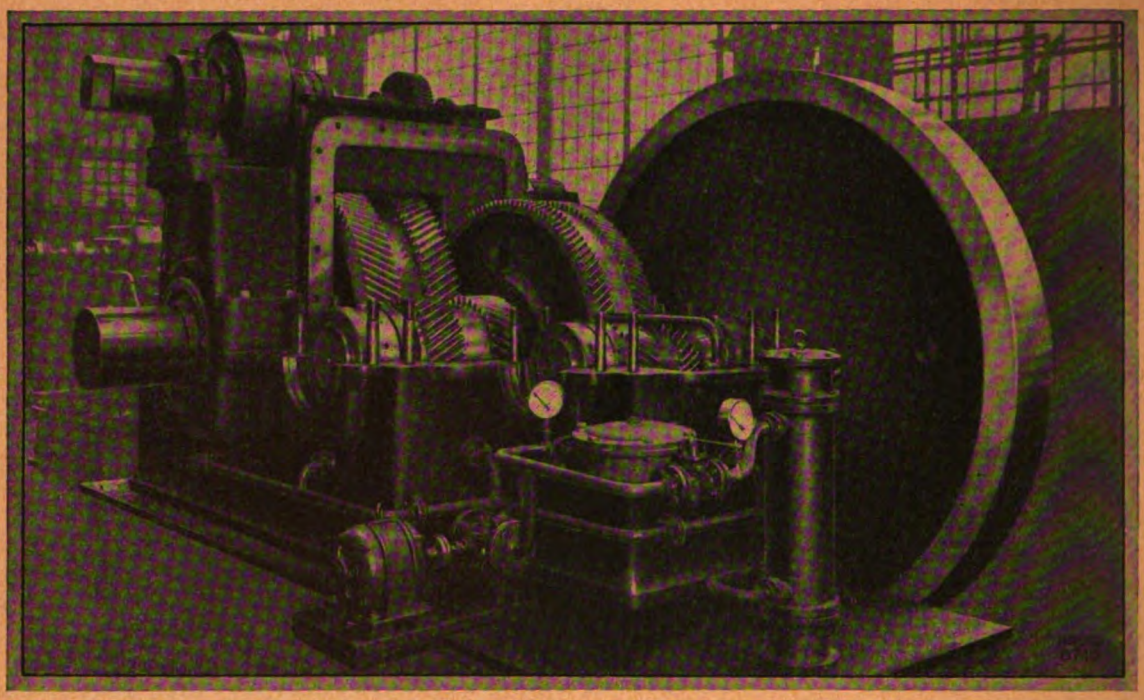
Schaltleistung nach dem REH-Zyklus

130 MVA
230 MVA
400 MVA

SIEMENS-SCHUCKERT

O. HEFT · 51. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9
(1381-1412) 2. OKTOBER 1930

Digitized by Google



Zahnradgetriebe zwischen Elektromotor und Metallwalzwerk, Oberwalzenantrieb mit Lamellenrutschkupplung, N = 150 bis 600 PS, n = 720/30.

Zahnradgetriebe

bauen wir bis zu höchsten Leistungen und Drehzahlen für alle Anwendungsgebiete. Wir legen größten Wert auf günstigste Form und genaue Bearbeitung der Zähne. Zahnräder und Ritzel werden aus unseren bewährten hochwertigen Sonderstählen und auf Werkzeugmaschinen größter Genauigkeit hergestellt. Wir können daher für größte Betriebssicherheit, lange Lebensdauer, einwandfreies Arbeiten der Räder, ruhigen Lauf und höchsten Wirkungsgrad bürgen.

Vorzüglich bewähren sich auch unsere im Einsatz gehärteten Zahnräder, deren glasharte Oberfläche, verbunden mit einem zähen Kern, ihnen eine 8-12mal größere Lebensdauer gegenüber ungehärteten verleiht.

Kammwalzen liefern wir je nach dem Verwendungszweck aus Kohlenstoff-Stahl oder höchstwertigem Sonderstahl bis zu den größten Abmessungen.

KRUPP

Anfragen erbeten an:

KRUPP

964

Fried. Krupp Aktiengesellschaft, Essen, Abteilung Getriebebau

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

51. Jahrgang | Berlin, 2. Oktober 1930 | Heft 40

7. Volltagung der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) in Skandinavien vom 27. Juni bis 9. Juli 1930.

(Fortsetzung von S. 1355.)

Advisory Committee Nr. 5.

Dampfturbinen (Steam Turbines).

Vorsitz: Prof. Dr. Josse, Deutschland.

Deutschland war bei den Sitzungen durch den Unterzeichneten, der den Gesamtvorsitz führte, sowie durch Herrn Prof. Kraft, Berlin, und Herrn Obering. Dr. Hencky, Leverkusen, vertreten.

Die Regeln für Abnahmeversuche an Kondensationsdampfturbinen, die in der Hauptsache bei den Vorberatungen im Haag und in London aufgestellt worden waren, wurden angenommen und gelten somit als international vereinbart.

Diese Regeln umfassen mehrere Teile, u. a. auch Angaben für die Ausführung von Abnahmeversuchen, die aber von jedem Land nach Belieben ausgestaltet werden können.

Die anzuwendenden Frischdampfdrücke, die kW-Leistungen der Turbinen sowie die graphischen Zeichen für Wärmeschaltbilder sind international vereinbart worden.

Es ist ferner beschlossen worden, daß die nationalen Kommittees sich mit dem vom Comité Electrotechnique Français herausgegebenen Dokument „Définition du rendement thermodynamique des turbines à vapeur" beschäftigen sollen.

Ferner wurde beschlossen, die Vorarbeiten für „Regeln für die Abnahmeversuche an Anzapf- und Gegendruckturbinen" in den nationalen Kommittees in Angriff zu nehmen (vgl. a. VDI-Nachr. Nr. 30, 1930).

Das Gesamtergebnis darf als äußerst befriedigend bezeichnet werden.

Berichter: Josse.

Advisory Committee Nr. 6.

Lampensockel und Fassungen (Lamp Caps and Holders).

1. Tag: Montag, der 30. VI., Vorsitz: Mr. C. A. Atherton.
2. Tag: Dienstag, der 1. VII., Vorsitz: Mr. C. C. Patterson.

Anwesend waren: C. A. Atherton, Schweiz, L. Cerceau, Frankreich, F. J. Hawkins, England, Dr. Levy, Schweiz, A. Maier, Deutschland, Zentralverband, C. C. Patterson, England, H. Pohl, Deutschland, VDE, W. H. Tromp, Holland, T. Beran, Amerika, als Gast.

Inhalt.

Einleitung.

1. Bajonett- (Swan-) Fassung: Zeichnung 629 A.
2. Bajonett- (Swan-) Sockel: Zeichnung 630 A.
3. Edison-Gewinde 27: Zeichnung 632 A Bl. 1.
4. Ausführungsformen der Edison-Sockel mit Gewinde 27: Zeichnung 632 A Bl. 2.
5. Edison-Gewinde 10: Zeichnung 633 und 634.
6. Edison-Gewinde 14: Zeichnung 635.
7. Edison-Gewinde 40: Zeichnung 636.
8. Zukünftige Arbeiten.
9. Vorschriften für Fassungen, deutscher Vorschlag.
10. Zusammenstellung des Berichterstatters.

Es wurde zunächst festgestellt, daß die Vorschläge des Independent-Kommittees (Indeco) auch dem Amerikanischen Kommittee zur Einsicht vorgelegen haben, aber keine Äußerung hierzu eingegangen sei, und daß amerikanische Abgeordnete auf der Tagung des Kommittees Nr. 6 offiziell nicht vertreten seien. Indessen nahm Mr. T. Beran, V. S. Amerika, als Gast an den Sitzungen teil.

Dr. Sharp, der Präsident der amerikanischen Delegation, der freundlicherweise, einem Ansuchen des Kommittees Nr. 6 folgend, an einer Besprechung teilnahm, sprach sein Bedauern aus, daß Amerika im Kommittee Nr. 6 nicht vertreten sei. Es sei ihm aber nicht möglich gewesen, bei dem Amerikanischen Kommittee eine Einigung über die Indeco-Vorschläge zu erzielen. Er wünsche jedoch, daß das Kommittee Nr. 6 weiterhin seine Entscheidung fälle und verspricht, daß das Kommittee der Vereinigten Staaten in der Hauptsitzung nicht gegen die Annahme der Werte als internationale Normen auftreten würde, wie sie vom Kommittee Nr. 6 vorgeschlagen würden. Wenn er nach Amerika zurückkomme, werde er seine Kommission von der Lage der Dinge unterrichten und versuchen, die Annahme dieser Normen zu empfehlen, auch wenn sie nicht mit den USA-Normen in Einklang stehen und einige Änderungen der eigenen nationalen Normen nötig sind.

Die Indeco-Vorschläge werden besprochen und wie folgt bestätigt:

1. Bajonett- (Swan-) Fassungen, Zeichnung Nr. 629 A (Abb. 1).

In der Tagung der IEC im Jahre 1926 wurden bereits Abmessungen für Bajonettfassungen festgelegt. In diesen Festlegungen fehlten einige wichtige Maße, über die seinerzeit eine Einigung nicht erzielt werden konnte oder die noch nicht zur Annahme reif waren. Das Indeco hat der IEC einen Vorschlag unterbreitet, in dem die bisher nicht festgelegten Maße aufgenommen sind. Die Zeichnung Nr. 629 A (Abb. 1) (die Nummer dieser Zeichnung sowie der folgenden sind vorläufige Nummern) enthält die nunmehr vollständigen Abmessungen für Bajonettfassungen. Die bereits im Jahre 1926 festgelegten Maße sind besonders gekennzeichnet.

2. Bajonett- (Swan-) Sockel, Zeichnung Nr. 630 A (Abb. 2).

Für Bajonettsockel wurden ebenfalls bereits im Jahre 1926 von der IEC Abmessungen festgelegt. Auch hier fehlten einige wichtige Maße, die dann vom Indeco bearbeitet wurden und in Zeichnung Nr. 630 A (Abb. 2) enthalten sind. Die bereits im Jahre 1926 festgelegten Maße sind besonders gekennzeichnet.

Das Maß für die Blechdicke wurde von 0,178 mm auf 0,18 mm Kleinstmaß abgerundet.

Für die Höhe der Isolierung *C* ist zwar noch das Maß mit 1,5 mm min. vorgesehen. Es soll jedoch versucht werden, es auf 2 mm zu vergrößern, um die Kriechstrecke zwischen den beiden Kontakten und der Hülse auf mindestens 3 mm zu bringen und dadurch eine bessere Isolation insbesondere bei 220 V zu erzielen.

Ferner wird das Indeco gebeten, bei seinen weiteren Arbeiten auch die Gesamtlängen und Wulstabmessungen für Bajonettsockel festzulegen.

Digitized by Google

3. Edison-Gewinde 27,
Sockel- und Fassungs-Abmessungen,
Zeichnung Nr. 632 A **Blatt 1** (Abb. 3).

A. Gewindeabmessungen.

Das Edison-Gewinde 27 entspricht dem Vorschlag von Herrn Dir. Hermanni, und es ist erfreulich, daß durch die Annahme dieser Maße diese Arbeiten jetzt endlich nach jahrelangen Bemühungen erfolgreich beendet sind. Eine Einigung mit den Amerikanern über eine gemeinsame Gewindeform war leider nicht zu erreichen, da die Abweichungen zu groß sind. Der Außendurchmesser $d = 26{,}15 \ldots 26{,}45$ wurde bereits im Jahre 1926 in der Hauptversammlung der IEC angenommen und ist besonders gekennzeichnet.

B. Weitere Abmessungen.

a) Sockel.

Das Maß T für die Gewindelänge der Sockel ist mit 22 mm min. festgelegt.

Für den Abstand von Unterkante Sockel bis Anfang der Gewindehülse ist das Maß $G = 3$ mm min. vorgesehen.

Der Durchmesser des Mittelkontaktes ist mit $C = 9{,}5$ bis 11,5 mm festgelegt.

Für die Blechdicke der Gewindehülse ist das Maß 0,2 mm min. angegeben.

Die Untersuchungen über das Maß S, das für die Konstruktion von Berührungschutzfassungen wichtig ist, sind noch nicht zum Abschluß gekommen, und es wird daher in einer Fußnote darauf hingewiesen, daß dieses Maß später hinzugefügt wird.

b) Lehre.

Für die Prüfung der Gewindelänge der Sockel ist eine Lehre mit einer Einschraubtiefe von 22 mm vorgesehen.

c) Fassung.

Für die Fassung ist ein Maß von 21,5 mm max. für die größte Gewindelänge (Abstand Gewindeanfang bis Mittelkontakt) angegeben.

4. Edison-Gewinde 27,
Sockel- und Fassungs-Abmessungen,
Zeichnung Nr. 632 A **Blatt 2** (Abb. 4).

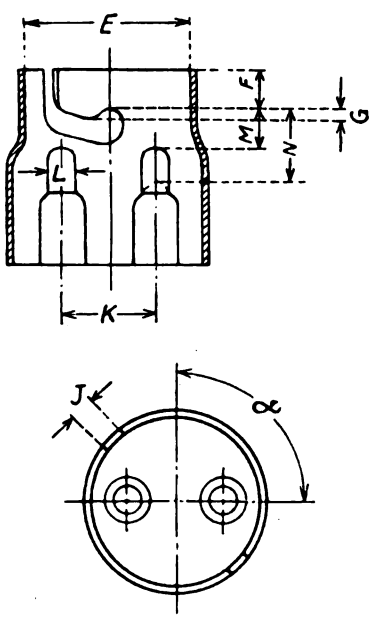
Für die Edison-Sockel 27 sind drei Ausführungen vorgesehen. Die Sockel von 30 und 35 mm Länge passen zu den Berührungschutzfassungen. Bei dem Sockel von 25,5 mm Länge, der hauptsächlich auf Wunsch der Engländer aufgenommen wurde, trifft dies nicht in allen Fällen zu. Es wird daher in einer Fußnote darauf hin-

(Fortsetzung auf S. 1385.)

Bajonett-(Swan-)Fassung — 629 A

Abmessungen

Maße in mm



Bezeichnungen	Nennmaße	Grenzmaße min.	Grenzmaße max.
E†	22,5	22,30	22,50
F†	5,0	—	5,00
G†	1	0,90	1,15
J†	3	2,70	3,20
K	12,5	11,8	13,2
L	4	—	4,20
M†	4	—	4,90
N†	10	10,0	—
α†	90°	82° 30′	97° 30′

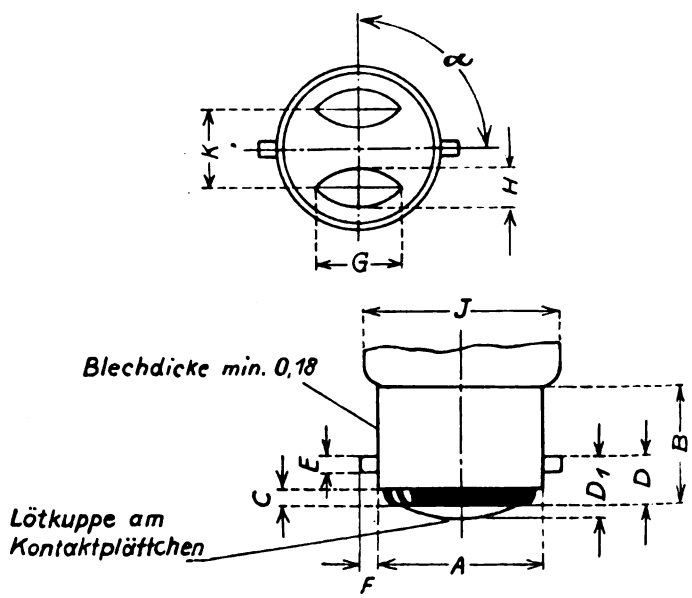
† Angenommen von der IEC, New York, 16. April 1926

Abb. 1.

Bajonett-(Swan-)Sockel — 630 A

Abmessungen

Maße in mm



Bezeichnungen	Nennmaße	Grenzmaße min.	Grenzmaße max.
A†	22	21,75	22,15
B†	15	15,00	—
C•	1,5	1,50	—
D†	6,5	6,00	7,00
D_1†	8	—	8,00
E†	2	—	2,10
F†	2,5	2,30	2,70
G	12	11,75	12,25
H	5,5	5,35	5,85
J	26	25,80	26,45
K	10	10,00	10,50
α	90°	82° 30′	97° 30′

† Angenommen von der IEC, New York, 16. April 1926
• Es ist empfehlenswert, dieses Maß möglichst auf 2 mm zu halten

Abb. 2.

Digitized by Google

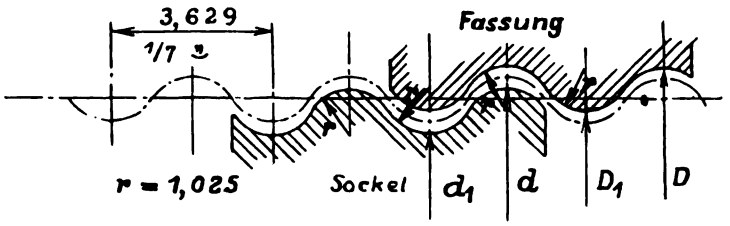
Edison-Gewinde 27

Sockel- u. Fassungs-Abmessungen

632 A Blatt 1

Maße in mm

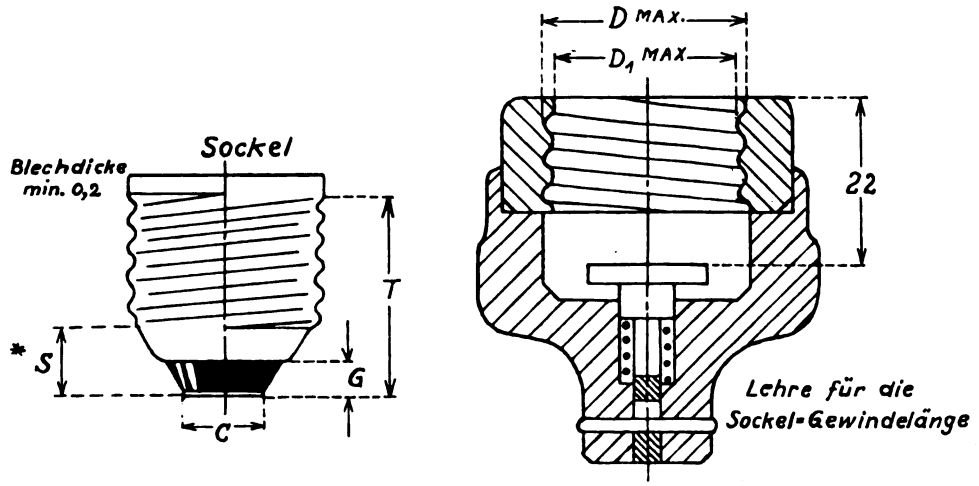
A. Gewinde-Abmessungen



Sockel				Fassung			
Außen-Dmr. d		Kern-Dmr. d_1		Außen-Dmr. D		Innen-Dmr. D_1	
min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
26,15*	26,45*	23,96	24,26	26,55	26,85	24,36	24,66

* Angenommen von der IEC im April 1926

B. Weitere Abmessungen



* Über Maß „S" wird z. Z. noch beraten; es soll später hinzugefügt werden

Maß T: Bei eingeschraubtem Sockel muß der Stift über die Fläche hinausragen

Größte Gewindelänge

Bezeichnung	Nennmaß	min.	max.
C	10,5	9,5	11,5
G	3	3	—
T	22	22	—

Abb. 3.

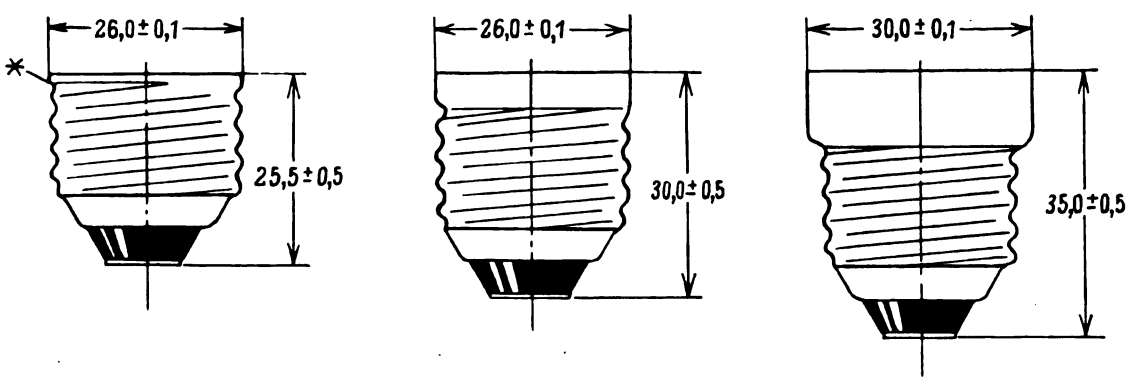
Edison-Gewinde 27

Sockel- u. Fassungs-Abmessungen

632 A Blatt 2

Maße in mm

C. Gesamtlängen und Wulst-Abmessungen



* Lampen mit dem 25,5 mm langen Sockel passen nicht in allen Fällen in Berührungsschutzfassungen, die für den 30 und 35 mm langen Sockel konstruiert sind.

Abb. 4.

Digitized by Google

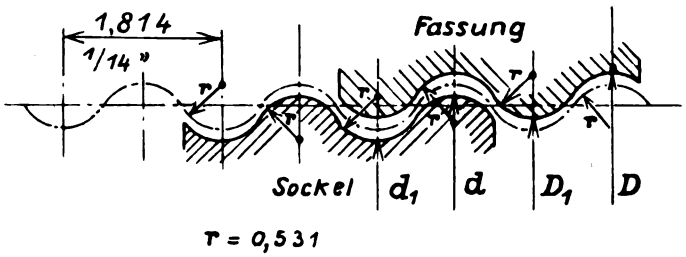
Edison-Gewinde 10

Sockel- u. Fassungs-Abmessungen

633

Maße in mm

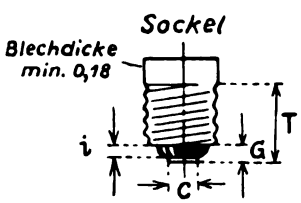
A. Gewinde-Abmessungen

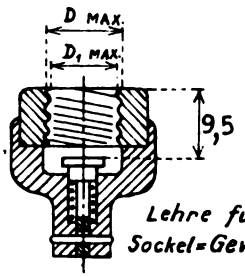


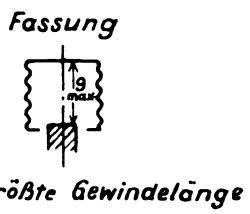
$r = 0{,}531$

Sockel				Fassung			
Außen-Dmr. d		Kern-Dmr. d_1		Außen-Dmr. D		Innen-Dmr. D_1	
min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
9,36	9,53	8,34	8,51	9,61	9,78	8,59	8,76

B. Weitere Abmessungen







Maß T: „Bei eingeschraubtem Sockel muß der Stift über die Fläche hinausragen."

$T_{min.}$	c	i	G
9.5	3,5 + 0,5	≈ 2	≈ 2,5

Abb. 5.

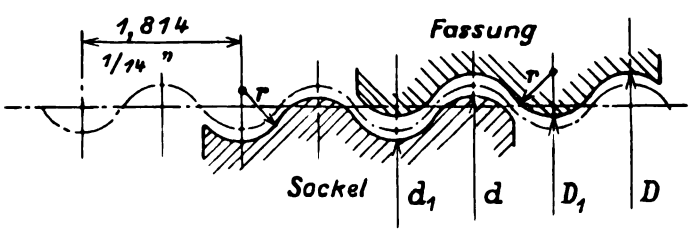
Edison-Gewinde 10

Sockel- und Fassungs-Abmessungen

634

Maße in mm

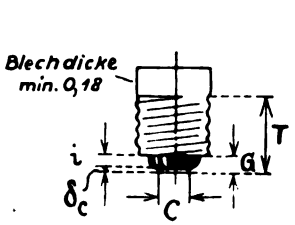
A. Gewinde-Abmessungen

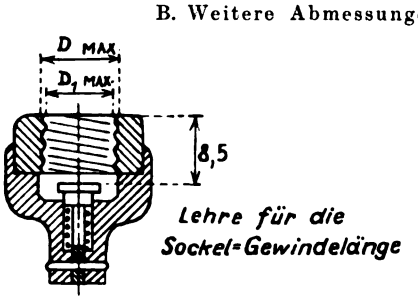


$r = 0{,}536$

Sockel				Fassung			
Außen-Dmr. d		Kern-Dmr. d_1		Außen-Dmr. D		Innen-Dmr. D_1	
min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
9,40	9,57	8,40	8,57	9,63	9,80	8,63	8,80

B. Weitere Abmessungen





Maß T:

Bei eingeschraubtem Sockel muß der Stift über die Fläche hinausragen.

$T_{min.}$	C	δ_c	i	G
9,5	3,5 + 0,5	~ 0,5	≈ 2	≈ 2,5

Abb. 6.

Digitized by Google

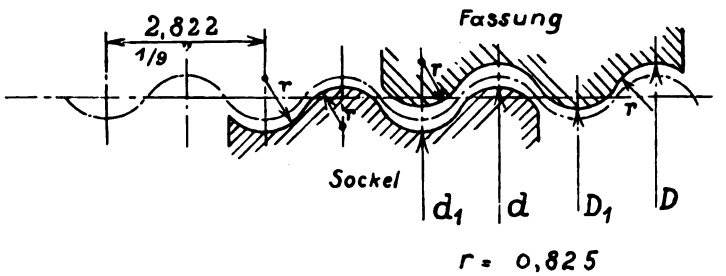
Edison-Gewinde 14

Sockel- u. Fassungs-Abmessungen

635

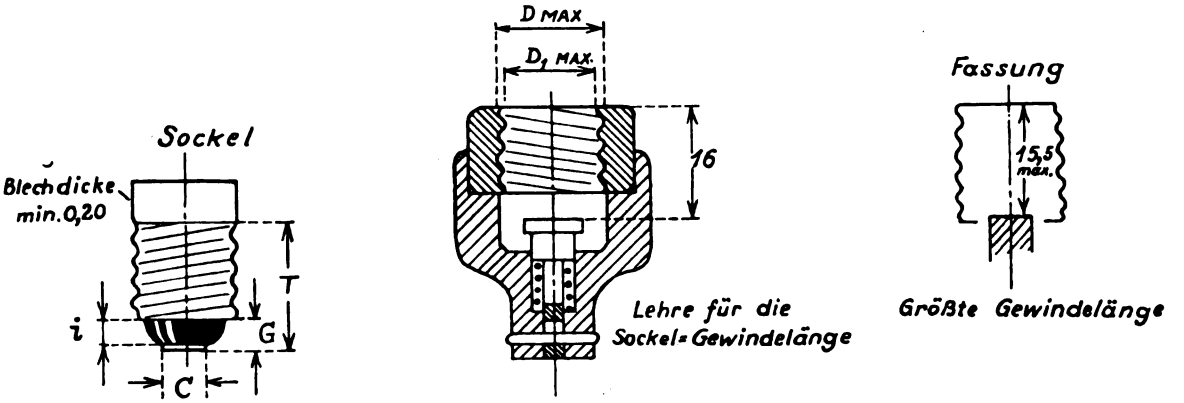
Maße in mm

A. Gewinde-Abmessungen



Sockel				Fassung			
Außen-Dmr. d		Kern-Dmr. d_1		Außen-Dmr. D		Innen-Dmr. D_1	
min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
13,70	13,90	12,10	12,30	13,96	14,16	12,36	12,56

B. Weitere Abmessungen



Maß T: Bei eingeschraubtem Sockel muß der Stift über die Fläche hinausragen

$T_{min.}$	C	i	G
16	6 + 0,2	3,5	≈ 4

Abb. 7.

gewiesen, daß Lampen mit dem 25,5 mm langen Sockel nicht immer in Berührungschutzfassungen passen, die für einen 30 und 35 mm langen Sockel konstruiert sind.

Der Wulstdurchmesser des 25,5 mm langen Sockels wird mit 26,0 ± 1 mm festgelegt.

Das Kommittee Nr. 6 ist der Ansicht, daß mit der Annahme dieser Sockel ein weiterer Schritt zur vollständigen Austauschbarkeit zwischen Sockeln und Fassungen aller Länder getan ist.

5. Edison-Gewinde 10,
Sockel- und Fassungs-Abmessungen,
Zeichnung Nr. 633 (angenommen) (Abb. 5) und 634 (Abb. 6).

A. Gewinde-Abmessungen.

Für die Normung der Edison-Sockel und -Fassungen 10 hatte das Indeco der IEC zwei Vorschläge unterbreitet, die sich in den Gewindeabmessungen unterscheiden, siehe Zeichnung 633 (Abb. 5) und 634 (Abb. 6).

Die Gewindeangaben in der Zeichnung Nr. 633 (Abb. 5) sind ein Vergleichsvorschlag von Mr. Attwell zwischen dem amerikanischen und deutschen Gewinde.

In der Zeichnung Nr. 634 (Abb. 6) ist für das Gewinde das deutsche Edison-Gewinde 10 vorgeschlagen.

Das Kommittee Nr. 6 beschließt nach eingehender Prüfung die Annahme des in Zeichnung Nr. 633 (Abb. 5) festgelegten Vergleichsvorschlages, da die Unterschiede der beiden Gewinde sehr gering sind und der Vorschlag eine endgültige Normung darstellt. Das Maß r für den Radius wird geändert in 0,531 mm.

B. Weitere Abmessungen.

a) Sockel.

Das Maß T für die Gewindelänge der Sockel ist mit 9,5 mm min. festgelegt.

Für den Abstand von Unterkante Sockel bis Anfang des Gewindes ist das Maß $G \approx 2{,}5$ mm vorgesehen.

Der Durchmesser des Mittelkontaktes ist mit $C = 3{,}5 \pm 0{,}5$ mm festgelegt.

Das Maß i für die Höhe des Glassteines beträgt etwa 2 mm.

Das Maß δ_c ist gestrichen, da es bereits im Maß G mit enthalten ist.

Für die Blechdicke der Gewindehülse ist das Maß 0,18 mm min. angegeben.

b) Lehre.

Für die Prüfung der Gewindelänge der Sockel ist eine Lehre mit einer Einschraubtiefe von 9,5 mm vorgesehen.

c) Fassung.

Für die Fassung ist ein Maß von 9 mm max. für die größte Gewindelänge angegeben.

Die Gesamtlängen und Wulstabmessungen der Sockel werden vom Indeco bei seinen weiteren Arbeiten festgelegt.

6. Edison-Gewinde 14,
Sockel- und Fassungs-Abmessungen,
Zeichnung Nr. 635 (Abb. 7).

A. Gewinde-Abmessungen.

Die Gewindeangaben der Zeichnung entsprechen dem deutschen Edison-Gewinde 14.

B. Weitere Abmessungen.

a) Sockel.

Das Maß T für die Gewindelänge der Sockel ist mit 16 mm min. festgelegt.

Für den Abstand von Unterkante Sockel bis Anfang des Gewindes ist das Maß $G \approx 4$ mm vorgesehen.

Digitized by Google

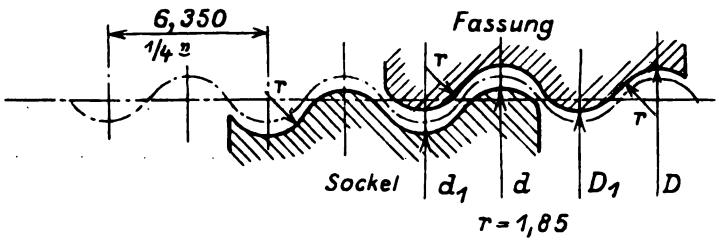
Edison-Gewinde 40

Sockel- und Fassungs-Abmessungen

636

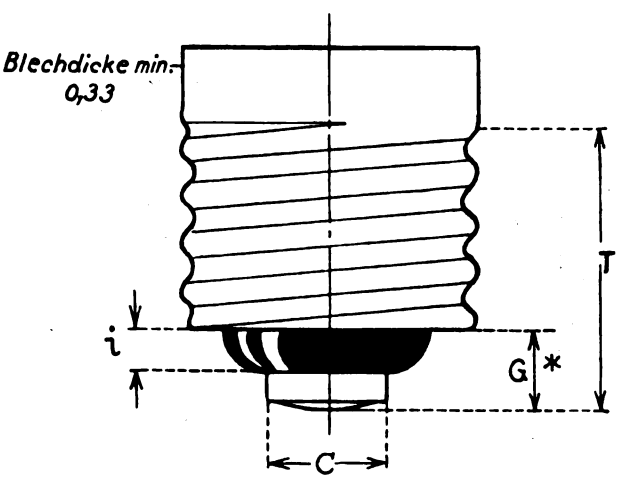
Maße in mm

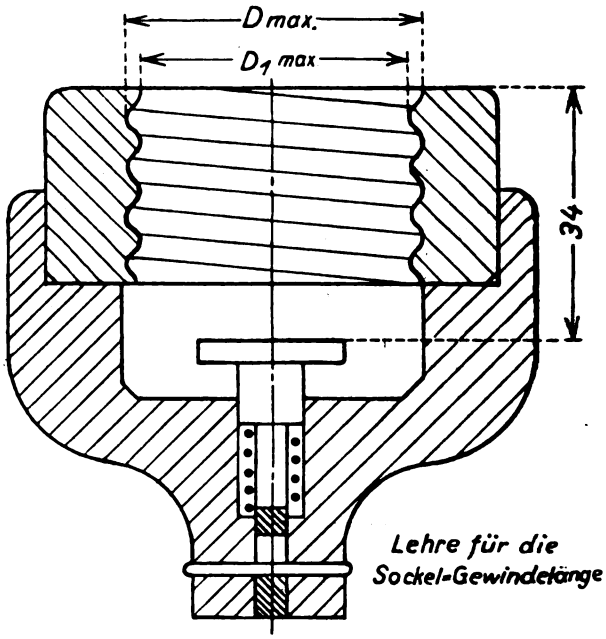
A. Gewinde-Abmessungen



Sockel				Fassung			
Außen-Dmr. d		Kern-Dmr. d_1		Außen-Dmr. D		Innen-Dmr. D_1	
min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
39,05	39,50	35,45	35,90	39,60	40,05	36,00	36,45

B. Weitere Abmessungen





* Über Maß „G" schweben noch Verhandlungen; es ist ungefähr 10 mm

Maß T:
Bei eingeschraubtem Sockel muß der Stift über die Fläche hinausragen

$T_{min.}$	C	$i_{min.}$	G*
34	16 ± 2	5	

Die größte Gewindelänge der Fassung soll 33 mm betragen

Abb. 8.

Der Durchmesser des Mittelkontaktes ist mit $C = 6 \pm 0{,}2$ mm festgelegt.

Das Maß i für die Höhe des Glassteines beträgt etwa 3,5 mm.

Das Maß δ_o ist gestrichen, da es bereits in Maß G mit enthalten ist.

Für die Blechdicke der Gewindehülse ist das Maß 0,2 mm min. angegeben.

b) Lehre.

Für die Prüfung der Gewindelänge der Sockel ist eine Lehre mit einer Einschraubtiefe von 16 mm vorgesehen.

c) Fassung.

Für die Fassung ist ein Maß von 15,5 mm max. für die größte Gewindelänge angegeben.

Die Gesamtlängen und Wulstabmessungen der Sockel werden vom Indeco bei seinen weiteren Arbeiten festgelegt.

7. Edison-Gewinde 40, Sockel- und Fassungs-Abmessungen, Zeichnung Nr. 636 (Abb. 8).

A. Gewinde-Abmessungen.

Das Gewinde entspricht dem deutschen Edison-Gewinde 40.

B. Weitere Abmessungen.

a) Sockel.

Das Maß T für die Gewindelänge der Sockel ist mit 34 mm min. festgelegt.

Das Maß G, Abstand von der Unterkante des Sockels bis zum Anfang des Gewindes, kann z. Z. noch nicht festgelegt werden, da die Untersuchungen hierüber noch nicht beendet sind. Es wird ungefähr 10 mm betragen. Die Zeichnung erhält eine entsprechende Fußnote.

Der Durchmesser des Mittelkontaktes C ist mit 16 ± 2 mm festgelegt.

Das Maß i für die Höhe des Glassteines beträgt 5 mm min.

Das Maß δ_o ist gestrichen, da es bereits im Maß G mit enthalten ist.

Für die Blechdicke der Gewindehülse ist das Maß 0,33 mm min. angegeben.

b) Lehre.

Für die Prüfung der Gewindelänge der Sockel ist eine Lehre mit einer Einschraubtiefe von 34 mm vorgesehen.

c) Fassung.

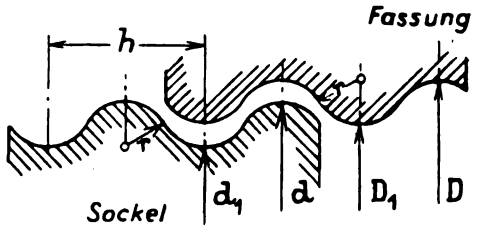
Für die Fassung ist ein Maß von 33 mm für die größte Gewindelänge angegeben.

(Fortsetzung auf S. 1393.)

Digitized by Google

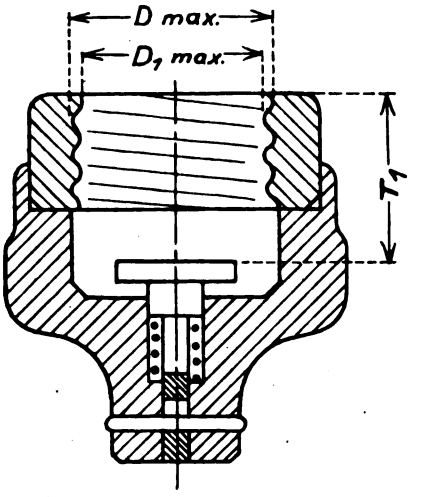
Übersicht über die Beschlüsse der IEC für Edison-Gewinde, -Sockel und -Fassungen

Edison-Gewinde.

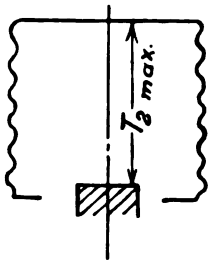


Kurzzeichen	Sockel				Fassung				Steigung	Gangzahl auf 1"	Rundung
	Außen-Dmr. d		Kern-Dmr. d_1		Außen-Dmr. D		Innen-Dmr. D_1				
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	h		r
E 10	9,36	9,53	(8,34)	8,51	9,61	(9,78)	8,59	8,76	1,814	14	0,531
E 14	13,70	13,90	12,10	12,30	13,96	14,16	12,36	12,56	2,822	9	0,825
E 27	26,15	26,45	23,96	24,26	26,55	26,85	24,36	24,66	3,629	7	1,025
E 40	39,05	39,50	35,45	35,90	39,60	40,05	36,00	36,45	6,350	4	1,85

Lehren für die Gewindelänge der Edison-Sockel.



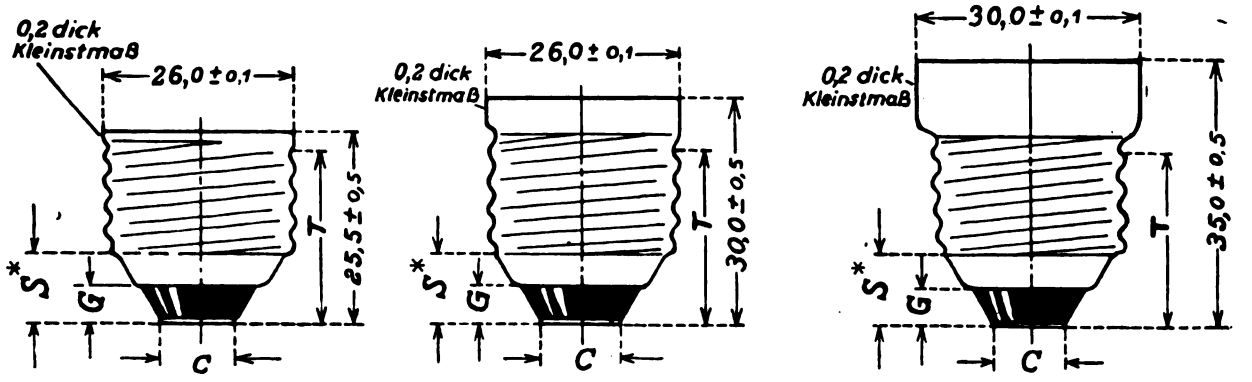
Gewindelänge der Fassungen.



Fassung mit Edison-Gewinde	Abmessung T_2 max.
E 10	9,0
E 14	15,5
E 27	21,5
E 40	33

Lehre für Sockel	Abmessungen		
	D max.	D_1 max.	T_1
E 10	9,78	8,76	9,5
E 14	14,16	12,56	16
E 27	26,85	24,66	22
E 40	40,05	36,45	34

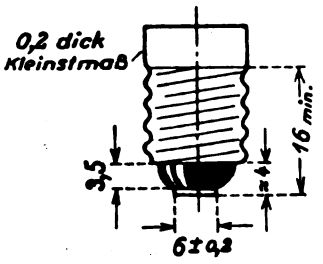
Edison-Sockel 27.



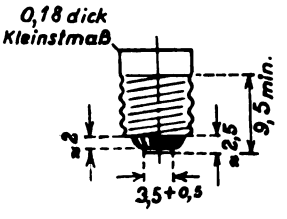
* Über Maß „S" wird z. Z. noch beraten; es soll später hinzugefügt werden

Bezeichnung	Nennmaß	Toleranzen	
		min.	max.
C	10,5	9,5	11,5
G	3	3	—
T	22	22	—

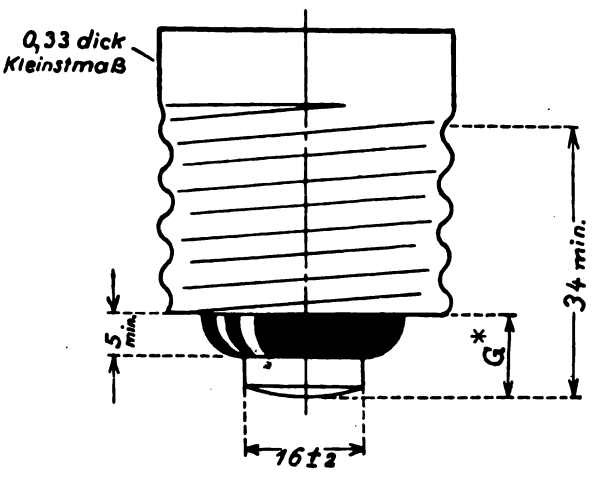
Edison-Sockel 14.



Edison-Sockel 10.



Edison-Sockel 40.



* Über Maß „G" schweben noch Verhandlungen; es ist ungefähr 10 mm

Digitized by Google

Die Gesamtlängen und Wulstabmessungen der Sockel werden vom Indeco bei seinen weiteren Arbeiten festgelegt.

8. Zukünftige Arbeiten.

Das Kommittee Nr. 6 empfiehlt die vorstehenden Normen zur Annahme und spricht dem Indeco seinen Dank für die wertvolle Arbeit aus.

Ferner wird das Indeco gebeten, seine Untersuchungen fortzusetzen zur Festlegung aller Normen, die für eine vollständige Austauschbarkeit zwischen Glühlampen und Fassungen aller Länder nötig sind. Es kommen zunächst folgende Arbeiten in Frage:

Zeichnung 630 A — Bajonettsockel: Festlegung der Wulstabmessungen und Gesamtlängen.
Zeichnung 632 A — Edison-Sockel 27: Festlegung des Maßes *S*.
Zeichnung 633 und 635 — Edison-Sockel 10 und 14: Festlegung der Wulstabmessungen und Gesamtlängen.
Zeichnung 636 — Edison-Sockel 40: Festlegung der Wustabmessungen und Gesamtlängen sowie des Maßes *G*.

Ferner wird empfohlen, gemeinsam mit den Fassungsherstellern der verschiedenen Länder die Formen und Abmessungen für Berührungschutzfassungen festzulegen unter Berücksichtigung der genormten Sockel.

9. Vorschriften für Fassungen.

Dem Kommittee Nr. 6 ist ein deutscher Vorschlag für die Konstruktion von Fassungen vorgelegt worden, der beraten und in folgender Form angenommen wurde:

1. Stromführende Teile der Fassungen dürfen nicht mit dem Fassungsmantel in leitender Berührung stehen. Das Äußere der Fassungen für Spannungen über 250 V muß aus Isolierstoff bestehen.
2. Wenn die Verhütung einer Kontaktbildung zwischen dem Sockel und dem Metallmantel oder anderen Metallteilen der Fassung durch besondere Vorrichtungen erzielt wird, müssen diese so gebaut sein, daß sie nicht ohne Werkzeug entfernbar sind.
3. Stromführende Teile von Fassungen und Lampen müssen gegen zufällige Berührung geschützt sein. Dieser Schutz muß auch während des Einsetzens und Herausnehmens der Lampen vorhanden sein.
4. Die Schutzvorrichtung darf nur mittels Werkzeugs entfernbar sein. Nackte Fassungen brauchen diesen Bedingungen nicht zu entsprechen, wenn die Schutzvorrichtung so konstruiert ist, daß bei ihrer Entfernung die Fassung in ihre Einzelteile zerfällt (Boden, Einsatzstück, Mantel, Schutzvorrichtung).
5. Teile der Schutzvorrichtung, die mit dem Lampenkolben in Berührung kommen oder kommen können, müssen so beschaffen sein, daß sie, richtig eingesetzt, den Kolben nicht beschädigen.
6. Auch nackte Lampenfassungen müssen so konstruiert sein, daß stromführende Teile nicht berührt werden können, was mit einer entsprechenden Lehre festzustellen ist. In Armaturen und Handleuchtern wird das nur von den Lampen gefordert, die für diese Armaturen und Handleuchter bestimmt sind.
7. Lampenfassungen müssen im Innern so gebaut sein, daß zwischen beweglichen Schaltteilen und den Stromzuführungsdrähten keine Berührung stattfinden kann.
8. Lampenfassungen müssen so gebaut sein, daß alle mit genormten Sockeln versehenen Lampen hineinpassen.

Das Kommittee Nr. 6 spricht dem Deutschen Kommittee seinen Dank für den sorgfältig vorbereiteten Vorschlag aus und empfiehlt, daß dieser Vorschlag als Grundlage für die weiteren Arbeiten dienen soll.

10. Zusammenstellung.

Soweit der Bericht auf Grund der Verhandlungen und des Protokolles. Damit sich jedoch die Leser einen besseren Überblick verschaffen können, habe ich in der Übersichts-Zeichnung auf S. 1387 die Beschlüsse der IEC über die Edison-Gewinde, -Sockel und -Fassungen so zusammengestellt, daß ein leichter Vergleich möglich ist.

Berichter: Pohl.

(Schluß folgt.)

Die Fernschreibmaschine als neuzeitliches Verkehrsmittel*.

Von **P. Storch**, Berlin.

Übersicht. Die Anstrengungen der letzten Jahre, im wirtschaftlichen Ergebnis des Telegraphenverkehrs eine Besserung herbeizuführen, brachten eine Reihe von Neueinrichtungen. Die Unterlagerungstelegraphie und Tonfrequenztelegraphie, die eine Vielfachausnutzung der Fernkabel gestatten, führten zu einer Reduzierung der Anlage- und Betriebskosten des Telegraphennetzes. An die Stelle der bisherigen Telegraphenapparate ist die sehr viel leichter zu bedienende und außerdem billigere Fernschreibmaschine getreten, über deren Aufbau bereits E. Beier berichtet hat[1]. Auch die neu entwickelten Vermittlungseinrichtungen ermöglichen eine vielseitigere Anwendung des Telegraphenverkehrs. Die Siemens-Fernschreibmaschinen und die wirtschaftlichen Aussichten des Fernschreibverkehrs werden des näheren behandelt.

Die alte Telegraphie arbeitet, soweit mir bekannt, in allen europäischen Ländern unwirtschaftlich. Das Defizit beträgt z. B. in England im letzten Berichtsjahre rd. 30 Mill RM. Auch in Deutschland ist der Fehlbetrag sehr erheblich. Es konnten offenbar bisher weder die Betriebskosten entsprechend verringert werden, noch ist es gelungen, den Telegrammverkehr zu heben. Im Gegenteil, die Zahl der beförderten Telegramme ist in den verschiedenen Ländern von Jahr zu Jahr zurückgegangen. Der stärkste Konkurrent ist das Telephon. Die Gebühren für ein Gespräch sind im allgemeinen kaum höher als diejenigen für ein Telegramm, wenn man sich dabei auf wenige Telegrammworte beschränkt. Das Telegramm ist außerdem viel langsamer als das Ferngespräch, die Telegrammauflieferung zeitraubend und unbequem. Man findet daher auch teilweise bei Fachleuten die Meinung vertreten, die Telegraphie sei eine überlebte Einrichtung, die allmählich verschwinden müsse.

Untersuchen wir diese Frage näher, dann müssen wir jedoch feststellen, daß es Nachrichten gibt, die sich fernmündlich schwer oder gar nicht übermitteln lassen, z. B. umfangreiche Börsen- und Wirtschaftsnachrichten mit vielen Kursen und Zahlen, ausführliche Presseberichte, chiffrierte Nachrichten, eilige Offerten oder Bestellungen. Nachrichten, die den Charakter eines Dokumentes besitzen sollen, Nachrichten an telephonisch nicht erreichbare Empfänger, Glückwunsch- und Beileidstelegramme, ferner schriftliche Befehle und Berichte bei Polizei, Feuerwehr, Eisenbahn, Heer und Marine usw. Die telegraphische Übermittlung ist also ebenso wenig zu entbehren wie die schriftliche Mitteilung überhaupt.

Die Telegraphentechniker haben sich daher in den letzten Jahren sehr energisch mit der Frage der Verbesserung des wirtschaftlichen Ergebnisses im Telegraphenverkehr beschäftigt. Die Neuentwicklungen und Verbesserungen der als unzulänglich erkannten technischen Mittel haben in drei Hauptpunkten fast gleichzeitig eingesetzt. Es sind dies

1. die Leitungen, die bislang sehr kostspielig waren,
2. die Apparate, die bisher technisch kompliziert waren und zur Bedienung speziell ausgebildetes Telegraphenpersonal erforderten, und
3. die Vermittlungseinrichtungen, die allerdings die Schaffung eines Einheitsapparates zur Voraussetzung machen, der mit jedem anderen Apparat beliebig zusammengeschaltet werden kann, wie Mikrophon und Telephon im Fernsprechverkehr.

Die Leitungen der neuen Telegraphie.

Die Leitungen müssen absolut betriebsicher und so billig wie irgend möglich sein. Durch die Entwicklung der Wechselstrom- und Unterlagerungstelegraphie ist diese Aufgabe glänzend gelöst worden. Beide Arten benutzen das weitverzweigte Fernsprechkabelnetz. Die Wechselstromtelegraphie, auch Tonfrequenztelegraphie genannt[2], arbeitet mit Strömen der Frequenz der Sprechströme, u. zw. in den Grenzen von 400 ... 1750 Hz. Dieses Frequenzband wird 6- oder neuerdings 12fach unterteilt.

* Vortrag, gehalten im Elektrotechnischen Verein am 6. V. 1930.

[1] E. Beier, ETZ 1930, S. 1323.

[2] Vgl. F. Lüschen, ETZ 1930, S. 140.

Digitized by Google

Die 12 verschiedenen Frequenzen werden durch Röhren oder mittels Tonfrequenzmaschinen erzeugt (Abb. 1). Jede dieser Frequenzen kann durch einen Telegraphen-

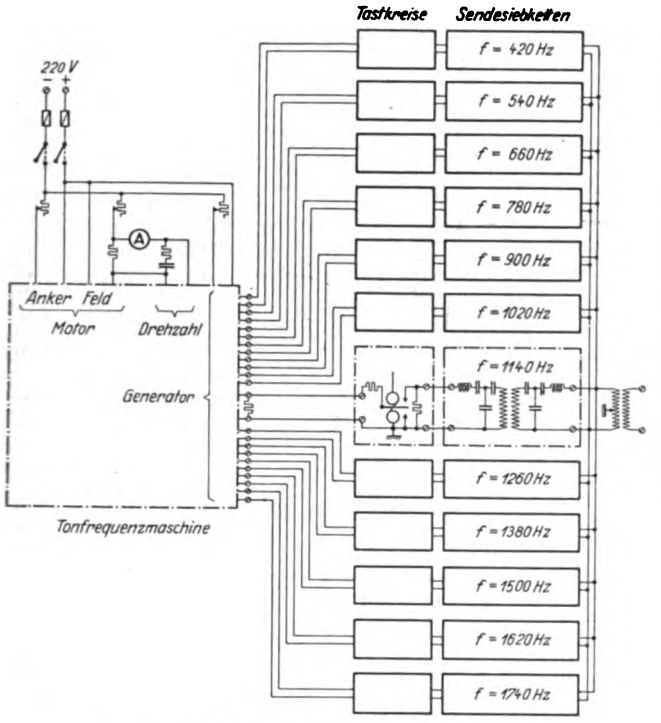


Abb. 1. Zwölffach-Tonfrequenztelegraphie (Sender).

apparat für sich getastet werden. Das Frequenzgemisch gelangt über einen Verstärker auf die Fernleitung. Nach wiederum gemeinsamer Verstärkung des bei der Empfangsstation (Abb. 2) ankommenden Frequenzgemisches verteilen sich die Frequenzen auf 12 Siebketten. Sie werden dann nochmals verstärkt und gleichgerichtet und zu den Empfangsmagneten oder -relais des jeweiligen Telegraphenapparates geleitet. Auf diese Weise kann man gleichzeitig 12 verschiedene Telegramme auf einer einzigen Fernsprech-Doppelleitung übertragen.

Die Unterlagerungstelegraphie beansprucht überhaupt keine besondere Leitung, sondern man benutzt die Fernsprechleitung gleichzeitig zum Telegraphieren. Das ist insofern möglich, als für die Übertragung der Sprache nur die Frequenzen über 300 Hz in Betracht kommen; somit können die darunterliegenden zum Telegraphieren benutzt werden. Dies geschieht in folgender Weise: Wie aus der grundsätzlichen Schaltung, Abb. 3, hervorgeht, liegen Telephon- und Telegraphenapparat parallel an der Fernleitung. Zur Trennung der beiden Frequenzbereiche werden Kettenleiter verwendet, u. zw. wird vor den Fernsprechapparat eine Kondensatorleitung mit der Grenzfrequenz 160 Hz und vor den Telegraphenapparat eine Spulenleitung mit der Grenzfrequenz 60 Hz geschaltet. Diese Kettenleiter wirken als elektrische Weichen. Auf der Leitung selbst überlagern sich die Sprech- und Telegraphierströme, wie schematisch dargestellt. Durch diese Einrichtung kann man auf derselben Fernleitung gleichzeitig, beispielsweise zwischen Berlin und Hamburg, telephonieren und telegraphieren, ohne durch das Telegraphieren das Telephongespräch zwischen Müller, Berlin, und Schulze, Hamburg, zu stören. Man erhält also für die Telegraphie die gleichen Verbindungsmöglichkeiten, wie sie durch das weitverzweigte Fernkabelnetz zum Telephonieren geschaffen worden sind und noch weiter gebaut werden, ohne eine weitere Leitung verlegen zu müssen, lediglich durch Zusatzeinrichtungen.

Zusammenfassend kann man über die neuzeitlichen Leitungen sagen:

1. Der Betrieb ist absolut sicher, denn Störungen in den Kabelleitungen kommen praktisch gegenüber den Freileitungen überhaupt nicht vor.
2. Die Kosten für den Leitungskanal sind auf einen Bruchteil ermäßigt.
3. Die Unterhaltungskosten sind bedeutend geringer gegenüber dem Freileitungsbetrieb.

Die Deutsche Reichspost wendet neuerdings die Wechselstromtelegraphie und Unterlagerungstelegraphie in größerem Umfang an. Zur Zeit sind über 400 Unterlagerungstelegraphie-Kanäle in Deutschland in Betrieb und bewähren sich gut. Überschläglich gerechnet kosten die 400 UT.-Einrichtungen etwa 2 Mill RM. Bei der Anwendung der alten Technik hingegen hätte man etwa 40 Mill RM aufwenden müssen. Im Ausland haben die WT. und UT. ebenfalls Eingang gefunden, so in England, Schweden, Holland, Österreich, Frankreich, Schweiz, Italien.

Die Apparate der neuen Telegraphie.

Auf die Mannigfaltigkeit der Telegraphenapparate, die im Laufe der Jahrzehnte entstanden sind, möchte ich hier nicht näher eingehen. Wohl hatte jeder Apparat seine Berechtigung und besondere Bedeutung, aber sehr hinderlich war neben der Unübersichtlichkeit der Apparate ihre schwierige Bedienung. Ich erinnere nur an die monatelange Ausbildung der Beamten am Hughesapparat, bevor sie imstande waren, fehlerfrei mit genügender Geschwindigkeit zu arbeiten. Siemens hat daher vor vielen Jahren die Bedienung des Schnelltelegraphenlochers dadurch vereinfacht, daß eine Tastatur ähnlich der der Schreibmaschine angewandt wurde. Der Schnelltelegraph selbst hat heute in den europäischen Fernkabelländern an Bedeutung verloren, da die Telegraphenleitungen sehr billig geworden sind und es nicht mehr nötig ist, aus einer Leitung das äußerste her-

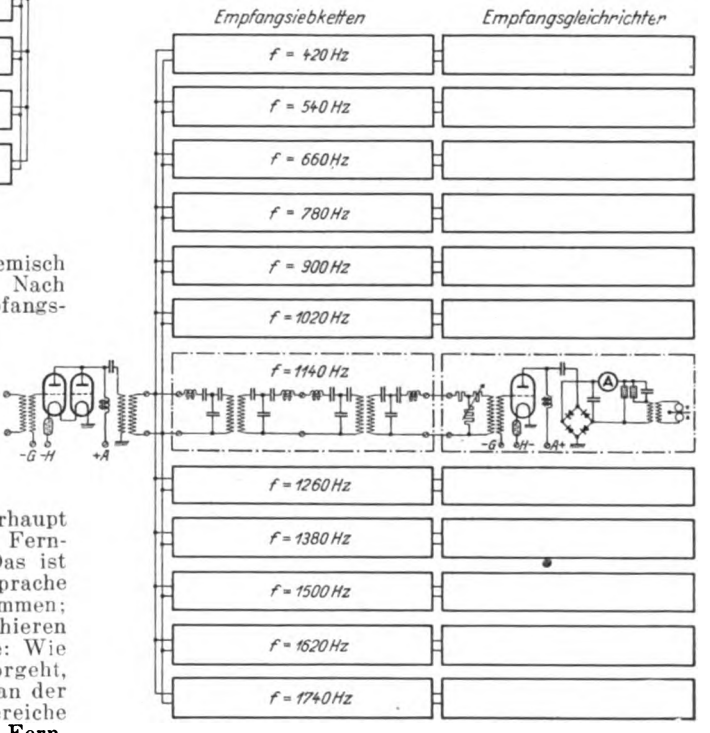


Abb. 2. Zwölffach-Tonfrequenztelegraphie (Empfänger).

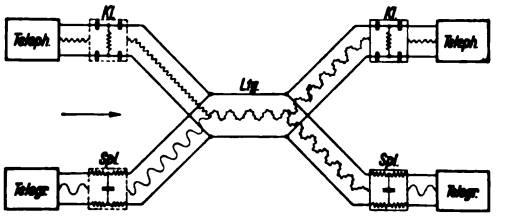


Abb. 3. Unterlagerungstelegraphie.

auszupressen. Viel wichtiger ist jetzt, dem Beamten die Arbeit so leicht wie möglich zu machen, denn weil jetzt billige Leitungen vorhanden sind, spielen die Kosten für die Bedienung eine ausschlaggebende Rolle.

Der Aufgabenstellung für die Entwicklung eines neuzeitlichen Telegraphenapparates lagen folgende Bedingungen zugrunde:

1. einfache Bedienung durch Anwendung der Schreibmaschinentastatur,

Digitized by Google

2. vereinfachte Wartung durch übersichtlichen konstruktiven Aufbau,
3. Beseitigung besonderer Gleichlaufeinrichtungen,
4. Vermeidung besonderer Stromquellen durch Netzanschluß für den Antriebsmotor.

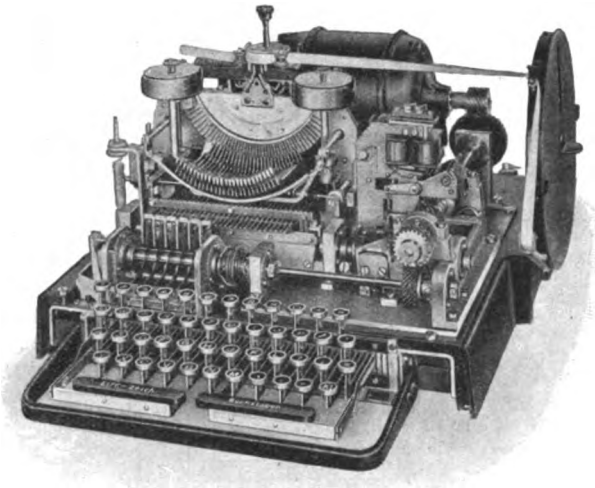


Abb. 4. Siemens-Fernschreibmaschine, Schutzkappe abgenommen.

Die gestellte Aufgabe kann man entweder durch mechanische oder elektrische Durchbildung des konstruktiven Aufbaues lösen. Siemens hatte zunächst in der Fortentwicklung des Schnelltelegraphen einen nach dem elektrischen Prinzip arbeitenden Apparat, den sog. Tasten-

Abb. 5. Tastatur der mechanischen Fernschreibmaschine.

schnelltelegraphen, entwickelt. Die Amerikaner, u. zw. die Morkrum-Kleinschmidt Corporation, haben dagegen einen rein mechanisch arbeitenden Apparat gebaut und vor mehreren Jahren unter der Bezeichnung „Teletype" auf den Markt gebracht[3]. Von der englischen Firma Creed ist später ebenfalls ein mechanisch arbeitender Fernschreiber gebaut worden[4]. Sämtliche Apparate, ob elektrisch oder mechanisch, arbeiten nach dem gleichen Grundprinzip. Jeder Buchstabe wird auf der Leitung durch eine Reihe von 5 Stromstößen von gleicher Länge dargestellt. Im ganzen

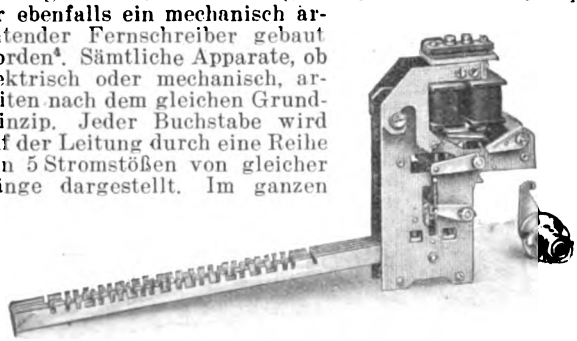


Abb. 6. Empfängermagnet.

ergeben sich nun 32 verschiedene Kombinationsmöglichkeiten je nachdem, welche von diesen Stromstößen man sendet oder unterdrückt. Diese 32 Möglichkeiten reichen aus, um alle 26 Buchstaben des Alphabets sowie einige Hilfszeichen auszudrücken[5]. Über die Zuordnung bestimmter Kombinationen für Buchstaben und Zeichen hat man sich international geeinigt bzw. man steht kurz vor dem Abschluß dieser sehr wichtigen Festlegung. Dadurch wird es später möglich sein, daß die Fernschreiber der verschiedenen Länder zusammengeschaltet werden können.

Der Übermittlung der 5 Stromstöße bzw. Strompausen geht ein Anlaßstromschritt voraus und es folgt ein Sperrstromschritt. Hierdurch wird der Empfänger angelassen und nach Übermittlung des Buchstabens wieder stillgesetzt. Man bezeichnet daher diese Apparate vielfach als Start-Stop-Apparate. Durch die so gewählte Konstruktion erübrigt sich der Einbau einer besonderen Gleichlaufeinrichtung.

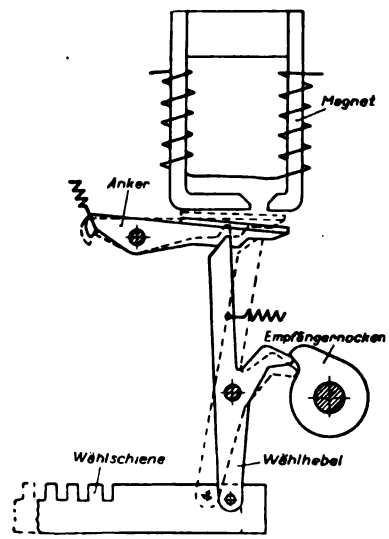


Abb. 7. Darstellung des Empfangsvorganges.

Die Betriebsgeschwindigkeit an sich muß selbstverständlich ebenfalls einheitlich festgesetzt werden. International sollen für die Prüfung des Apparates 7 Zeichen und als Arbeitsgeschwindigkeit 6½ Zeichen in der Sekunde gelten, d. h. es können in der Minute 390 Buchstaben oder Zeichen übermittelt werden. Die Geschwindigkeit ist damit so bemessen, daß die Leistungsfähigkeit sehr guten Schreibpersonals voll ausgenutzt wird.

Ich will nun den Aufbau und die Arbeitsweise der Siemens-Fernschreibmaschinen kurz beschreiben[6]. Die mechanisch arbeitende Maschine (Abb. 4) ähnelt sehr der gewöhnlichen Büro-Schreibmaschine. Sie besteht in der Hauptsache aus einem Tastenwerk mit den Sendekontakten, dem Empfangsübersetzer mit Druckwerk und dem Triebwerk. Die Tastatur, Abb. 5, entspricht derjenigen einer normalen vierreihigen Schreibmaschine. Buchstaben und Zahlen lie-

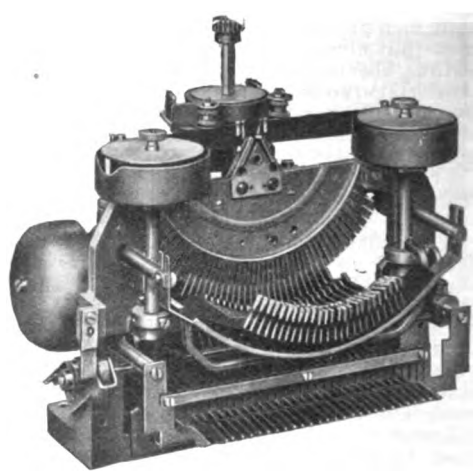


Abb. 8. Druckwerk.

gen an derselben Stelle, so daß im Bürobetrieb die Schreiberinnen zwischen der Büro- und der Fernschreibmaschine wechseln können, ohne Fehler zu machen und ohne die Schreibgeschwindigkeit bei einer der beiden Maschinen verringern zu müssen. Beim Niederdrücken einer Taste werden 5 unter dem Tastenhebel liegende gezahnte Wählschienen so eingestellt, daß mittels Zwischenhebels und Nockenwelle durch die Sendekontakte die für ein bestimmtes Telegraphierzeichen in Betracht kommenden Stromkombinationen in die Leitung geschickt werden.

Die beim fernen Empfänger, Abb. 6 und 7, ankommenden Stromimpulse erregen einen Magneten, dem 5 Anker zugeordnet sind. Je nachdem ob Strom fließt oder nicht,

[3] Vgl. ETZ 1929, S. 1044.
[4] ETZ 1928, S. 291.
[5] Das Alphabet wurde in der ETZ 1930, S. 1035 mitgeteilt.
[6] Genaue Beschreibung bei E. Beier, wie Fußnote 1.

Digitized by Google

wird der Anker festgehalten oder er fällt ab. Durch Zwischenschaltung von Hebeln und Schwertern werden nun die ebenfalls gezahnten Empfänger-Wählschienen in der gleichen Weise verschoben wie vorher die Wählschienen im Tastenwerk. Auf den Wählschienen liegen die Zughebel des Druckwerkes (Abb. 8). Bei je einer bestimmten Verschiebung der Schienen kann ein bestimmter Zughebel

Abb. 9. Siemens-Blattdrucker.

in einen von allen 5 Schienen freigegebenen Schlitz einfallen. Der Hebel wird von einer vom Triebwerk angetriebenen Druckfalle nach vorn gezogen. Diese Bewegung der Zugstange wird wiederum auf den Typenhebel übertragen und schleudert diesen gegen das Farbband. Unter dem Farbband befindet sich der Papierstreifen oder Papierbogen. Für den Papier- und Farbbandtransport sorgt die Maschine selbsttätig. Angetrieben wird das Triebwerk durch einen an das Lichtnetz angeschlossenen Elektromotor. Zur Kontrolle der Motordrehzahl ist ein Zungentachometer eingebaut. Drehzahlschwankungen werden durch einen bequem verstellbaren Fliehkraftregler ausgeglichen.

Abb. 10. Fernschreibmaschinen-Einzelmontage.

Die Maschine arbeitet unter einer Schutzhaube leiser als eine gewöhnliche Schreibmaschine. Infolge der übersichtlichen Anordnung sind Wartung und Pflege sehr einfach. Etwaige Störungen können wie bei jeder Schreibmaschine durch Auswechslung von schadhaften oder dem Verschleiß unterworfenen Teilen ohne weiteres behoben werden. Außer dem Streifendrucker wird von Siemens auch ein Blattdrucker (Abb. 9) hergestellt. Der Aufbau

Abb. 11. Fernschreibmaschinen-Endmontage.

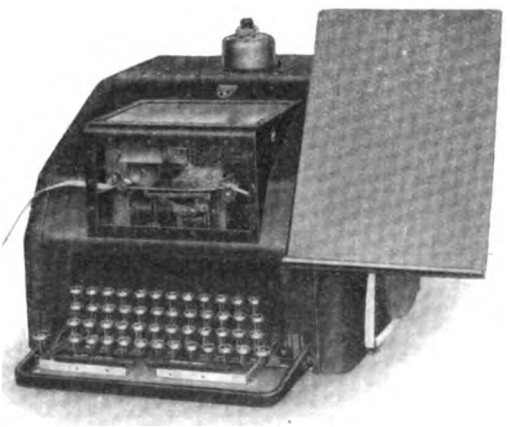


Abb. 12. Elektrische Siemens-Fernschreibmaschine.

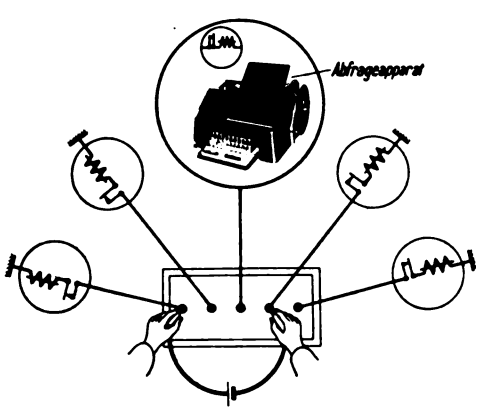


Abb. 13. Fernschreiber in Verbindung über eine Handzentrale.

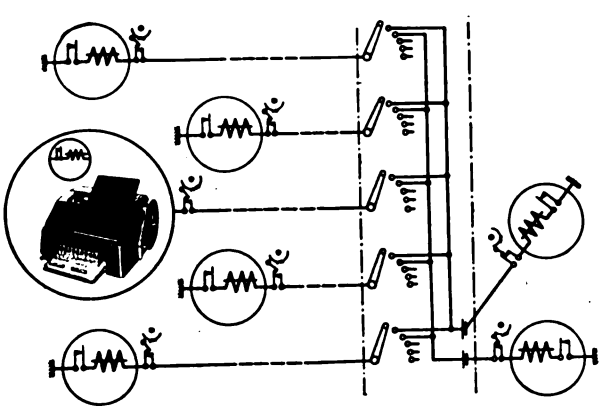


Abb. 14. Fernschreiber in Verbindung über eine Selbstanschluß-Zentrale.

Digitized by Google

beider Maschinen ist vollkommen gleich, nur ist an Stelle des Streifentransportes der Wagen für den Blattdruck angebaut.

Die Maschinen werden durch das schnelle Arbeiten sehr stark beansprucht. Die richtige Wahl der Rohstoffe spielt daher eine ausschlaggebende Rolle. Auch die Fabrikation selbst muß sehr präzise durchgeführt werden. Die Austauschbarkeit der Teile muß absolut gewährleistet sein, was nur bei einer neuzeitlich aufgezogenen Massenfertigung möglich ist. Ich zeige daher einige Bilder aus der Siemens-Fabrikation (Abb. 10 u. 11). Die Dauerversuche und die Prüfung durch das Reichspostzentralamt haben gezeigt, daß die Siemens-Fernschreibmaschine alle Bedingungen erfüllt. Das Reichspostministerium hat infolgedessen diese Maschine mit der Bezeichnung „Springschreiber T 30" für den Anschluß an die Postleitungen zugelassen und selbst eine größere Anzahl in Auftrag gegeben.

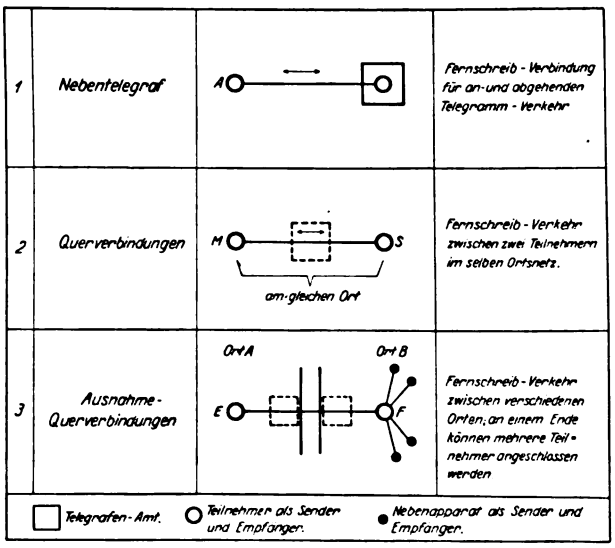


Abb. 15. Postalisch zugelassene Fernschreibverbindungen.

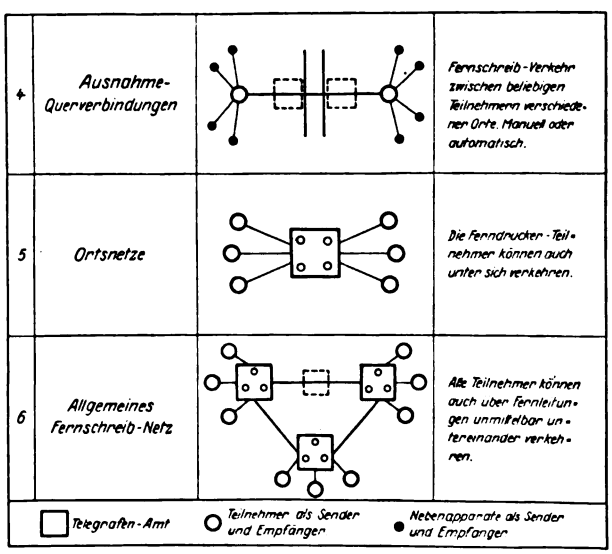


Abb. 16. Fernschreibverbindungen, postalisch noch nicht zugelassen.

Die elektrische Siemens-Fernschreibmaschine (Abb. 12) stellt eine Fortentwicklung des Tastenschnelltelegraphen dar unter Verwendung der wichtigsten Prinzipien des bekannten Schnelltelegraphen. Der ganze Unterschied ist der, daß die Fernschreibmaschine nach dem Start-Stop-Prinzip arbeitet, also nicht fortlaufend synchronisiert wird. Die Kollektoren und Kontaktscheiben, die beim Tastenschnelltelegraphen noch vielfach zu Störungen Anlaß geben, wurden durch Nockenscheiben-Anordnung und Federsätze ersetzt. Die Tastatur ist die gleiche wie bei der mechanischen Fernschreibmaschine. An Stelle der Typenhebel wird ein Typenrad verwendet. Ein Vorzug der elektrischen Maschine ist darin zu erblicken, daß wenig mechanisch beanspruchte Teile vorkommen, so daß auch wenig Ersatzteile gebraucht werden. Ein weiterer Vorzug der elektrischen Maschine ist noch der, daß man auch den Lochstreifenempfang bei dieser Maschine in einfacher Weise ausführen kann.

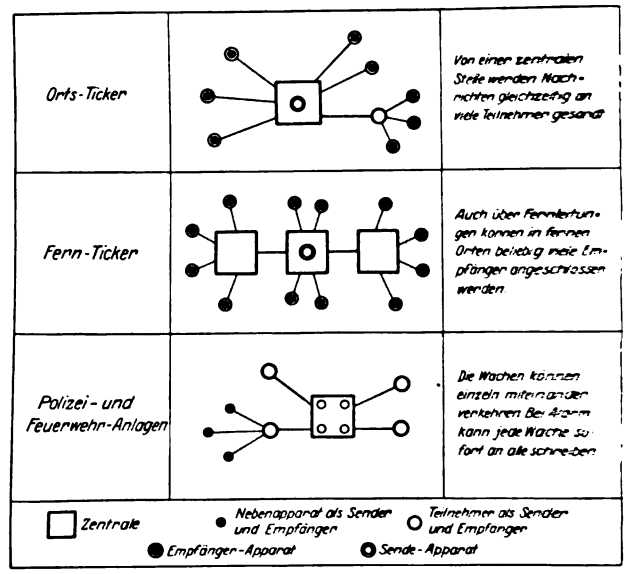


Abb. 17. Sonderanlagen für Fernschreibverkehr.

Der Lochstreifenbetrieb ist ein wertvoller Zusatz und vom Schnelltelegraphen her gut bekannt. Die Nachrichten werden, bevor sie in die Leitung gelangen, in einen Papierstreifen gelocht. Dieser Papierstreifen kann dann mit großer Geschwindigkeit einen kleinen Lochstreifensender, der an die mechanische oder elektrische Maschine angeschaltet wird, durchlaufen. Diese Einrichtung ist besonders wichtig für die Nachrichtenverbreitung von einer zentralen Stelle an mehrere Empfänger. Durch den Lochstreifenzusatz kann man die Leistung ungefähr verdoppeln, weil die Empfänger stets mit ihrer Höchstgeschwindigkeit arbeiten. Ferner kann man mit dem Lochstreifen natürlich

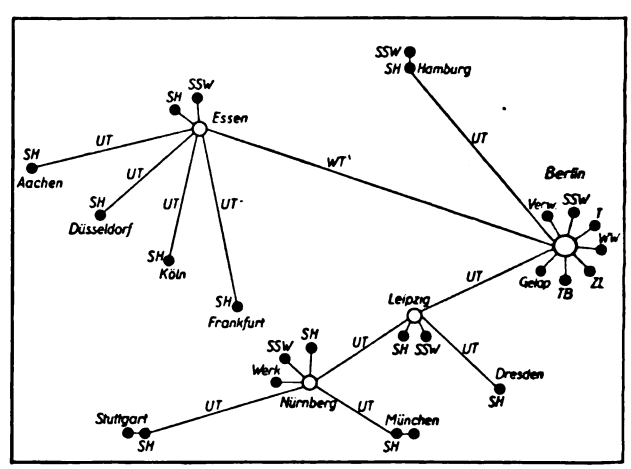


Abb. 18. Netz des Siemenskonzerns.

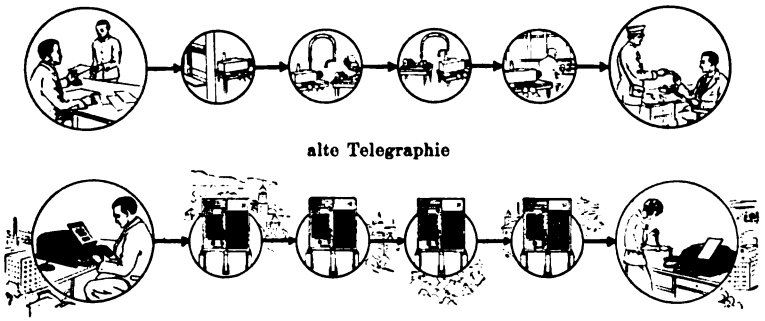
auch dieselbe Nachricht nacheinander ohne Mehrarbeit an verschiedene Empfänger schicken. Bei der elektrischen Fernschreibmaschine kann man wie beim Schnelltelegraphen neben der Druckschrift auch noch einen Lochstreifen empfangen. Für diese Art des Betriebes interessieren sich bereits mehrere ausländische Postverwaltungen und Nachrichtenagenturen. Die elektrische Fernschreibmaschine übernimmt dann den Zubringerdienst für große Schnelltelegraphen-Verbindungen. Man vermeidet auf diese Weise das manuelle Umtelegraphieren, wodurch der Betrieb beschleunigt wird und Tippfehler vermieden werden. Man

Digitized by Google

wird also vielfach dort vom Lochstreifen Gebrauch machen, wo Nachrichten von einer Außenstelle eingehen und dann von einer Zentrale an viele Empfänger verbreitet werden sollen. Die Zentrale will dann die Nachricht vor Weitergabe kontrollieren und mit geringem Arbeitsaufwand verteilen. In der gleichen Weise können z. B. Tagesbefehle der Polizeibehörden gesammelt, in Lochstreifen gelocht und zu bestimmten Zeiten mit der größten Arbeitsgeschwindigkeit sämtlichen Dienststellen übermittelt werden.

Die Vermittlungseinrichtungen der neuen Telegraphie.

Die Verhältnisse haben sich gegen früher gründlich geändert. Leitungen und Apparate bieten dem Vermittlungsverkehr keine Schwierigkeiten mehr. Auch verlaufen

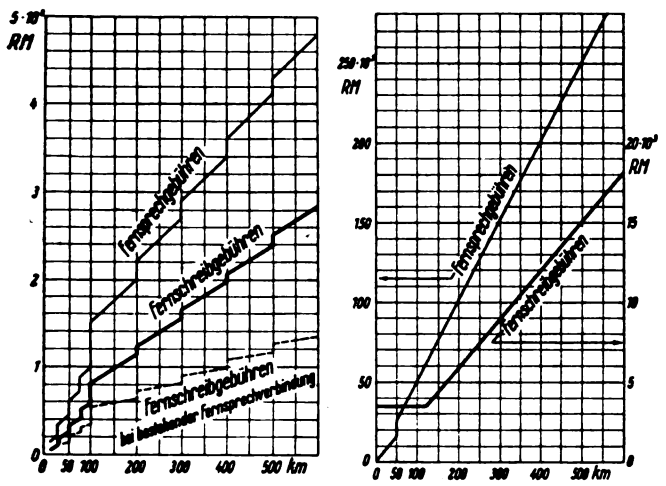


alte Telegraphie

Selbstanschluß-Telegraphie

Abb. 19. Telegraphieverkehr.

die Leitungen nicht mehr kreuz und quer über das ganze Land, sondern sie sind durch die Verkabelung in dicke, parallellaufende Bündel zusammengefaßt, wie das für den Vermittlungsverkehr erwünscht ist. Während bislang die Leitungswirtschaftlichkeit der ausschlaggebende Grund gegen die Schaffung von Vermittlungstellen war, spricht die jetzige Leitungsgestaltung für solche Einrichtungen. Bei einer einzelnen Leitung ist das Risiko, auf eine besetzte Leitung zu stoßen, immer groß. Bei einem



monatliche Gebühren einmalige Gebühren
bei Ausnahme-Querverbindungen

Abb. 21.

Bündel von mehreren Leitungen dagegen wird mindestens eine der Leitungen mit großer Wahrscheinlichkeit immer frei sein. Man kann das Leitungsbündel leicht so bemessen, daß die Mehrzahl der Leitungen voll ausgenutzt ist bzw. viel stärker ausgenutzt werden kann als die einzelnen Leitungen früher. Die Wartezeiten werden auch bei Spitzenverkehr verhältnismäßig gering sein. Es ist die Frage zu entscheiden, welche Art der Vermittlung vorzuziehen ist, u. zw. Handvermittlung (Abb. 13) oder Selbstanschluß-Vermittlung (Abb. 14). In der Telephonie hat sich wohl allgemein die Selbstanschluß-Vermittlung durchgesetzt. Auch in der Telegraphie sprechen bislang keine Gründe gegen eine selbsttätige Vermittlung, im Gegenteil, die Handvermittlung erschwert den Betrieb durch den Abfrageapparat. Selbst im Fernverkehr liegen infolge der billigen Leitungen die Verhältnisse weit günstiger als für die Telephonie. Es ist also sehr gründlich zu untersuchen, ob und in welchen Fällen man die Handvermittlung überhaupt noch vorteilhaft gegenüber der selbsttätigen Vermittlung anwenden kann.

Eine wichtige Vorbereitung für die Durchbildung der Vermittlungszentralen war die Vereinheitlichung der Ortsstromkreise. Die vielen verschiedenen Telegraphenleitungen, wie UT.-, WT.-Teilnehmeranschlußleitungen usw., müssen

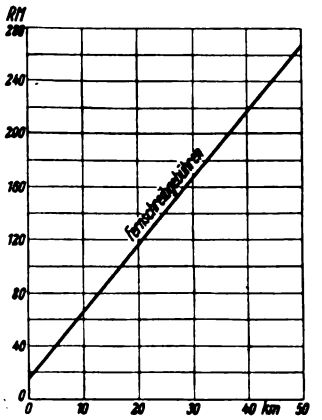


Abb. 20. Querverbindungen; monatliche Gebühren.

durch Sende- und Empfangsrelais abgeschlossen werden. Alle Relais haben dann nach der Ortskreisseite gleiche Wicklungen und gleiche Spannungen. Auf diese Weise sind für die Vermittlungseinrichtungen einheitliche Verhältnisse geschaffen worden, und man kann jeden beliebigen Fernschreiber über jeden beliebigen Leitungskanal mit dem fernen Empfangsapparat verbinden wie Telephon und Mikrophon im Fernsprechbetrieb. Die von der Reichspost genehmigten Anlagen sind in Abb. 15 schematisch dargestellt; die technisch gelösten Aufgaben verschiedener Fernschreibverbindungen sowie Sonderanlagen zeigen die Abb. 16 und 17.

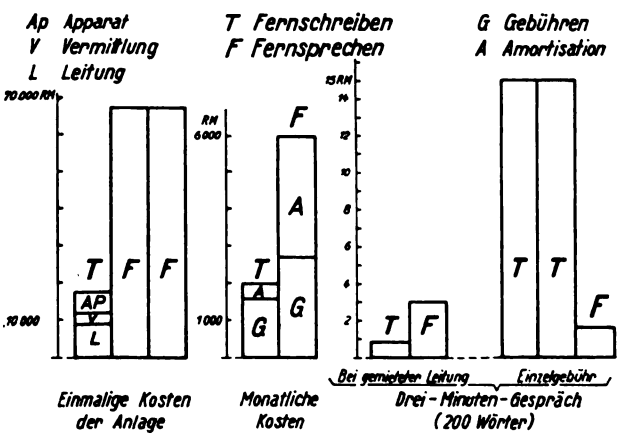


Abb. 22. Kostenvergleich.

Um den selbsttätigen Vermittlungsverkehr ausprobieren zu können, hat das Reichspostministerium Siemens die Genehmigung zur Einrichtung eines eigenen Selbstanschluß-Fernschreibnetzes erteilt (Abb. 18). Die erforderlichen Leitungskanäle wurden von der Reichspost gemietet. In Berlin im Wernerwerk ist eine selbsttätige Zentrale aufgestellt. Daran sind in verschiedenen Abteilungen Fernschreibmaschinen und die Fernleitungen nach Hamburg, Leipzig und Essen angeschlossen. In Leipzig und Nürnberg befinden sich Unterzentralen. In den eingezeichneten Orten sind Fernschreibmaschinen als Haupt- oder Nebenstelle angeschlossen. Die Arbeitsweise ist folgende: Durch Niederdrücken eines Druckknopfes wird die Maschine eingeschaltet und der Vorwähler angelassen. Dies entspricht dem Abheben des Hörers beim Telephonieren. Es folgt dann die Wahl mit der Nummernscheibe, wodurch

Digitized by Google

die Verbindung über beliebige Orts- und Fernleitungen mit dem gewünschten Empfänger hergestellt wird. Bei besetztem Leitungstück läuft die Verbindung auf eine Fernschreibmaschine der zuletzt erreichten Zentrale zur etwaigen Entgegennahme des Telegramms. Bei freiem Teilnehmer läuft die angerufene Maschine selbsttätig an und meldet sich außerdem mit Namen und Ort zurück, so daß eine Gewähr für richtige Verbindung vorhanden ist. Es kann nun in beiden Richtungen geschrieben werden. Nach Beendigung kann entweder der sendende oder der empfangende Teilnehmer durch Drücken eines zweiten Knopfes die Verbindung lösen. Die Wähler laufen dann selbsttätig in die Ruhestellung zurück. Findet ein Teilnehmer trotz des vorgesehenen Apparates in der Zentrale keinen Gegenapparat, so bleibt seine Maschine von selbst stehen, so daß ein „In-die-Luft-Schreiben" mit Sicherheit verhindert ist. Die Betriebsicherheit des Selbstanschlußamtes ist die gleiche wie die der Fernsprech-Selbstanschlußämter. Falls die Einrichtung im öffentlichen Verkehr Anwendung finden sollte, kann die Gesprächszählung in der gleichen Weise wie in der Fernsprechtechnik durchgeführt werden. Durch besondere Einrichtungen ist es auch möglich, den Teilnehmer und die Gesprächsdauer selbsttätig festzuhalten.

Abb. 23. Springschreiberraum im Haupttelegraphenamt Leipzig.

Eine Gegenüberstellung der neuen und alten Betriebsweise (Abb. 19) bringt die Vorzüge besonders klar zum Ausdruck. Der Bote bringt das Telegramm zum Postamt, von dort geht es zur nächsten Großstadt, von da zur Großstadt in der Nähe des Empfangsortes und dann zum Bestimmungsort, wo es durch Boten zugestellt wird. Auf diesem Wege wird das Telegramm dreimal umgeschrieben, wobei sich Fehler einschleichen können. Bei der selbsttätigen Vermittlung sind alle diese Schwierigkeiten beseitigt. Der Empfänger erhält die Nachricht im selben Augenblick, in dem sie auf der Sendeseite getippt wird.

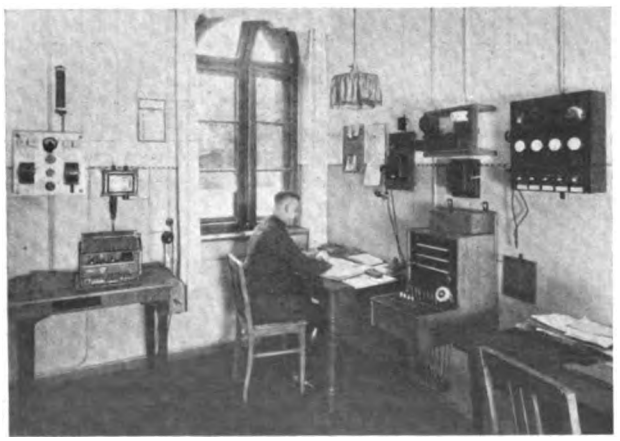


Abb. 24. Fernschreibmaschine im Dienst der Polizei.

Wirtschaftliche Aussichten.

Nachdem wir über die technischen Möglichkeiten genügend informiert sind, interessiert nun den Geschäftsmann besonders die Kostenfrage. Die von der Deutschen Reichspost festgelegten Gebühren sind in Abb. 20 u. 21 in Kurvenform dargestellt, u. zw. die monatlichen Gebühren für Querverbindungen bis 50 km Entfernung und die einmaligen und monatlichen Gebühren für Ausnahme-Querverbindungen (Ordinatenmaßstab Abb. 21 rechts, beachten!). Diesen Kosten sind die Fernsprechgebühren für die gleichen Leitungslängen gegenübergestellt. Zur besseren Übersicht sind ferner in Abb. 22 die Kosten für eine Nachricht von 3 min auf 300 km Entfernung, u. zw. Fernschreiben und Fernsprechen, gegenübergestellt; links sind die einmaligen Kosten der Anlage aufgetragen. Für die Telegraphie kommen in Betracht: 2 Apparate, Vermittlungseinrichtung und einmalige Leitungsgebühr, für die Telephonie dagegen nur die Kosten für die Leitung. Es stehen etwa 17 000 RM rd. 150 000 RM gegenüber. Ferner sind die monatlichen Kosten dargestellt, u. zw. die Postgebühren sowie die Amortisation der Leitungen und Anlagen in 5 Jahren bei 10 % Verzinsung. Nimmt man nun an, daß täglich 80 Gespräche bzw. 80 3 min-Briefe geschrieben werden — das entspricht einer vierstündigen Ausnutzung der Leitung täglich —, dann kostet ein Fernbrief von 3 min Schreibdauer (200 Wörter) 0,75 RM und ein Telephongespräch auf einer ebenfalls dauernd gemieteten Leitung von 3 min Dauer 2,45 RM. Das bei der Post aufzugebende Telegramm (200 Wörter) würde 30 RM kosten und das beim Fernsprechamt anzumeldende 3 min-Gespräch 1,80 RM.

Die Anwendungsmöglichkeiten der Fernschreibmaschine.

Die Deutsche Reichspost hat vor etwa 2 Jahren den von der Morkrum-Kleinschmidt Corp., Chicago, hergestellten „Teletype" — jetzt Springschreiber T 29 genannt — durch die C. Lorenz AG. in ihre Dienste gestellt[7]. Es sind bereits mehrere hundert Apparate in Betrieb, die sich gut bewährt haben. Bei dieser Gelegenheit will ich erwähnen, daß von der Morkrum-Gesellschaft monatlich etwa 2500

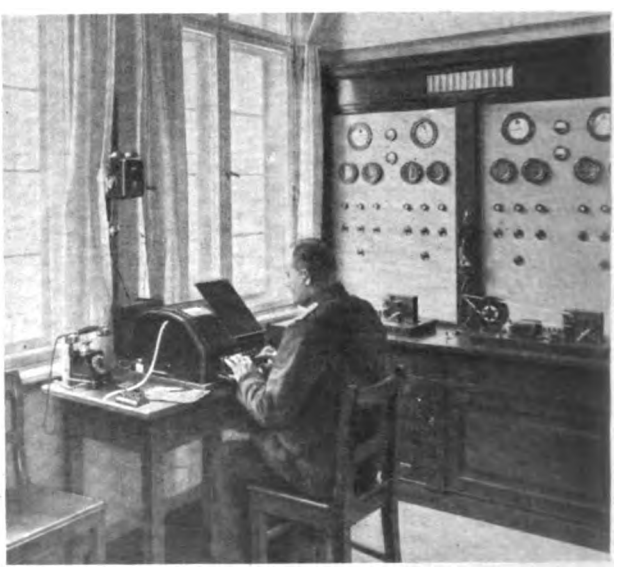


Abb. 25. Fernschreibmaschine im Dienst der Feuerwehr.

[7] Vgl. ETZ 1929, S. 1043.

Digitized by Google

Fernschreiber hergestellt und zu etwa 80 ... 90 % auf dem amerikanischen Markt abgesetzt werden. In erster Linie verwendet die Western Union diese Apparate. Private Fernschreibnetze sind ebenfalls dort in Betrieb. Neuerdings beabsichtigt man in New York ein öffentliches Fernschreibnetz einzurichten. Auch die englische Verwaltung trägt sich mit dem Gedanken, zunächst in London einen öffentlichen Fernschreibverkehr einzurichten. Für den Verkehr im Umkreis von 2 Meilen vom Telegraphenamt ist eine jährliche Pauschalgebühr von 70 £ zu entrichten, wofür die Verwaltung die Apparate stellt. Auch soll die englische Verwaltung eine große Anzahl Fernschreibmaschinen in Auftrag gegeben und auch bereits in Betrieb genommen haben, um ihren Telegraphenverkehr zu verbessern.

Das erste größere Fernschreibamt der Deutschen Reichspost für den reinen Postverkehr wurde kürzlich in Leipzig eingerichtet (Abb. 23). Die Berliner Polizei hat ebenfalls in größerem Maße Fernschreibmaschinen in ihren Dienst gestellt; Abb. 24 zeigt die Anlage einer Polizei-Inspektion mit manueller Vermittlungseinrichtung.

Fast unentbehrlich ist die schriftliche Nachrichten- und Befehlsübermittlung für die Feuerwehr (Abb. 25). Die Feuerwehr- und Polizeizentralen sind bezüglich der Vermittlungstechnik so durchgebildet, daß von der Zentrale jeder Apparat einzeln, aber auch sämtliche Teilnehmer durch Rundspruch gleichzeitig erreicht werden können. Es kann ferner jede Unterwache jederzeit die Zentrale erreichen und sich außerdem durch Vermittlung mit bestimmten Revieren verbinden lassen.

Zur allgemeinen Verbreitung von Börsen- und Wirtschaftsnachrichten verwendet die zu diesem Zweck gegründete Deutsche Ticker-Dienst G. m. b. H., eine Tochtergesellschaft der Fernschreiber AG., diese Apparate. Von den beiden Berliner Sendezentralen der Gesellschaft in ihrem Büro Behrenstraße und in der Börse werden täglich alle Schwankungen an der Berliner Börse sowie Meldungen aller Auslandsbörsen verbreitet und in den Pausen aktuelle Tagesneuigkeiten wirtschaftlicher Art übermittelt. Teilnehmer an diesem Tickerdienst sind in erster Linie Banken, Depositenkassen, Handelshäuser, Hotels, Klubs usw. Die Vorteile dieser Art der Nachrichtenübermittlung, die in New York, Paris und London längst in großem Umfang eingeführt ist, liegen auf der Hand. Der Teilnehmer wird über die wichtigen Ereignisse ständig auf dem laufenden gehalten. Der Antriebsmotor der an das Lichtnetz angeschlossenen Apparate wird selbsttätig durch die Sendestelle eingeschaltet und von dieser nach Übermittlung der Nachrichten selbsttätig ausgeschaltet. — In größerem Umfange sind die Fernschreibmaschinen bei Banken in Betrieb zwecks Verbindung mit ihren Filialen. Auch größere Geschäftsunternehmungen haben sich eigene Telegraphenleitungen gemietet.

Die Frage, ob allgemein ein wirklich großes Bedürfnis nach Einrichtung eines Fernschreibverkehrs besteht, ist damit jedoch noch nicht entschieden. Bei der heutigen Wirtschaftslage müssen unnötige Ausgaben unbedingt vermieden werden; trotzdem erscheint es mir angebracht, die Geschäftswelt auf alle diese Möglichkeiten aufmerksam zu machen. Die zentrale Zusammenfassung der großen Verwaltungs- und Wirtschaftsorganisationen drängt immer mehr nach Verbesserung und Beschleunigung des Nachrichtenverkehrs, um jederzeit über alle wichtigen Vorfälle sofort unterrichtet zu sein. Jedenfalls muß es jetzt der Praxis überlassen bleiben, zu entscheiden, ob die Telegraphie zu neuem Leben gebracht werden kann und ob sie imstande ist, ein wirklich unentbehrliches Glied unserer Wirtschaft zu werden.

Meine Ausführungen möchte ich nicht beschließen, ohne meinen Mitarbeitern, insbesondere Herrn Obering. A. Jipp, auch an dieser Stelle meinen besten Dank für ihre tatkräftige Unterstützung auszusprechen.

Kupferpanzerstahl „KPS" als Leitungsbaustoff in Mittelspannungsnetzen.

Von Dr.-Ing. **H. Marzahl**, Frankfurt a. M.

Übersicht. **Durch einen Vergleich der Kosten von Mittelspannungsleitungen mit Kupferpanzerstahl- und Kupferseilen wird die Grenze für die wirtschaftliche Anwendung von Kupferpanzerstahl festgestellt. Diese liegt bei 45 mm² KPS, soweit sie zahlenmäßig bestimmt werden kann. Es wird ferner festgestellt, daß die Verwendung von Kupferpanzerstahl in schwachbelasteten Stich- und Ausläuferleitungen wesentliche Ersparnisse mit sich bringt.**

Näheres über die Herstellung und die Materialeigenschaften des Kupferpanzerstahls wird mitgeteilt und auf die besonders hohe mechanische Sicherheit und die große Schwingungsfestigkeit hingewiesen.

In seinem Aufsatz „Über die Verwendungsmöglichkeiten von Kupferpanzerstahl in der Elektrotechnik"[1] führte G. Dettmar unter anderem einiges über die wirtschaftliche Anwendung von Kupferpanzerstahl (KPS) als Leitungsmaterial in Mittelspannungsnetzen aus. In Anlehnung an diesen Aufsatz soll in folgendem hierüber Näheres in großen Umrissen berichtet werden.

Kupferpanzerstahl, der von den Vereinigten Deutschen Metallwerken, AG., Zweigniederlassung Heddernheimer Kupferwerk, Frankfurt a. M., hergestellt wird, ist ein Doppelmetall, dessen Stahlkern mit einem Kupfermantel nach einem patentierten Verfahren (DRP.) unlösbar verschweißt ist[2]. Die Verschweißung erfolgt unter Luftabschluß durch Gießen von Kupfer um einen runden auf Weißglut erhitzten Stahlblock. Der Kupfermantel besitzt an allen Stellen gleiche Stärke und das Querschnittsverhältnis beider Metalle bleibt während des nachfolgenden Walz- und Ziehprozesses erhalten. In Zahlentafel 1 sind die Güteziffern von KPS-Draht aufgeführt und zum Vergleich die des hartgezogenen Kupferdrahtes gegenübergestellt.

Zahlentafel 1. Güteziffern.

	KPS-Draht	Kupferdraht
Eigengewicht in kg/cm³	$8{,}22 \cdot 10^{-3}$	$8{,}90 \cdot 10^{-3}$
Prüffestigkeit kg/mm²	65 ... 70	40
Elastizitätsmodul kg/mm²	15 000	13 000
Koeffizient der linearen Wärmeausdehnung bezogen auf 1°C . .	$1{,}35 \cdot 10^{-5}$	$1{,}7 \cdot 10^{-5}$
Temperaturkoeffizient für 1°C . . .	$4{,}05 \cdot 10^{-3}$	$3{,}7 \cdot 10^{-3}$
spez. Leitfähigkeit bei + 20°C $\frac{m}{\Omega\ mm^2}$	19,5	55

In wirtschaftlicher Hinsicht bietet KPS von vornherein insofern dem Kupfer gegenüber einen Vorteil, als das spezifische Gewicht des Materials um 8 % geringer ist als das des Kupfers. Über die Induktivität und Hautwirkung sind von Dr.-Ing. H. Schulze, Hannover, Messungen[3] angestellt worden, unter deren Berücksichtigung sich die den Kupferquerschnitten 16, 25, 35 und 50 mm² äquivalenten KPS-Querschnitte 45, 70, 95 und 150 mm² ergeben. Nach Angabe der Herstellerfirma beträgt die Dauerfestigkeit von KPS 44 kg/mm². Demzufolge kann den VDE-Vorschriften entsprechend KPS mit 26 kg/mm² gespannt werden. Die Durchhänge sind infolgedessen in allen Fällen kleiner als die der äquivalenten Kupferseile mit maximal 19 kg/mm². Bei gleichen Durchhängen wie bei Kupferseilen ergeben sich größere Spannweiten, die sich in bezug auf die Kosten des Gestänges vorteilhaft auswirken.

Der Kostenvergleich mit Kupferleitungen ist sowohl für gleiche Spannungsabfälle als auch für gleiche Querschnitte wie bei Kupferseilen durchgeführt worden. Im ersten Falle handelt es sich um Hauptleitungen, deren Kupferquerschnitte elektrisch voll ausgenutzt sind, im zweiten Falle um Stich- bzw. Ausläuferleitungen, bei welchen die Leitfähigkeit eine untergeordnete Rolle spielt.

[1] ETZ 1929, S. 1580.

[2] E. v. Rziha u. J. Seidener, Starkstromtechnik Bd. 1, S. 665. Verlag W. Ernst u. Sohn, Berlin 1921. — H. Kyser, Elektrische Kraftübertragung Bd. 2, S. 199. Verlag Julius Springer, Berlin 1921. — Metallurgie v. 22. II. 1910, El. Kraftbetr. u. B. 1910, S. 417; 1909, S. 522. — L. E. Imlay, Mechanical characteristics of transmission lines, Westinghouse Technical Night School Press. East Pittsburgh, Pennsylvania, 1928.

[3] ETZ 1928, S. 48.

Digitized by Google

Für letztere genügen oft sehr kleine Kupferquerschnitte, z. B. 6 mm², jedoch dürfen aus Festigkeitsgründen nach VDE-Vorschriften solche nicht unter 10 mm² verlegt werden. Bei gleichen Querschnitten ist die Belastbarkeit etwa 33 % der des Kupfers, sie ist also für Stichleitungen in den meisten Fällen noch ausreichend. Der Kostenvergleich ist für beide Leitermaterialien mit reinem Eisengestänge, Tragmaste in Form von Jucho-Streckmasten und alle übrigen Maste in Form von Gittermasten durchgeführt worden. Bei Verwendung eines anderen Gestänges werden sich im wesentlichen dieselben prozentualen Unterschiede für die Leitungen mit verschiedener Beseilung ergeben. Die Kosten des Gestänges sind abhängig von der Beseilung. Die Profile der Maste sowie die Fundamente sind daher für jeden einzelnen Fall unter Beachtung der VDE-Vorschriften sowie der allgemeinen Regeln der Statik berechnet worden.

Folgende Mastarten sind unterschieden worden:

1. Tragmaste: Jucho-Streckmaste,
2. Winkelmaste für 180 ... 160 °: Gittermaste,
3. „ „ 160 ... 130 °: „ ,
4. Kreuzungsmaste: Gittermaste.

Für die Aufteilung der Trag- und Winkelmaste wurden Erfahrungswerte nach dem neuzeitlichen Weitspannsystem gebauter Mittelspannungsleitungen für 15 kV zugrunde gelegt. Hiernach sind 73 % aller Stützpunkte Tragmaste, während der Rest von 27 % alle Kreuzungs- und Winkelmaste sowie die Transformatorenstationen umfaßt. Diese prozentualen Ziffern gelten auch für größere Spannweitenbereiche von 100 ... 250 m, wie durch Untersuchung einer Anzahl von Hochvoltleitungen in Mitteldeutschland festgestellt wurde. Die Anzahl der Kreuzungsmaste und Stationen ist unabhängig von der Spannweite und durch die örtliche Lage gegeben. Man kann im Durchschnitt mit 2,5 Stationen und 5 Kreuzungsmasten für eine Strecke von 10 km rechnen.

Infolge der Kürze des zur Verfügung stehenden Raumes können nur die Ergebnisse der Kostenberechnungen in gedrängter Form in Zahlentafel 2 aufgeführt werden. Die ermittelten Werte gelten für einen Kupferstand (Del-Notierung) von 110 RM für 100 kg. Demgemäß ist ein Grundpreis für Kupferseil von 140 RM und für KPS-Seil von 143 RM für 100 kg eingesetzt. Ein höherer Kupferstand wirkt sich zugunsten der KPS-Leitungen aus.

Zahlentafel 2. Kostenvergleich von Kupferseil- und KPS-Leitungen.

	Querschnitt mm² Cu	Querschnitt mm² KPS	Spannweite m	Erstellungskosten f. 1 km RM	jährl. Kosten f. 1 km RM
Stichleitungen	10		100	4961	566
		10	120	4227	480
	16		115	4912	548
		16	140	4247	472
Hauptleitungen	16		115	4912	548
		45	186	5200	547
	25		125	5085	555
		70	200	6430	665
	35		135	5512	591
		95	207	7885	799
	50		155	5980	625
		150	225	11090	1094

Die Erstellungskosten für Hauptleitungen sind bei allen Querschnitten größer als bei Kupferleitungen, dagegen die jährlichen festen Kosten nur bei den Querschnitten 70, 95 und 150 mm². 45 mm² KPS ist 16 mm² Kupfer mindestens gleichwertig. Vorteilhaft ist auch die in allen Fällen erzielte Spannweitenvergrößerung von 45 ... 60 %.

In Stichleitungen ist Kupferpanzerstahl in allen Fällen wirtschaftlicher als Kupfer. Die größere Wirtschaftlichkeit erstreckt sich nicht nur auf die jährlichen Kosten sondern auch auf die Erstellungskosten der KPS-Leitungen, die bei 10 mm² und 16 mm² etwa 14 ... 15 % geringer als die der gleichstarken Kupferleitungen sind. Die jährlichen Kosten stehen etwa im gleichen Verhältnis. Die Spannweitenvergrößerung beträgt etwa 20 %.

In den jährlichen Kosten sind nicht die Aufwendungen für Störungen enthalten. Diese setzen sich aus den Kosten für Störungsbeseitigung und aus dem Verlust durch Stromausfall zusammen. Hierfür Zahlen anzugeben, ist sehr schwer. Die Tatsache jedoch, daß eine Abhängigkeit der Störungen von der Anzahl der Stützpunkte vorhanden ist, bürgt für Verminderung der Störungskosten.

Außerdem ist die Bruchsicherheit einer KPS-Leitung größer als die einer Kupferleitung. Nimmt man nach Bürklin[4] als Maßstab für die mechanische Sicherheit einer Leitung diejenige Zusatzlast an, bei welcher die Bruchlast des Leitermaterials erreicht wird, so ergeben sich die in Zahlentafel 3 unter Berücksichtigung der wirtschaftlichen Spannweite zusammengestellten Bruchlasten für KPS- und Kupferseile. Die Bruchlast ist reine Zusatzlast; das Eigengewicht auf 1 m Leitung ist bereits in Abzug gebracht. In einer weiteren Spalte sind die Bruchlasten als Vielfaches der nach den VDE-Vorschriften anzunehmenden wahrscheinlichen Zusatzlasten ($180\sqrt{D}$) ausgerechnet. Werden die Werte unter Berücksichtigung der wirtschaftlichen Spannweite in Beziehung gebracht, so ergibt sich die Sicherheit der KPS-Seile auf die Kupferseile bezogen.

Zahlentafel 3. Bruchsicherheit von KPS- und Kupferseilen.

Cu mm² / KPS mm²	10 / 10	16 / 16	16 / 45	25 / 70	35 / 95	50 / 150
Spannweite m	100	115	115	125	135	155
	120	140	186	200	207	225
Bruchlast kg	1,10	1,40	1,40	1,80	2,30	2,70
	1,65	2,10	4,00	5,70	7,30	10,30
Bruchlast / $180\sqrt{D}$	3,01	3,43	3,43	3,97	4,57	4,93
	4,52	5,15	7,57	9,43	11,21	14,05
n	1,50	1,50	2,21	2,38	2,46	2,85

Man sieht also, daß bei den großen Spannweiten, die durch Benutzung von KPS-Seil erzielt werden, eine Bruchsicherheit vorhanden ist, die bei Hauptleitungen mehr als doppelt so groß ist wie bei Leitungen mit äquivalenter Kupferbeseilung und kleineren Spannweiten und die bei Leitungen gleichen Querschnittes um etwa 50 % größer als bei Kupferseil ist.

Nicht nur gegen ruhende Belastung sondern auch gegen Schwingungen bietet KPS größere Sicherheit. Nach Schwingungsversuchen, welche von der Materialprüfungsanstalt der T. H. Darmstadt vorgenommen worden sind, ist die Dauerfestigkeit eines 3 mm starken KPS-Drahtes bei 26 kg/mm² Vorspannung bei Vibrationen 11,4 kg/mm² und die eines gleichstarken Kupferdrahtes bei 19 kg/mm² Vorspannung 9,4 kg/mm². Die Lastwechselzahl, die gerade noch beliebig oft ertragen wird, ist bei dem KPS-Draht $45 \cdot 10^6$ und bei dem Kupferdraht $30 \cdot 10^6$. Die Schwingungsamplituden waren bei beiden Drähten annähernd gleich, sie betrugen am Schluß des Versuches 1,7 mm bei KPS und 1,81 mm bei Kupfer. Der KPS-Draht hat also eine 22 % größere Dauerschwingungsfestigkeit als der Kupferdraht.

[4] ETZ 1927, S. 355.

Digitized by Google

Die Wirtschaftlichkeit von Pumpspeicherwerken abseits der Verbrauchsgebiete.

Von **Hermann Schulze**, Auma.

Übersicht. Die von R. Haas und C. Th. Kromer in der ETZ 1928 angegebene Methode zur Ermittlung der zulässigen Anlagekosten für Pumpspeicherwerke im Verbrauchsgebiet wird auf abseits der Verbrauchsgebiete errichtbare Speicherwerke erweitert. Es wird dazu ein graphisches Verfahren vorgeschlagen und dessen Anwendung an Hand eines praktischen Zahlenbeispiels näher erläutert.

Die Errichtung von Pumpspeicherwerken zu wirtschaftlich berechtigten Kosten setzt stets vorteilhafte Ausnützung eines Geländes größerer Höhenunterschiede voraus und ist deshalb, entsprechend der geographischen Lage der Verbrauchsgebiete, oftmals nur abseits der Verbrauchsgebiete möglich. Die Anlagekosten der alsdann erforderlichen Kupplungsleitungen sind der Spitzenkraftquelle anzulasten. Diese Vergrößerung der Anlagekosten ist von entscheidendem Einfluß auf die Wirtschaftlichkeit dieser Form von Spitzenkraftquellen[1], so daß es gerechtfertigt erscheint, das von R. Haas und C. Th. Kromer in der ETZ 1928, Seite 599 ff. angegebene Verfahren zur Ermittlung der Wirtschaftlichkeit von Pumpspeicherwerken zu ergänzen durch eine Methode, die den von der Entfernung Speicherwerk—Verbrauchsgebiet abhängigen Einfluß dieser zusätzlichen Einrichtungen berücksichtigt. Dazu erscheint besonders das nachstehend beschriebene graphische Verfahren geeignet, welches u. a. in übersichtlicher Weise die für die Planung wertvolle Aufteilung der als höchstzulässig ermittelten Gesamtanlagekosten auf Pumpspeicherwerk und Kupplungsleitung gestattet.

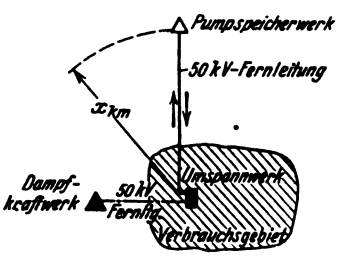
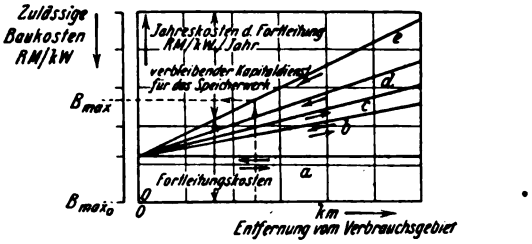


Abb. 1. Angenommener Fall eines Pumpspeicherwerkes abseits des Verbrauchsgebietes.



- *a* Kapitalkosten für die Transformatorenstation beim Speicherwerk
- *b* Kapitalkosten für die Fernleitung zum Speicherwerk
- *c* Brennstoffaufwand entsprechend den Übertragungsverlusten beim Ladevorgang (→↑)
- *d* Desgl. beim Entladevorgang (←↓)
- *e* Kapitalkosten für die Speicherwerks-Zusatzleistung entsprechend den Verlusten
- B_{max_0} Höchstzulässige Baukosten für das Speicherwerk bei dessen Errichtung im Verbrauchsgebiet (Entfernung = 0)

Abb. 2. Schema für die Ermittlung der zulässigen Baukosten eines Pumpspeicherwerkes abseits des Verbrauchsgebietes.

Für den z. B. gemäß Abb. 1 angenommenen Fall eines Pumpspeicherwerkes abseits des Verbrauchsgebietes gibt Abb. 2 das Prinzipschema der graphischen Methode wieder. Die Fortleitungskosten durch Fortleitung sowohl der Ladeabfallarbeit als auch der Entladespitzenarbeit, bestehend aus den Kosten des Kapitaldienstes und der Verluste, werden, analog der in ETZ 1926, S. 296, entwickelten Darstellung, mit großer Annäherung nach der Beziehung $y = a + m\,x$ mit a als Kapitalkosten der Umspannung, m als übrigen spezifischen, der Entfernung proportionalen Fortleitungskosten/km über der Entfernung x km dargestellt. Die Pfeile an den Gestehungskostenlinien (s. Abb. 2) deuten die Zugehörigkeit des betreffenden Kostenanteiles zum Lade- (→) oder bzw. Entlade- (←)-vorgang an. Die Ordinate erhält, z. B. rechts, Einteilung in spezifische Jahreskosten der Fortleitung (RM/kW nutzbarer Spitzenleistung). Da in großer Annäherung mit gleichen Kapitaldienstquoten (Verzinsung, Abschreibung und Instandhaltung; Bedienung) für Pumpspeicherwerk und Fortleitungsanlagen (Transformatorenstation und Fernleitung) — in Anlehnung an die Untersuchung Haas/Kromer mit z. B. 11 % — gerechnet werden kann, läßt die Ordinatenaufteilung in Zugehörigkeit zu der Entfernung x km Verbrauchsgebiet—Speicherwerk zugleich Ermittlung der zulässigen spezifischen Baukosten des Pumpspeicherwerkes (s. Abb. 2) zu.

Zufolge dieser grundsätzlichen Überlegungen sollen nachstehend die zulässigen spezifischen Baukosten für ein Pumpspeicherwerk in Abhängigkeit von der Entfernung Verbrauchsgebiet—Speicherwerk ermittelt werden, wenn die Untersuchung Haas/Kromer für das auf Steinkohle (20 RM/t; 7200 kcal) angewiesene Verbrauchsgebiet bei einer jährlichen Benutzungsdauer von 1000 h = Jahres-Vollast-Entladedauer (der Einfachheit halber) für die Spitzenkraftquelle als höchstzulässige Baukosten B_{max_0} für das Pumpspeicherwerk bei dessen Errichtung im Verbrauchsgebiet selbst 440 RM/kW ausgewiesen hat und die im Verbrauchsgebiet nutzbar verlangte Spitzenleistung 20 000 kW beträgt. Als Übertragungsspannung für die Fernleitung kommt dabei mit Rücksicht auf die vorhandene 50 kV-Fernleitung Dampfkraftwerk—Verbrauchsgebiet (s. Abb. 1) die Spannung von 50 kV bei einem wirtschaftlichen Leitungsquerschnitt von 6 · 95 mm² Kupfer in Frage.

Die Fortleitungskosten (Kapitaldienst + Kosten der Verluste) werden beispielsweise für eine Entfernung von 100 km errechnet.

Verluste.

Die Übertragung. der Ladearbeit erfolgt mit einem Leistungsfaktor von rd. 1, diejenige der Entladespitzenarbeit mit einem mittleren $\cos\varphi = 0{,}8$. Die Stromwärmeverluste in der 50 kV-Doppelleitung bei Übertragung der Entladespitzenarbeit ergeben sich dann zu

$$\xi_E = \frac{100 \cdot 10^3 \cdot 20\,000 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 100}{57 \cdot 2 \cdot 95 \cdot 50^2 \cdot 10^6 \cdot 0{,}8^2} \approx 11{,}6\,\%.$$

Demzufolge beträgt der

maximale Leitungsverlust (11,6 %)	2320 kW
Transformatorenverlust (1,7 % von 2350 kW)	~ 400 „
Koronaverlust (0,3 kW/km)	30 „
maximale Übertragungsverlust	2750 kW,

d. h. das Pumpspeicherwerk muß statt für 20 000 kW (ohne Reserve) bei Errichtung im Verbrauchsgebiet für eine Leistung von 22 750 kW, die dazugehörige Transformatorenstation für rd. 30 000 kVA ausgebaut werden. Für eine nutzbare Jahreslieferung von $20\,000 \cdot 1000 = 20 \cdot 10^6$ kWh Spitzenarbeit an das Verbrauchsgebiet muß demzufolge für den hier vorliegenden Fall (jährliche Benutzungsdauer = Jahres-Vollast-Entladedauer = Verlustdauer) das Pumpspeicherwerk $22{,}75 \cdot 10^6$ kWh, gerechnet an den Generatorenklemmen, erzeugen. Zu seiner Aufladung sind bei einem Wirkungsgrad von 60 %

$$1{,}7 \cdot 22{,}75 \cdot 10^6 \approx 38{,}7 \cdot 10^6 \text{ kWh/Jahr}$$

erforderlich, so daß bei einer jährlichen Ladezeit von z. B. 2900 h sich eine mittlere Ladeleistung, bezogen auf die Speicherwerkmaschinenklemmen, von $\frac{38{,}7 \cdot 10^2}{2900} \approx 13\,300$ kW ergibt. Demzufolge betragen die Stromwärmeverluste in der 50 kV-Doppelleitung während der Ladeperiode

$$\xi_L = \frac{100 \cdot 10^3 \cdot 13\,300 \cdot \frac{1}{0{,}98} \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 100}{57 \cdot 2 \cdot 95 \cdot 50^2 \cdot 10^6 \cdot 1^2}$$

$$\approx 5{,}0\,\% \approx 665 \text{ kW}.$$

[1] Vgl. E. Krohne, Die wirtschaftliche Erzeugung der elektrischen Spitzenkraft in Großstädten. Verlag von Julius Springer, Berlin 1929.

Digitized by Google

Die entsprechenden Verlustarbeiten ergeben sich, wenn mit Rücksicht auf die Verwendung des Speicherwerkes als Momentanreserve Transformatoren-Leerlaufs- und Leitungs-Koronaverluste — dieser Anteil der Verlustarbeit ist streng genommen in den Gestehungskosten höher zu bewerten als die Ladeabfallarbeit — der Entladeperiode mit 8760 — 2900 = 5860 h/Jahr angelastet werden, zu:

Verluste	Ladeperiode	Entladeperiode (Vollast-Entladedauer = 1000 h/Jahr)
1. Stromwärmeverluste der Fernleitung	$665 . 2900 \approx 1{,}8 . 10^6$ kWh/Jahr	$2320 . 1000 \approx 2{,}32 . 10^6$ kWh/Jahr
2. Koronaverluste der Fernleitung . .	$30 . 2900 \approx 0{,}10 . 10^6$ „	$30 . 5860 \approx 0{,}18 . 10^6$ „
3. Stromwärmeverluste der Transformatoren	$\frac{2 . 13300 . 2900}{100} \approx 0{,}78 . 10^6$ „	$400 . 1000 \approx 0{,}40 . 10^6$ „
4. Leerlaufverluste der Transformatoren	$\frac{1 . 30000 . 2900}{100} \approx 0{,}87 . 10^6$ „	$\frac{1 . 30000 . 5860}{100} \approx 1{,}75 . 10^6$ „
Gesamtverluste	$V_L \approx 3{,}55 . 10^6$ kWh/Jahr	$V_E \approx 4{,}65 . 10^6$ kWh/Jahr

folglich

$$\sum V = V_L + V_E \approx 8{,}20 . 10^6 \text{ kWh/Jahr.}$$

Der diesen Verlusten je Kilowattstunde anzulastende Wärmeaufwand beträgt $3646 . \frac{2}{7200} \approx 1{,}01$ Pf/kWh[2], so daß die Verluste der Fortleitung einen Betrag von

$$8{,}20 \cdot 10^6 \cdot 1{,}01 \cdot 10^{-2} \approx 84\,000 \text{ RM/Jahr,}$$

auf das nutzbare Kilowatt Speicherleistung bezogen, von

$$\frac{84\,000}{20\,000} \approx 4{,}20 \text{ RM/kW/Jahr}$$

ausmachen. Diese spezifischen Verlustkosten fallen

zu Lasten der	RM/kW/Jahr	Bezeichnung in Abb. 2
1. Ladeperiode . .	$4{,}20 . \frac{3{,}55}{8{,}20} \approx 1{,}82$	*c*
2. Entladeperiode .	$4{,}20 . \frac{4{,}65}{8{,}20} \approx 2{,}38$	*d*

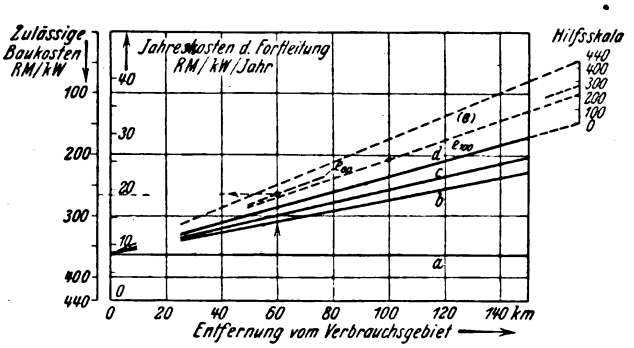


Abb. 3. Zulässige Baukosten Bmax für Pumpspeicherwerke abseits eines Verbrauchsgebietes, für das ein Pumpspeicherwerk im Verbrauchsgebiet $P_{max_0} \leqq 440$ RM/kW kosten darf. Vgl. die Zeichenerklärung zu Abb. 2.

Kapitaldienst.

Für die Pumpspeicherwerks-Zusatzleistung, entsprechend den Verlusten, wird zunächst mit $B_{max_0} = 440$ RM/kW gerechnet. Dieser vorläufige Wert ist zu hoch, da in Wirklichkeit für den für B_{max} zulässigen Kapitaldienst im Hinblick auf die Fortleitungskosten $(a + b + c + d + e)$ RM/kW/Jahr nur noch $0{,}11 \cdot 440 - (a + b + c - d + e)$ RM/kW/Jahr zur Verfügung bleiben (s. Schema der Abb. 2). Die Gerade für den Kapitaldienst der Speicherwerks-Zusatzleistung *e* wird deshalb von der dem Wert $B_{max_0} = 440$ entsprechenden Neigung mittels Hilfsskala (s. Abb. 3) soweit abgesenkt, daß die *e*-Gerade auf dieser Hilfsskala und auf der 100 km zugeordneten Ordinate gleiche Werte für B_{max} abschneidet. Jeder Entfernung *x* ist alsdann eine *e*-Gerade e_x zugeordnet, die auf der Hilfsskala und der entsprechenden *x*-Ordinate durch gleiche Werte von B_{max} hindurchgeht.

Anlagekosten der Fortleitungsanlagen (100 km):

1. Transformatorenstation für 30 000 kVA zu 50 RM/kVA	1,500 Mill RM
2. 100 km 50 kV-Leitung 6.95 mm² Cu zu 18 000 RM/km	1,800 „
3. 2750 kW Speicherwerks-Zusatzleistung zu vorläufig 440 RM/kW	1,210 „
Gesamtes Anlagekapital . .	4,510 Mill RM

Entsprechender Kapitaldienst (Verzinsung, Abschreibung, Instandhaltung; Bedienung):

$$0{,}11 . 4\,510\,000 = 496\,100 \text{ RM/Jahr,}$$

je nutzbares Kilowatt Speicherleistung

$$\frac{496\,100}{20\,000} \approx 21{,}80 \text{ RM/kW/Jahr.}$$

Dieser Kapitaldienst zerfällt in:

Kapitaldienst für	Bezeichnung in Abb. 2	Zu Lasten	Vorläufig je kW/Jahr	Endgültig je kW/Jahr
1. Transformatorenstation	*a*	Lade- und Entladeperiode	8,25 RM	8,25 RM
2. Fernleitung . . .	*b*	Lade- und Entladeperiode	9,88 „	9,88 „
3. Speicherwerks-Zusatzleistung .	*c*	Entladeperiode	6,67 „	3,18 „
		Gesamt	24,80 RM	21,31 RM

Die endgültige *e*-Gerade in Abb. 3 schneidet die Hilfsskala und die 100 km-Ordinate bei $B_{max_{100}} = 210$ RM/kW. Die graphische Darstellung läßt erkennen, daß für das in Frage stehende Verbrauchsgebiet ein Pumpspeicherwerk in einer Entfernung von z. B. 60 km vom Verbrauchsgebiet nicht mehr als 268 RM/kW kosten darf. Läßt sich zufolge der geographischen Lage des Verbrauchsgebietes auch ein Speicherwerk in 30 km Entfernung, u. zw. mit Ausbaukosten von 300 RM/kW, errichten, so stellt dieses Pumpspeicherwerk das für dieses Verbrauchsgebiet wirtschaftlichste Speicherwerk dar.

Das graphische Verfahren gemäß dem Schema der Abb. 2 dürfte somit eine nützliche Ergänzung zu der von Haas/Kromer entwickelten Methode in der wirtschaftlichen Planung von Pumpspeicherwerken sein.

[2] Vgl. ETZ 1928, S. 600.

Digitized by Google

Die Verwendung merklich leitender Stoffe zum Bau von Isolatoren.

(Mitteilung aus dem Frankfurter Universitätsinstitut für physikalische Grundlagen der Medizin.)

Von Dr. H. Schaefer, Frankfurt a. M.

Übersicht. Im Gegensatz zu dem in der Praxis üblichen Bestreben, zum Bau von Isolatoren möglichst hochisolierende Stoffe zu verwenden, wird untersucht, ob nicht in bestimmten Fällen die Anwendung merklich leitender Stoffe vorteilhaft ist. Es wird gezeigt, wie man durch geeignete Wahl der Leitfähigkeit jede beliebige Verteilung einer elektrischen Beanspruchung erreichen kann. Die praktische Verwendung des Verfahrens wird jedoch dadurch stark eingeschränkt, daß das Prinzip hochfrequenten Beanspruchungen gegenüber versagt.

Beim Entwurf von Maschinen und Leitungen für Hochspannung tritt mit steigender Spannung ein Problem gegenüber allen anderen konstruktiven Aufgaben in den Vordergrund: das ist das Problem der Isolation der Leiter, welche Hochspannung führen. Bei der Berechnung der Isolation für Nieder- und Mittelspannung sind ganz andere Faktoren ausschlaggebend als bei Hochspannung. Einfache Fabrikation, Vermeidung von Oberflächenkriechströmen, mechanische Festigkeit sind die maßgebenden Gesichtspunkte, denen gegenüber die Beanspruchung durch das elektrische Feld ohne Bedenken vernachlässigt werden kann. Ganz anders jedoch liegen die Verhältnisse, wenn es gilt, hochspannungführende Leiter zu isolieren. Die dielektrische Beanspruchung nimmt hier Dimensionen an, denen gegenüber alle anderen Gesichtspunkte bedeutungslos werden, und maßgebend für die Konstruktion wird die Forderung hinreichender dielektrischer Festigkeit.

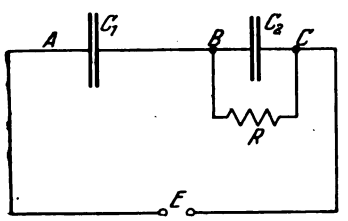


Abb. 1. Ersatzschaltung zweier in Serie geschalteter Kondensatoren mit hochisolierendem und merklich leitendem Dielektrikum.

Die festen und flüssigen Isolierstoffe erfüllen ihre Aufgabe zu isolieren nur bis zu einem gewissen Grade der Annäherung, da sie alle endliche wenn auch geringe Werte der Leitfähigkeit besitzen und somit bei Anlegung eines Feldes stets einen gewissen Verluststrom aufnehmen. Dieser Verluststrom bedingt auch eine Verlustleistung, die bei Hochspannung unter Umständen beträchtlich sein kann, und der Konstrukteur wird daher ceteris paribus den Werkstoff wählen, der einen möglichst hohen spezifischen Widerstand besitzt. Demgegenüber soll in nachstehenden Ausführungen untersucht werden, ob es nicht in bestimmten Fällen von Vorteil sein kann, einen Isolierstoff absichtlich mit einem geringen Grad Ohmscher Leitfähigkeit zu versehen, um dadurch die dielektrische Beanspruchung einer bestimmten Anordnung günstiger zu gestalten. Es soll also der Isolationstrom, der stets nur als unnützer und schädlicher Verluststrom gilt, bestimmend bzw. mitbestimmend werden für die Verteilung der elektrischen Beanspruchung.

Es seien zunächst für den häufigsten Fall der Praxis, den der Beanspruchung eines Isolators durch Wechselspannung, die Vorgänge im Dielektrikum untersucht. Wir gehen aus von dem einfachsten Fall: eine planparallele Platte eines homogenen Dielektrikums mit dem Querschnitt q: ε und λ seien die Dielektrizitätskonstante und das spezifische Leitvermögen. Durch zwei auf den Endflächen dicht aufliegende Elektroden legen wir an dieses Werkstück die beanspruchende Spannung E. Diese Spannung treibt entsprechend der Ohmschen und dielektrischen Leitfähigkeit des Materials einen Leitungstrom I_R und einen Verschiebungstrom I_C durch den Isolator. Mit diesen beiden Strömen ist auf ihrem Weg durch das Dielektrikum je ein Potentialabfall verknüpft und der tatsächliche Potentialverlauf im Dielektrikum wird durch die Resultierende (Vektorsumme) dieser beiden Komponenten dargestellt.

Wenn die Elementarschicht $\mathrm{d}x$ vom Strome I_R durchflossen wird, so herrscht an ihren Enden die Spannung:

$$\mathrm{d}E_R = I_R\,\mathrm{d}R = I_R\,\frac{\mathrm{d}x}{\lambda q}\ \text{Volt}.$$

Der Verschiebungstrom I_C bedingt die Elementarspannung:

$$\mathrm{d}E_C = I_C \cdot \frac{1}{\omega\,\mathrm{d}C} = I_C \cdot \frac{4\pi\,\mathrm{d}x}{\varepsilon\omega q} \cdot 9 \cdot 10^{11}\ \text{Volt}.$$

Die entsprechenden Spannungen an einem Stück von der endlichen Dicke x sind die Integrale:

$$\int \mathrm{d}E_R = I_R \cdot \frac{1}{\lambda q}\,x\ \text{Volt},$$

$$\int \mathrm{d}E_C = I_C\,\frac{4\pi \cdot 9 \cdot 10^{11}}{\omega\varepsilon q}\,x\ \text{Volt}.$$

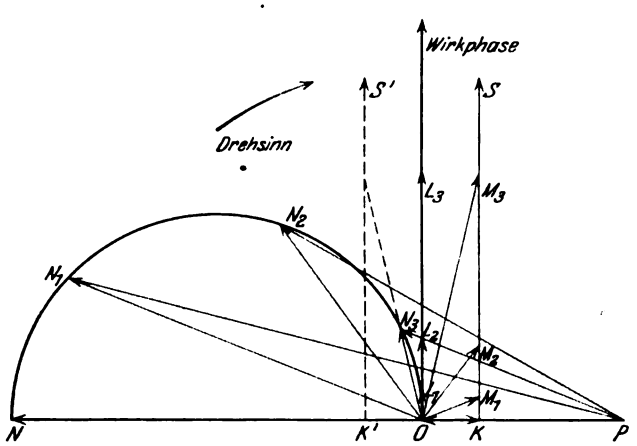
Die beiden Spannungen haben gleiche Phase, so daß also der durch den Leitungstrom geschaffene Potentialverlauf gleich dem durch den Verschiebungstrom entstehenden ist. Es besteht zwischen beiden Strömen hinsichtlich der Potentialverteilung eine vollkommene formale Analogie. Mathematisch findet dies seinen Ausdruck in dem übereinstimmenden Aufbau der obigen Gleichungen. Unser Differentialansatz ist dabei unabhängig von speziellen Formen des Probestücks, wofern das Material nur homogen ist. Denn stets können wir die Zerlegung in den Äquipotentialflächen parallele Elementarschichten vornehmen, für die dann die obigen Differentialgleichungen angesetzt werden können. Wir gelangen damit zur Erkenntnis der wichtigen Tatsache, daß im homogenen Medium Ohmsches und dielektrisches Potentialgefälle stets gleich sind nach Größe und Phase. Es ist somit nicht möglich, durch Wahl eines Baustoffes größerer Leitfähigkeit einen anderen günstigeren Potentialverlauf im Innern eines irgendwie gestalteten Isolators zu erzielen. Will man vielmehr Einfluß gewinnen auf die Potentialverteilung, so muß man unter Verzicht auf die Homogenität dazu übergehen, Schichten mit verschiedenen Quotienten ε/λ zu benutzen, insbesondere beispielsweise Schichten mit gleichem ε, aber verschiedenem λ, da ja eine Variation von ε im allgemeinen schwer zu erreichen ist.

Es sei dies Prinzip an einem einfachen Beispiel erläutert (Abb. 1): Zwei Kondensatoren C_1 und C_2 sind in Serie an eine Wechselspannung E angeschlossen, dabei sei C_2 z. B. halb so groß wie C_1. Nehmen wir zunächst an, die Leitfähigkeit der Dielektrika 1 und 2 sei zu vernachlässigen und die Dielektrizitätskonstanten seien gleich. Die Spannung E wird sich dann im reziproken Verhältnis der Kapazitäten auf die Kondensatoren verteilen, also z. B $E = 12\,000$ V; $E_1 = 4000$ V; $E_2 = 8000$ V. Wenn wir jetzt die Leitfähigkeit der Dielektrika so steigern, daß der entstehende Ohmsche Leitungstrom in die Größenordnung des dielektrischen Verschiebungstromes gerät oder gar größer wird als dieser, so können wir durch geeignete Abstufung dieser Leitfähigkeit jede beliebige Verteilung der Beanspruchung erzwingen. Wenn z. B. die Aufgabe entsteht, die ungleichmäßige Verteilung im obigen Beispiel gleichmäßiger zu gestalten oder gar C_1 den größeren Teil der Belastung tragen zu lassen, so brauchen wir zu diesem Zweck lediglich C_2 mit einem Dielektrikum hinreichender Ohmscher Leitfähigkeit zu versehen. Es wird dadurch der Komplexwiderstand von C_2 verkleinert, während der von C_1 gleich bleibt. Die Spannung E verteilt sich aber gemäß den Widerständen, so daß also C_2 auf Kosten von C_1 entlastet ist. Außerdem aber, und das ist von entscheidender Bedeutung, stimmen E_1 und E_2 jetzt nicht mehr in der Phase überein, da ja E_2 im Gegensatz zu E_1 keine reine Blindspannung mehr ist. Das heißt aber, die algebraische Summe von E_1 und E_2 ist größer als die Vektorsumme: Wir haben die günstigere Verteilung der Belastung erkauft mit einer erhöhten Gesamtbeanspruchung, denn der gesamte Isolationsaufwand ist durch die algebraische Summe

Digitized by Google

von E_1 und E_2 bestimmt. Die genaue Durchführung des Problems führt auf ein Inversionsdiagramm (Abb. 2) und ergibt, daß die Erhöhung der Gesamtbeanspruchung im ungünstigsten Fall bis auf 40 % steigen kann.

Dieser Nachteil der erhöhten Gesamtbeanspruchung läßt die vorstehende Methode der Belastungsteuerung grundsätzlich unterlegen erscheinen der rein dielektrischen Verteilung der Beanspruchung durch Serienschaltung von Kapazitäten in geeigneter Größenabstufung. Dies Verfahren ist allerdings naturgemäß nur dort anwendbar, wo die Form des Isolationskörpers nicht schon durch andere konstruktive oder sonstige Bedingungen vorgeschrieben ist. So ist diese Methode namentlich zum Bau von Freileitungsdurchführungen schon früh in Vorschlag gebracht worden und hat zur Konstruktion der Kondensatordurchführung geführt. Hier ist der Isolationskörper bekanntlich in eine Reihe konzentrischer, durch dünne Metallzwischenlagen getrennter Schichten aufgelöst, deren Länge längs des Durchführungsbolzens so abgestuft ist, daß die entstehenden Teil-



OK	Leitwert ωC_1	PO	Widerstand $1/\omega C_1$
OL_n	Leitwert $1/R$	PN_nO	Spannungsdreieck
OM_n	Gesamtleitwert von BC (Abb. 1)	PN_n	Gesamtspannung an AC
ON_n	Gesamtwiderstand von BC (durch Spiegelung und Inversion aus OM_n erhalten)	PO	Spannung an AB
		ON_n	Spannung an BC

Abb. 2. Ortsdiagramm der Ersatzschaltung Abb. 1 für den Fall $C_1 : C_2 = 2 : 1$, R variabel.

kondensatoren alle gleiche Kapazität haben und eine beanspruchende Wechselspannung sich daher gleichmäßig auf die Teilkondensatoren und damit auf die Durchführung verteilen muß. Dabei haben alle Teilspannungen als reine Blindspannungen gleiche Phase, d. h. es bringt diese Steuerung der Beanspruchung keine erhöhte Gesamtbelastung mit sich.

Bei der Betrachtung der Kondensatordurchführung drängt sich die Frage auf, welchen Zweck die metallischen Zwischenlagen zu erfüllen haben; sind sie doch parallel zu den Elektroden angeordnet, d. h. längs Flächen, die, wie man erwarten sollte, ohnehin schon Äquipotentialflächen sind. Für das Innere des Isolators ist diese Argumentierung auch richtig, nicht jedoch für die Randzone Isolator — Luft; und damit gelangen wir zur Besprechung eines sehr wichtigen Zusammenhanges. Wir dürfen nämlich bei der Untersuchung des Potentialverlaufs an der Oberfläche die dielektrische Leitfähigkeit des umgebenden Mediums nicht vernachlässigen, ist doch die dielektrische Leitfähigkeit beispielsweise des Porzellans nur etwa fünfmal größer als die der Luft. Das hat zur Folge, daß das Potential an der Grenzfläche erheblich abweicht von dem sich allein aus den geometrischen Verhältnissen des Isolierkörpers ergebenden Verlauf, da auch der Verschiebungstrom durch die umgebende Luft maßgebenden Einfluß auf die Potentialverteilung hat. Um diesem Übelstand abzuhelfen, um mit anderen Worten auch an der Grenzfläche einen geradlinigen Verlauf des Potentials zu erzwingen, ist die Anbringung der Metallzwischenlagen erforderlich. Aber gerade an der Grenzfläche sind die metallischen Ringe in anderer Beziehung besonders schädlich, da nämlich durch sie die Ausbildung von Gleitfunken stark begünstigt wird. Hier ist nun die Stelle, wo das Prinzip der „Isolation mittels des Leitungstromes" seine ganze Überlegenheit entfaltet, wenn wir noch durch eine weitere Maßnahme den Übelstand der erhöhten Gesamtbeanspruchung vermeiden, indem wir nämlich ein Material wählen, dessen spezifische Leitfähigkeit so groß ist, daß der Leitungstrom beträchtlich größer wird als der Verschiebungstrom. Es ist dann die Potentialverteilung ganz vom Leitungstrom diktiert. Und wenn schon der Verschiebungstrom des Isolatordielektrikums unerheblich ist, so ist es der mehrere Male kleinere der Luft erst recht. Es ist dies eine besonders radikale Anwendung des betrachteten Isolationsprinzips, indem damit auf den Verschiebungstrom zur Schaffung des Gefälles überhaupt verzichtet wird. Alle Teilspannungen sind damit reine Wirkspannungen, also auch untereinander gleichphasig. Die durch verschiedene Phase bedingte erhöhte Gesamtbeanspruchung ist somit vermieden. Nach wie vor ist natürlich auch für den Isolator aus leitfähigem Material die Potentialverteilung an der Grenzfläche die Resultierende aus den Verschiebungströmen in der Umgebung und im Isolator einerseits und dem Leitungstrom anderseits. Aber der letztere ist eben so groß, daß er praktisch allein den Potentialverlauf auch an der Grenzfläche bestimmt.

Für den in der Praxis sehr viel angewandten Baustoff Porzellan ergibt die Rechnung, daß für eine Frequenz von 50 Hz die dielektrische Leitfähigkeit zur Ohmschen sich wie 40 000 zu 1 verhält. Das bedeutet, daß bei einem Porzellanisolator der Potentialverlauf sowohl im Innern als auch an der Oberfläche rein dielektrisch bestimmt ist und somit von einer auch nur näherungsweisen Verwirklichung der oben entwickelten Idee der „Isolation mittels des Leitungstromes" nicht im entferntesten die Rede sein kann. Es müßte zu diesem Zweck erst die Ohmsche Leitfähigkeit auf mindestens das 400 000fache gesteigert werden. Dann hätte man ein Verhältnis des Leitungstromes zum dielektrischen wie 10 : 1. Die Konstruktion des Diagramms lehrt, daß dies für eine kräftige Potentialsteuerung bereits ausreichend ist. Es tritt da allerdings sogleich das prinzipielle Bedenken auf, ob nicht die Leistungsaufnahme und Erwärmung durch diesen zur Potentialsteuerung erforderlichen Strom unzulässig hohe Werte annimmt. Die Durchrechnung für den eben begründeten Fall, daß sich der Leitungszum Verschiebungstrom wie 10 : 1 verhält, ergibt unter Annahme einer maximalen Feldstärke von 50 kV/cm eine Verlustleistung von einem bis einigen Watt/cm³. Das dürfte in der Tat bereits hart an der Grenze des Zulässigen liegen.

Aber noch ein anderes schwerer wiegendes Bedenken steht der praktischen Anwendung entgegen. Betriebstörungen infolge Versagens der Isolation entstehen in den seltensten Fällen dadurch, daß ein Isolator der normalen Betriebspannung nicht gewachsen ist. Vielmehr geht die Störung in der Regel von einer anormal hohen Beanspruchung, einer sogenannten Überspannung aus. Überspannungen sind aber stets hochfrequenter Natur. Das gilt insbesondere von der gefürchtetsten Form der Überspannung, den Wanderwellen mit steiler Stirn, den sogenannten Sprungwellen, wo wir es mit ganz außerordentlich schnellen Spannungsänderungen zu tun haben. Wenn wir also die Leitfähigkeit unseres Dielektrikums so bemessen, daß wir bei 50 Hz einen Leitungstrom vom 10fachen des Verschiebungstromes haben, so wird im Falle des Einbruchs einer Sprungwelle auf einen solchen Isolator die Spannung sich doch rein dielektrisch verteilen. Gerade dieser besonders gefährlichen Beanspruchung gegenüber versagt also die Potentialsteuerung. Eine Steigerung der Leitfähigkeit auf ein solches Maß, daß auch bei derartigen hochfrequenten Beanspruchungen die Steuerung noch überwiegend vom Leitungstrom übernommen wird, ist vollends undiskutabel, da ja schon bei 50 Hz die Verluste unzulässig groß sind.

Die Schwierigkeit, den Leitungstrom größer machen zu müssen als den Verschiebungstrom, fällt weg, sobald es sich um Beanspruchung durch Gleichspannung handelt; denn bei Gleichspannung ist ein Verschiebungstrom überhaupt nicht vorhanden. Prinzipiell müßte also eine ganz geringe Leitfähigkeit schon ausreichen, um das Potential zu steuern. Wenn aber die Leitfähigkeit sehr klein ist, so gewinnen in steigendem Maße Zufälligkeiten der Oberfläche, Feuchtigkeitshäute und stärker leitende Verunreinigungen Einfluß auf die Potentialverteilung. Demgegenüber erscheint die Verwendung schwach leitender Stoffe von Vorteil, damit es wirklich der durch den vollen Querschnitt fließende Strom (die „Volumleitung") und nicht der von Zufälligkeiten abhängige Strom längs der Grenzfläche gegen Luft (die „Oberflächenleitung") ist, der die Verteilung schafft. Doch ist auch bei Gleichspannung — wenigstens soweit es sich um Hochspannung handelt — das oben angeführte Bedenken geltend zu machen, daß Überspannungen und Überschläge auch hier hochfrequenter Natur sind, so daß auch hier wieder die gleiche Schwierigkeit besteht.

Digitized by Google

Zusammenfassend ist also zu sagen, daß durch Verwendung schwach leitender Stoffe zum Isolatorenbau eine günstigere Verteilung der beanspruchenden Betriebspannung erzielt werden kann, daß dieser Vorteil aber gerade bei den besonders gefährlichen hochfrequenten Überspannungen wegfällt. Die Anwendung dieses Isolationsverfahrens dürfte sich daher auf Spezialfälle beschränken.

Eine andere Frage ist die, ob solche Isolatoren aus schwach leitendem Material nicht einen dämpfenden Einfluß auf Überspannungen auszuüben vermögen, indem der auftretende Leitungstrom einen Teil der Energie der Überspannungswelle verzehrt; doch soll die Untersuchung dieser Frage einer späteren Abhandlung vorbehalten bleiben.

Ein Rechenschieber für das Rechnen mit komplexen Größen.

Von W. H. Grinsted, London.

Übersicht. Es wird ein Rechenschieber beschrieben, der das Rechnen mit komplexen Größen erleichtert. Die Umrechnung von der Form $a + ib$ in die Form $Re^{i\varphi}$ und umgekehrt wird mittels der Beziehungen $R = a \sec \varphi$, $b = a \operatorname{tg} \varphi$ schnell und genau durchgeführt.

Ein vom Verfasser entworfener Rechenschieber erleichtert die Umrechnung komplexer Größen von der Form $a + ib$ in die Form $Re^{i\varphi}$ und umgekehrt. Soll z. B. der Ausdruck

$$Z = Z_3 + \frac{Z_1 Z_2}{(Z_1 + Z_2)}$$

ausgerechnet werden, worin Z_1, Z_2, Z_3 komplexe Größen sind, so müssen zunächst Z_1 und Z_2 auf die Form $a + ib$ gebracht werden, um die Addition $Z_1 + Z_2$ ausführen zu können. Die Ergebnisse werden dann auf die Form $Re^{i\varphi}$ gebracht, um den Ausdruck $Z_1 Z_2/(Z_1 + Z_2)$ auszuwerten. Dieser Ausdruck und die Größe Z_3 müssen dann jeder auf die Form $a + ib$ gebracht werden, um die Addition zu ermöglichen. Dann ist noch eine endgültige Umrechnung notwendig, um Z in der Form $Re^{i\varphi}$ zu erhalten.

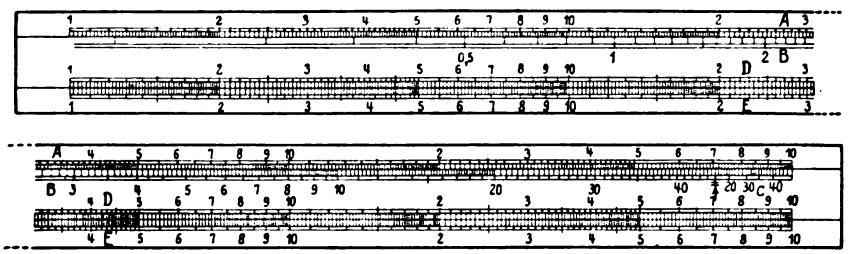


Abb. 1. Verkleinerte Wiedergabe des Rechenschiebers.

Die Umrechnung von der einen auf die andere Form wird gewöhnlich auf Grund folgender Beziehungen durchgeführt:

$$R = \sqrt{a^2 + b^2}, \quad \varphi = \operatorname{arc\,tg} \frac{b}{a}, \quad a = R \cos \varphi, \quad b = R \sin \varphi.$$

Diese Umrechnungen machen eine mehrfache Benutzung trigonometrischer Tafeln notwendig und sind außerordentlich zeitraubend. Der Grinstedsche Rechenschieber für das Arbeiten mit komplexen Größen gestattet die Umrechnung ohne Benutzung von Tafeln in kürzester Zeit mit dem geringsten Aufwand.

Prinzip des Rechenschiebers.

Der Rechenschieber benutzt die folgenden Beziehungen:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{b}{a}, \quad R = a \sec \varphi, \quad a = \frac{R}{\sec \varphi}, \quad b = a \operatorname{tg} \varphi.$$

Werden komplexe Größen in der Form $a + ib$ angeschrieben, so wird gewöhnlich die größere Komponente mit größerer Genauigkeit angegeben als die kleinere, besonders in dem Falle, wo eine große Ungleichheit besteht. Man zieht es daher vor, R aus der größeren Komponente zu berechnen und bei der Umkehrung lieber die kleinere aus der größeren als die größere aus der kleineren zu ermitteln. Dies wird dadurch erzielt, daß das Komplement von φ benutzt wird, und zwar in allen den Fällen, wo $\varphi > 45°$, d. h. wenn $b > a$ ist.

Beschreibung.

Abb. 1 zeigt den neuen Rechenschieber[1]. Die Arbeitsweise ist folgende: Die Skala A ist eine logarithmische Skala über 3 Dekadenbereiche, damit auch so kleine Werte wie $\operatorname{tg} 0{,}1° = 0{,}001\,745$) berechnet werden können. Auch die Skala B ist eine logarithmische Skala der Tangentenwerte. Ihre „1"-Marke entspricht dem $\operatorname{tg} 45°$ auf der rechten „Pfeillinie". Die Skala C ist eine logarithmische Skala der Sekantenwerte von 0° bis 45°. Ihre „1"-Marke entspricht dem sec 0° ebenfalls auf der „Pfeillinie". Da die Werte von sec φ zwischen 0° und 45° wenig verschieden sind (von 1,000 bis 1,414), ist die Sekantenskala sehr kurz. Dies beeinflußt jedoch die Genauigkeit nicht, da die Skala in keinem Falle für die Bestimmung der Winkel benutzt wird. Soweit es sich um die numerischen Werte handelt, ist der prozentuale Fehler für einen gegebenen linearen Fehler auf jedem Teil der Skala gleich, da diese Werte auf der Logarithmenskala A abgelesen werden. Die Skalen D und E sind gewöhnliche logarithmische Rechenschieberskalen und nur für den Zweck vorgesehen, die Multiplikation usw. zu ermöglichen, ohne daß ein besonderer Rechenschieber notwendig wird. Sie haben dieselbe Basis wie die Skala A, so daß Ablesungen von der einen Skala auf die andere ohne weiteres mittels des Läufers übertragen werden können. Der Rechenschieber arbeitet folgendermaßen.

Umrechnung von $a + ib$ in $Re^{i\varphi}$.

Man stelle die Pfeillinie auf die größere und den Läufer auf die kleinere Komponente der Skala A ein, wobei die Dekaden genau zu beachten sind. Dieser Vorgang entspricht der Division der größeren Komponente durch die kleinere. Ist $a > b$, so lese man φ auf der Skala B unter dem Läufer ab. Ist $b > a$, so ist der auf diese Weise bestimmte Winkel das Komplement von φ. — Man stelle den Läufer auf denselben Winkel auf Skala C ein. Dies bedeutet die Multiplikation der größeren Komponente mit sec φ. Man lese jetzt R auf Skala A unter dem Läufer ab.

Umrechnung von $Re^{i\varphi}$ in $a + ib$.

Man stelle den Läufer auf den Wert R auf Skala A ein. Ist $\varphi < 45°$, so stelle man φ auf Skala C unter dem Läufer ein; ist $\varphi > 45°$, so benutze man das Komplement von φ, dies bedeutet die Division R : sec φ. Man lese die größere Komponente auf der Skala A gegenüber der Pfeillinie ab. — Man stelle den Läufer auf denselben Winkel auf Skala B ein. Dies bedeutet die Multiplikation der größeren Komponente mit $\operatorname{tg} \varphi$. Man lese die kleinere Komponente auf Skala A unter dem Läufer ab. — Man erkennt, daß die Skalen und die Ausführung der Division $b : a$ so beschaffen sind, daß nur eine Einstellung notwendig ist. Die beiden gesuchten Werte (a und b oder R und φ) werden durch nur zwei Läuferbewegungen abgelesen. Die Ausführung der Rechnung ist daher mit dem geringsten Aufwand gesichert.

Vorzüge.

Die Verwendung dieses Rechenschiebers bietet ein Umrechnungsverfahren, das schnell, bequem, mindestens ebenso genau wie mit einem gewöhnlichen Rechenschieber und gleich genau über den ganzen Arbeitsbereich ist. In dieser Beziehung ist der neue Rechenschieber denjenigen Methoden, die auf Grund des Prinzips des rechtwinkligen

[1] Der Rechenschieber wird geliefert von John Davis & Sons, All Saints' Works, Derby (England).

Digitized by Google

Dreiecks arbeiten, überlegen, da diese Methoden im Gebrauch umständlich sind und Ungenauigkeiten besonders dann zulassen, wenn φ in der Nähe von 0° oder 90° liegt.

Arbeitsbereich und Genauigkeit.

Der Rechenschieber läßt ein Arbeiten mit Winkelgrößen zwischen 0,1° und 90° und mit numerischen Werten beliebiger Größe zu, vorausgesetzt, daß das Verhältnis $b : a$ nicht kleiner als 0,001 ist. Die Genauigkeit ist für den ganzen Bereich der numerischen Werte und Winkel gleichbleibend. Die folgenden Beispiele geben eine Vorstellung von der erreichten Genauigkeit.

Beispiele für die Genauigkeit des neuen Rechenschiebers.

$4976 + i\,219$	R	φ
berechnet mit dem Rechenschieber	4980	2,51°
berechnet mit Hilfe siebenstelliger Tafeln .	4980,7	2,52°
$38\,592 + i\,4925$		
berechnet mit dem Rechenschieber	38 900	7,27°
berechnet mit Hilfe siebenstelliger Tafeln .	38 905	7,273°
$293{,}41 + i\,264{,}79$		
berechnet mit dem Rechenschieber	395,2	42,0°
berechnet mit Hilfe siebenstelliger Tafeln .	395,22	42,065°

Kann ein Radioempfänger die zu bestimmten Zeiten festgesetzten Sendungen auch selbsttätig aufnehmen und aufbewahren?

Durch Kombination einer der gebräuchlichen Rundfunk-Empfangschaltungen mit einem nach dem Poulsenschen Telegraphonprinzip[1] arbeitenden Stahlschreiber kann man gewünschte Rundfunk-Programmfolgen zu bestimmten, wahlweise festgesetzten Zeiten durch das Telegraphon aufzeichnen lassen, ohne daß währenddessen eine Bedienung der Empfangsanlage erforderlich ist.

Zwei Läuteräder eines einfachen Weckers werden gemeinsam durch ein Uhrwerk angetrieben und besorgen die Ein- und Ausschaltung der Apparatur, indem sie während dieser beiden Augenblicke Federbewegungen auslösen, die wir zur Schließung und Öffnung des Netzstroms, der die Gesamtapparatur speist, benutzen können. In der Schaltung Abb. 1 dienen die Magneten M_1 und M_2 mit ihrem gemeinsamen Anker L, der mit D eine zu AB parallel liegende Kontaktstelle bildet, mit Hilfe der Stromkreisschließung durch die Feder F_1 der Einschaltung, durch F_2 der Ausschaltung der Anlage. Die Läuteräder müssen hierbei so bemessen sein, daß sie die Federn nach kurzer Zeit wieder von ihren Kontaktstellen AB bzw. EF abheben. Der Gleichrichter G_1 liefert hauptsächlich den Anodenstrom für den Empfänger, G_2 führt seinen Strom dem Motor M, der das Telegraphon treibt, über eine vorgeschaltete Hochfrequenzdrossel zu. — Übrigens sei hier bemerkt, daß bei diesem engen Zusammenbau von Empfänger und Telegraphon in der Praxis nur in Sendestädten, also bei großer Empfangsintensität, ein störungsfreies Zusammenarbeiten von Empfänger und Motor zu erwarten ist. — Zur selbsttätigen Umschaltung des Motors sind die Kontaktstellen H und I des Schalters S_2 vorgesehen, der von den seitlich befindlichen Magneten M_5 und M_6 beeinflußt wird. Diese Magneten werden durch den Strom wirksam, den sie über die feststehenden Zungenpaare Z_2 und Z_4 und über die beweglichen Paare Z_1 und Z_3 auf dem Rade K im Moment deren gegenseitiger Berührung vom Gleichrichter G_1 erhalten. Dem Besprechungsmagnet M_3 und dem Reinigungsmagnet M_4 des Telegraphons wird zur Erregung gereinigter Strom von G_2 zugeführt. Eine Klingel Kl, parallel zu M_5, meldet den Beginn der Vorwärtsbewegung des Telegraphons — die Rückwärtsbewegung ist in der Schaltung festgehalten.

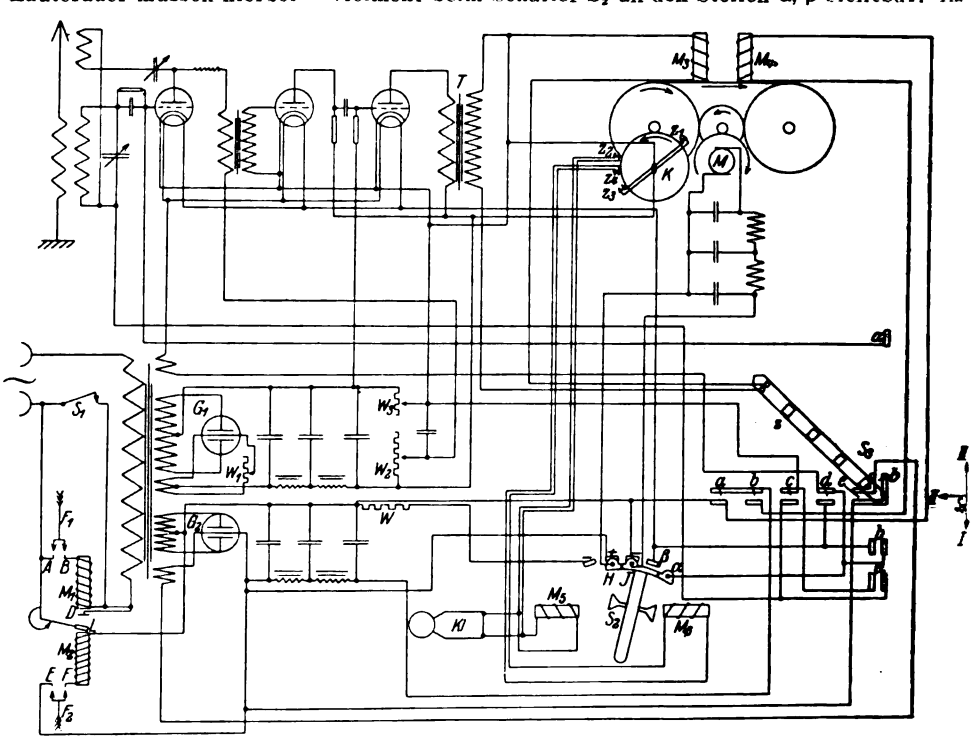


Abb. 1. Vollständige Schaltung des Telegraphon-Empfängers.

Die drei Arbeitsmöglichkeiten des Empfängers, nämlich der einfache Hörempfang, zweitens der Hörempfang unter gleichzeitiger Aufzeichnung durch das Telegraphon, und die Wiedergabe des Aufgenommenen entsprechen den Schalterstellungen I, II, III des Schalters S_3. Bei den einzelnen Stellungen sind Kontaktpaare a, b, c usw. sichtbar, die durch Kurzschlußstückchen, die auf der Zunge Z befestigt sind, leitend miteinander verbunden werden können. Betrachten wir zunächst Stellung II, so sehen wir, daß bei a der Besprechungsmagnet M_3 mit der Sekundärseite des Transformators T an seine Stromquelle (G_2) geschlossen ist, ebenso ist M_4 durch b in Tätigkeit, so daß das Stahlband kurz vor der Aufnahme neutral wird. Das Paar c verbindet den Schwingungskreis des Empfängers mit der Röhre, was ja bei der Wiedergabe nicht sein darf. Die Kontaktstellen d schließen den Heizstromkreis des Empfängers, durch e wird der Heizstromkreis für den Gleichrichter G_2 geschlossen, damit der Motor läuft.

Bei der Wiedergabe muß nun der Reinigungsmagnet außer Tätigkeit treten, zweitens der Empfangskreis unterbrochen sein, damit der Sender das Aufgenommene nicht überlagert, schließlich darf der Empfänger, den wir bei der Wiedergabe unbedingt als Verstärker brauchen, nur bei der Vorwärtsbewegung des Telegraphons in Tätigkeit sein, da sonst das Aufgenommene bei der Rückwärtsbewegung auf den Kopf gestellt, also umgekehrt wiedergegeben werden würde. In Stellung III sind daher keine Schließkontakte für die Heizstromleitung vorhanden, diese sind vielmehr beim Schalter S_2 an den Stellen α, β sichtbar. Im übrigen bleibt bei der Stellung III durch b der Motor in Betrieb, bei a ist nur ein einziger Kontakt vorhanden, der das untere Spulenende von M_3 direkt mit dem Gitter der ersten Röhre verbindet, während das obere Spulenende über eine Sonderleitung direkt zur Kathode führt. Die Umgehung der Sekundärseite von T ist wegen der sonst eintretenden Selbsterregung in der Wirkungsrichtung: M_3—Verstärker—T—Verstärker—T usw. unbedingt erforderlich.

Stellung I sichert den einfachen Hörempfang, Gleichrichter G_2 ist deshalb außer Betrieb. Durch b ist der Empfänger in Tätigkeit, bei a ist der Empfangskreis an die erste Röhre geschaltet.

Werner Holz, Berlin.

[1] Vgl. ETZ 1903, S. 752; 1922, S. 1386; ferner auch ETZ 1930, S. 449.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Apparate.

Hängende Kaskadenspannungswandler. — Die konstruktive Ausbildung, d. h. die senkrechte Übereinanderanordnung der einzelnen Kaskaden-Transformatorenglieder in stehender oder hängender Ausführung mit ein- oder mehrteiligem Isoliermantel für die Einzelglieder oder für alle gemeinsam ist bereits im Jahre 1920 (DRP.) vorgeschlagen worden. Die stehende Bauart ist bereits seit einiger Zeit durch Veröffentlichungen[1] und Lieferungen bekannt. Die hängende Ausführung kennzeichnet sich dadurch, daß die Einzelapparate wie die Glieder einer Hängekette aufgehängt werden. Hierbei sind nach Abb. 1 für 110 kV Betriebspannung 3 Einzelapparate hintereinandergeschaltet. Die Hochspannungswicklungen sind hintereinander zwischen Hochspannungsleitung und geerdeten Aufhängepunkt geschaltet. Der Anfang der Wicklung jedes Einzelgliedes ist mit der zugehörigen Armatur verbunden und das Ende am Klöppel angeschlossen. Die Niederspannungswicklung für 100 V liegt auf dem obersten Kern, ist für 2500 V Prüfspannung isoliert und durch zwei Klemmen herausgeführt. Damit nun die beiden vorgeschalteten Apparate nicht als Drosselspulen wirken, wird jeder mit einer Sekundärwicklung versehen, die ihrerseits auf eine Hilfsprimäre des nachfolgenden Apparates arbeitet und somit eine ordnungsgemäße Transformation bewirkt. Hierbei ist besonders darauf geachtet, daß die Streuspannung zwischen den zwei bzw. drei Wicklungen niedrig ist, damit für die Genauigkeitsklassen 0.5 % und 1 %, also E und F, die für die Messungen notwendige Leistung abgenommen werden kann. Bei der lagenweisen Wicklung mit vom Kern aus steigendem Potential wird die Wicklungshöhe niedrig, die drei Wicklungen sind konzentrisch; es bestehen zwischen denselben keine Potentialdifferenzen, so daß sie über die ganze Länge gewickelt werden können, wodurch alle Möglichkeiten zur Verringerung der Streuspannung ausgenutzt sind.

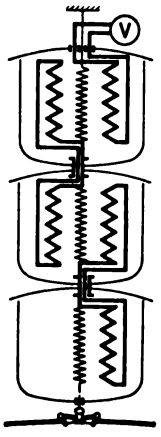


Abb. 1. Schema eines hängenden Kaskadenwandlers.

Aus Abb. 2 ist die Innenanordnung ersichtlich. Die Spule wird von einem Mantelkern getragen, der seinerseits direkt an dem runden Metalldeckel befestigt ist. Die Tragstützen liegen großflächig auf und ermöglichen eine gute Wärmeübertragung vom Kern zum Deckel. Der Deckel hat zum Einhängen des Tragklöppels eine Kappe ähnlich wie die Kappenisolatoren. Ihr Unterteil ist als Verschluß für das Meßkabel und als Schutz für die Sekundärklemmen ausgebildet. Das die Spannung gegen Erde führende Hochspannungsende ist mit dem hohlen Tragklöppel verbunden, in den ein Bolzen für den Anschluß der Übertragungswicklung isoliert eingepreßt ist. Die eine Verbindung mit dem nächsten Apparat stellt der Klöppel mit der Kappe dar. Der isolierte Bolzen wird mit dem innerhalb der Kappe durch eine Niederspannungsdurchführung herausgeführten zweiten Ende der Hilfssekundären verbunden. Der Klöppel wird über eine Traverse mit 4 Isolierstäben an den Kernarmaturteilen und über diese direkt mit den Tragkappen mechanisch verbunden, so daß das Gewicht des Leitungsseiles und der angehängten Apparate einwandfrei auf den Aufhängepunkt übertragen wird. Diese Anordnung hat weiter den nicht zu unterschätzenden Vorteil, daß die Apparate in offenem Zustande in der entsprechenden Anzahl aufgehängt, geprüft und auf die notwendige Klassengenauigkeit abgestimmt werden können. Ist dies geschehen, so werden die runden Isoliergehäuse übergeschoben und konzentrisch durch eine auf dem Klöppel sitzende Mutter an den Deckel unter Zwischenlage von Dichtungsmaterial angepreßt. Die Porzellanhaube ist also vom Zug entlastet. Auf die obere Dichtung wirkt nur der Druck des Öles, das in dem als Ölkonservator ausgebildeten Deckel enthalten ist. Die Ansicht eines 110 kV-Meßwandlers zeigt Abb. 3. Die Regenschutzschirme sind wie bei den Hängeketten an der Unterseite des Isolierkörpers angeordnet, so daß in Verbindung mit dem Mantel ein großer Überschlagsweg gebildet wird. Die Regenüberschlagspannung eines 30 kV-Gliedes beträgt etwa 110 kV und die einer dreigliedrigen Kaskade für 110 kV ist etwa 290 kV. An den Deckeln sind Eisenhohlringe angeordnet, um den Lichtbogen bei einem Überschlag vom Porzellan abzuhalten. Diese Ringe sind außerdem eine bequeme Handhabe beim Transport oder beim Hochziehen am Mast.

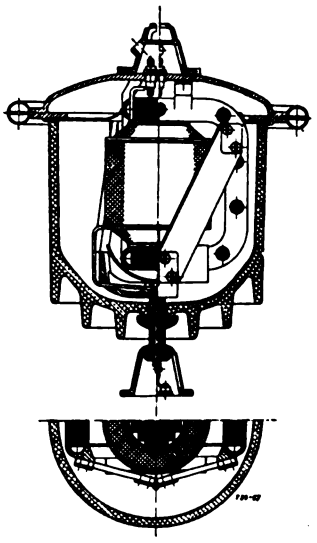


Abb. 2. Schnitt durch den Wandler.

Abb. 3. Ansicht des hängenden Kaskadenwandlers.

Diese hängende Anordnung dürfte in vielen Fällen, vor allem bei Platzmangel, den Einbau von Spannungswandlern ermöglichen. Die Spannungs-, Leistungs- und Gewichtsangaben enthält nachstehende Zahlentafel:

Gliedzahl	Nennspannung bis kV	kg netto	bei Sternspannung		
			Grenzleistung VA	VA in kl. E	VA in Kl. F
1	35	220	1000	200	800
2	70	440	2000	200	700
3	100	660	3000	180	600

Die Leistungsangaben beziehen sich auf die verkettete Spannung durch $\sqrt{3}$, da im Drehstromnetz drei Wandler im Stern mit geerdetem Nullpunkt Verwendung finden und demzufolge die Sternspannung die normale Betriebspannung ist. *fi*

Beleuchtung.

Ein direkt ablesbares lichtelektrisches Photometer zur fabrikmäßigen Messung von Glühlampen. — G. T. Winch beschreibt verschiedene Ausführungen des Photometers, bei denen eine rotempfindliche, gasgefüllte Photozelle benutzt wird, welche stärkere Ströme liefert als die Vakuumzelle. Bei der ersten Form befinden sich die zu prüfende Lampe und die Normallampe jede in der Mitte eines diffus weißen kubischen Raumes, während zwischen diesen beiden die Photozelle in einem dritten kleineren, ebenfalls weißen Kasten angeordnet ist. Durch zwei umlaufende Schieber wird dieser dritte Raum abwechselnd mit einem der beiden anderen Räume in Verbindung gesetzt und so die Zelle nacheinander von der Normallampe und von der zu prüfenden Lampe beleuchtet. Ist die Lichtstärke der beiden Lampen verschieden groß, so entsteht ein pulsierender Photostrom, der dem Gitter der einen von zwei in Brückenschaltung angeordneten Verstärkerröhren zugeführt wird. Der entsprechende Anodenstrom wird nach Transformierung durch einen rotierenden Kommutator

[1] Pfiffner, ETZ 1926, S. 44; Keinath, Siemens Z. Bd. 8, S. 629 (1928); Keinath, Die Technik elektrischer Meßgeräte Bd. 1, 1928, S. 775; Koch & Sterzel-Mitt. Juni 1929.

Digitized by Google

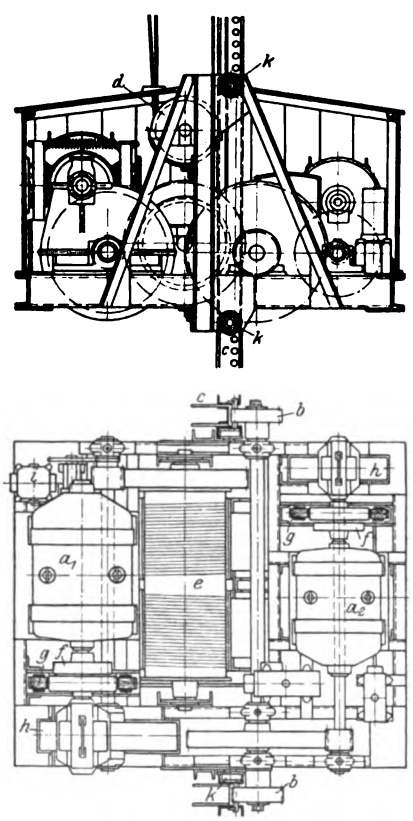
gleichgerichtet und mit einem Spiegelgalvanometer gemessen. Die Teilung der Skala ist in Lumen ausgeführt.

Bei den späteren Ausführungsformen konnten die rotierenden Teile vermieden werden, da die Photozelle verbessert wurde und ein gleichbleibendes Verhältnis zwischen Lichtstärke und Photostrom erwartet werden darf. Es sind hier nur zwei sich berührende, innen weiße Räume vorhanden; der größere enthält die zu prüfende Lampe, der kleinere die Photozelle. Das Fenster zwischen den beidon Räumen ist der Größe nach veränderlich und kann u. U. mit einem farbigen Lichtfilter versehen werden. Der Photostrom wirkt wieder auf das Gitter der einen Verstärkerröhre ein, während das Gitter der zweiten mit der ersten in Brückenschaltung verbundenen Röhre eine konstante Spannung erhält. Wird der Lichtzeiger bei verdunkelter Photozelle auf Null eingestellt, so wird ein Ausschlag entstehen, sobald die Zelle durch die Prüflampe beleuchtet wird. Dieser Ausschlag wird nun mit Hilfe eines Potentiometers, das ebenfalls auf das Gitter der ersten Röhre einwirkt, auf Null zurückgeführt. Da das Potentiometer direkt in Lumen geeicht ist, so läßt sich die Lichtstärke der Prüflampe ablesen, sobald der Lichtzeiger auf den Nullpunkt zurückgebracht ist.

Mit einem derartigen Photometer sind Glühlampen zwischen 80 und 1500 Lumen von 2350 °... 2700 ° Fadentemperatur mit großer Genauigkeit und Schnelligkeit zu messen. Die Resultate einer Reihe solcher photoelektrischer Messungen und der entsprechenden optischen Vergleichsmessungen werden mitgeteilt. (G. T. Winch, J. Inst. El. Engs. London Bd. 68, S. 533.) *Vge.*

Hebezeuge und Massenförderungen.

Kletterkatzen für Greiferdrehkrane. — Die im Aufzugbau übliche Anordnung, die halbe Nutzlast und das Fahrstuhlgewicht durch ein am Seil hängendes Gegengewicht auszugleichen und die Winde ortsfest einzubauen, läßt sich nicht ohne weiteres auf Drehkrane übertragen, da hier andere Belastungsverhältnisse vorliegen und die Höhen von Be- und Entladestelle meistens nicht gleich sind. Man erstrebt den Ausgleich neuerdings mit einer Kletterkatze, die gleichzeitig Winde und Gegengewicht der Last sowie Ausgleichgewicht für den Ausleger ist und an einer Zahnstange auf- und abklettern kann. Abb. 4 stellt die Bauart ATG—Bernhard dar. Die schematische Abb. 5 läßt die Wirkungsweise erkennen. Der Klettermotor a_2 steuert den Greiferkopf, während der untere Rollenblock des Greifers durch den Hubmotor a_1 beeinflußt wird, ohne daß eine zwangläufige Abhängigkeit zwischen Kletter- und Trommelbetrieb besteht. Während zum Öffnen und Schließen des Greifers die vom Motor a_1 angetriebene Seiltrommel dient, arbeiten zum Heben der Last beide Motoren. Der Greifer kann während des Hebens mit der halben Hubgeschwindigkeit geöffnet werden, wenn die Katze abwärts geht und die Trommel hierbei relativ zur Katze feststeht. Ein schnelleres Öffnen beim Aufwärtsgehen ist dadurch möglich, daß die Katze abwärts geht und die Trommel sich im Senksinne dreht. Um den Greifer zu schließen, muß a_1 von Senken auf Heben geschaltet und a_2 abgestellt werden. Die Endlagen sind durch selbsttätige Endausschalter gesichert. Bei einem Greiferkran mit einziehbarem Ausleger wird außer der beschriebenen Kletterkatze noch eine kleine Einzieh-Kletterkatze eingebaut, deren Gerüst am drehbaren Ausleger hängt. (J. M. Bernhard, Z. VDI Bd. 73, S. 1525.) *Ka.*



a_1	Hubmotor	f	nachgiebige Motorkupplungen
a_2	Klettermotor	g	Magnetbackenbremsen
b	Kletterritzel	h	öldichte Radkästen
c	Zahnstange	i	Hubendschaltung
d	Seilrolle	k	Führungsrollen
e	Trommel		

Abb. 4. Zweimotoren-Kletterkatze für Greiferbetrieb ohne Schnellsenken.

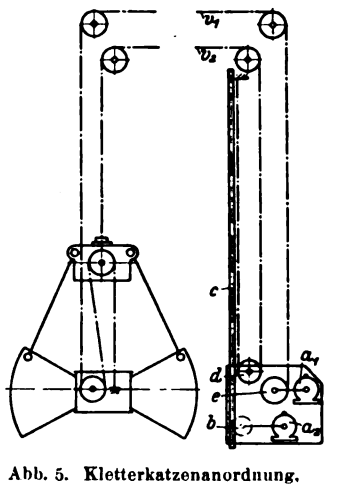


Abb. 5. Kletterkatzenanordnung, schematisch.

Bergbau und Hütte.

Gründe für die zahlenmäßige Abnahme der Schrämmaschinen im Ruhrbezirk. — Wenn die Zahl der im Betrieb befindlichen Großschrämmaschinen des Ruhrbezirks von 605 im Jahre 1925 auf 223 im Jahre 1928 gesunken ist (Abb. 6), so liegen die Gründe hierfür einerseits im Bergbau, anderseits bei den Maschinen und ihren Herstellern. Zur Zeit der Einführung der Großschrämmaschinen kaufte man letztere, wie man etwa Rutschenbleche kauft, gleich paar- oder gar dutzendweise, ohne sich zu fragen, ob die Vorbedingungen für ein erfolgreiches Arbeiten damit gegeben waren. Zu dem Mangel an Erfahrung im maschinenmäßigen Schrämmbetrieb kam noch der Umstand, daß die maschinenmäßige Gewinnung eine entsprechende Vorrichtung, einen besonderen Zuschnitt des Abbaufeldes zur Voraussetzung hatte; vor kurzen Stößen ließen sich die Schrämmaschinen naturgemäß nicht ausnutzen, und die erwartete Selbstkostenverminderung blieb aus. Betriebstörungen, verursacht durch unsachgemäße Behandlung oder durch Konstruktionsfehler der ersten Maschinen, wirkten nach derselben Richtung. Auch verkauften die Hersteller sehr oft den

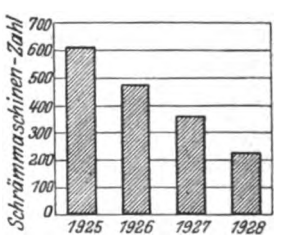


Abb. 6 Im Ruhrgebiet betriebene Großschrämmaschinen.

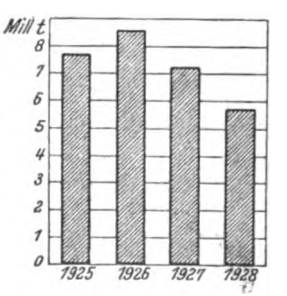


Abb. 7. Mit Großschrämmaschinen gewonnene Kohlenmengen.

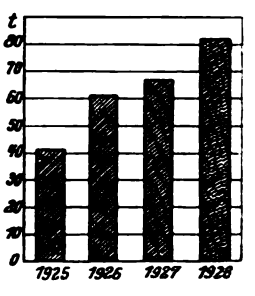


Abb. 8. Arbeitstägliche Durchschnittsleistung.

Digitized by Google

Gruben Maschinen, ohne daß die Frage, ob sich der Zustand der Abbaue für ihre Verwendung eigne, genügend geprüft worden war. So kam der unvermeidliche Rückschlag. Dann aber paßte man die Betriebe und deren Organisation den Maschinen an, und diejenigen Gruben, die dies taten, erlebten keinen Rückschlag. Aus der zahlenmäßigen Abnahme der Schrämmaschinen folgern zu wollen, daß diese Maschinengattung sich für den Ruhrbergbau nicht eigne, wäre ein Trugschluß. Die mit Großschrämmaschinen gewonnenen Kohlenmengen sind nämlich, wie aus Abb. 7 ersichtlich, im Gegensatz zu der Abnahme der Maschinenzahl nicht annähernd im gleichen Verhältnis zurückgegangen, und der Ausnutzungsgrad der Maschinen läßt sogar einen erheblichen Fortschritt erkennen: die arbeitstägliche Durchschnittsleistung (Abb. 8) ist nämlich von 41,3 t im Jahre 1925 auf 82 t im Jahre 1928 gestiegen. (K. H. Ströd-ter, Glückauf Bd. 65, S. 1670.) *Ka.*

Ein neuer elektrischer Teufenanzeiger für Förderanlagen. — Der bisher in Förderanlagen ausschließlich benutzte mechanische Teufenanzeiger hat infolge der Tatsache, daß er lediglich mit der Fördermaschine gekuppelt ist, den Mangel, daß er eigentlich nur den von der Seil-

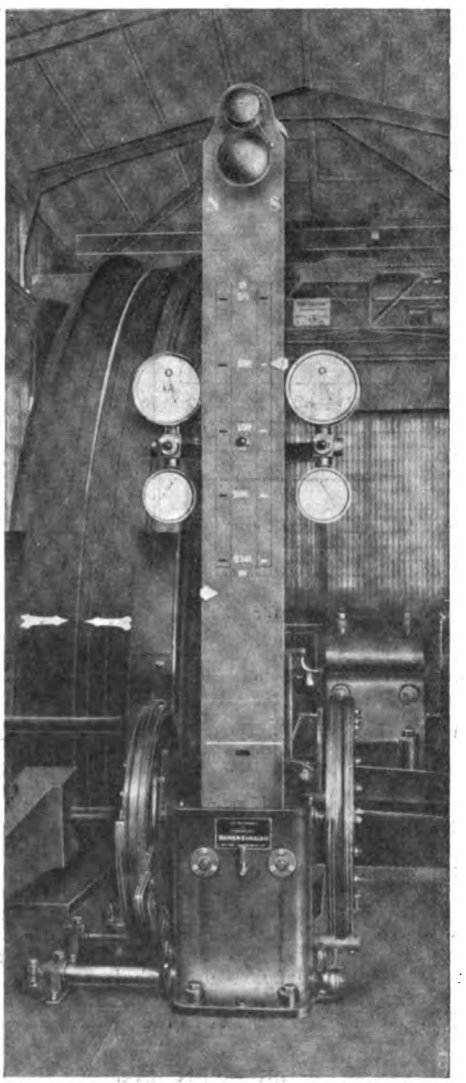


Abb. 9. Teufenanzeiger.

scheibe zurückgelegten Weg und nicht unmittelbar die Stellung der Förderkörbe anzeigt. Bei einer Beschädigung an der Kupplung zwischen Maschine und Teufenanzeiger oder bei einem Seilrutsch kann die Anzeige oft erheblich vom wahren Stand der Körbe abweichen. Durch „Übertreiben" des aufgehenden Korbes sind bei nicht richtig arbeitendem Teufenanzeiger schon schwere Unglücksfälle entstanden, indem der Korb gegen das Gerüst schlug und das Seil zerriß. Der an sich naheliegende Gedanke, vom Korb auf mechanischem Wege Kontakte im Schacht betätigen und über diese Signallampen an der Fördermaschine einschalten zu lassen, erwies sich als undurchführbar, da selbst schwerste Kontaktbauarten dem Anprall des Korbes auf die Dauer nicht standhielten. Nach einer Anregung von Bergassessor Bruch, Direktor der Schachtanlage „Minister Stein", führte die Siemens & Halske AG. daher einen nach einem anderen Prinzip arbeitenden Teufenanzeiger aus, der schon seit längerer Zeit am Schacht „Emil Kirdorf" der Schachtanlage „Minister Stein" in Betrieb ist und sich in jeder Hinsicht gut bewährt hat. Bei dem neuen Teufenanzeiger wird die vor dem aufgehenden Förderkorb entstehende Luftdruckwelle zur Betätigung von Membrankontakten benutzt, die im Schacht verteilt sind. Ein solcher Membrankontakt enthält als wesentlichen Bestandteil eine in Gummiringe eingespannte Metallmembran von etwa 200 mm Dmr. Über der Mitte der Membran sitzt in wasserdichtem Gehäuse ein Federkontakt, dessen Empfindlichkeit durch eine von außen zugängliche Schraube eingestellt werden kann. Nach unten läuft das Gehäuse in einen etwa 600 mm langen Trichter aus, der die Membran schützt und als Windfang dient. Die Wirkungsweise des Membrankontaktes ist so, daß beim Vorbeifahren des Korbes die Mitte der Membran etwas eingedrückt wird, wodurch der Federkontakt geschlossen und, evtl. über ein Relais, eine Signallampe eingeschaltet wird. Vor der endgültigen Ausführung wurde eine solche Anordnung in monatelangem Dauerbetrieb erprobt. Es ergab sich ein vollkommen sicheres Arbeiten bis herab zu einer Korbgeschwindigkeit von nur 4 m/s, wobei die Genauigkeit bis auf wenige Zentimeter stimmte. Nach Durchführung der Versuche wurden in jedem Förderturm 5 Kontakte in 50, 100, 150, 200 und 250 m Teufe eingebaut, während die zugehörigen Signallampen am Gerüst des mechanischen Teufenanzeigers vorgesehen wurden (Abb. 9). Sie werden durch einen Holzstreifen mit Schlitzen abgedeckt; dieser ist verschiebbar, um Abnutzungen des Holzbelages der Seilscheibe usw. ausgleichen zu können. Die Lampen werden nicht unmittelbar von den Membrankontakten, sondern über Relais eingeschaltet. Durch einen Schleifkontakt am Steuerhebel der Fördermaschine wird infolge der Hebelbewegung jeweils die Schachtkontaktreihe des Fördertrums an die Stromquelle — 24 V-Batterie — gelegt, in dem sich der Korb aufwärts bewegt. Die Relais halten die eingeschalteten Lampen so lange unter Strom, bis der Fördermaschinist nach Beendigung des Zuges den Steuerhebel in die Mitte zurücknimmt. Sie leuchten also der Reihe nach auf und erlöschen gleichzeitig beim Stillstand der Maschine. Aus der Anordnung der Signallampen am Gerüst des mechanischen Teufenanzeigers ergibt sich, daß seine Wandermarke die Lampen gerade im Augenblick des Aufleuchtens passieren muß. Ist das nicht der Fall, so liegt entweder Seilrutsch oder eine Störung der Kupplung zwischen Teufenanzeiger und Fördermaschine vor. Der neue elektrische Teufenanzeiger überwacht also gleichzeitig auch den mechanischen Teufenanzeiger. (Siemens-Z. Bd. 10, S. 542.) *Jkl.*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

Eine neuartige Brücke für das Lechersche Paralleldrahtsystem. — Die Brücke besteht aus zwei dünnen Metallflächen hoher Leitfähigkeit, die durch eine gute und sehr dünne Isolierschicht mit hoher Dielektrizitätskonstante, z. B. Glimmer, voneinander getrennt sind. Jede Belegung dieser „Kondensatorbrücke" steht nur mit einem der beiden Drähte des Lecher-Systems in leitender Verbindung; beide Verbindungstellen sind in einer senkrechten Querschnittsebene durch das Paralledrahtsystem angeordnet. Der Gleichstromkomponente des Gleichrichterstromes ist der Weg über die Kondensatorbrücke gesperrt, die Paralleldrähte des Lecher-Systems können als Zuleitungen zum Meßinstrument verwendet werden, das vorteilhaft am Systemende, entfernt von den Systemfeldern, aufgestellt und abgelesen werden kann und von wo aus auch die Bedienung der Brücke erfolgt. (J. E. Scheel, Arch. El. Bd. 22, H. 6, S. 632.)

Die Entwicklung der Oxydkathode. — Nach einem geschichtlichen Überblick über die Entwicklung der Theorie der Elektronenemission in Glühkathodenröhren (Wehnelt, Richardson, Schottky, Laue, Dushman) berichten die Verfasser über die Bemühungen von Koller, Espe, Wehnelt und Jentsch zur Ermittlung der Emissionskonstanten von Wolfram-, Thorium- und Oxydkathoden, die zu wenig übereinstimmenden Ergebnissen führten. Neben die thermionische trat die chemische Theorie (Haber, Just, Fredenhagen), um die Emission der Oxydkathoden befriedi-

Digitized by Google

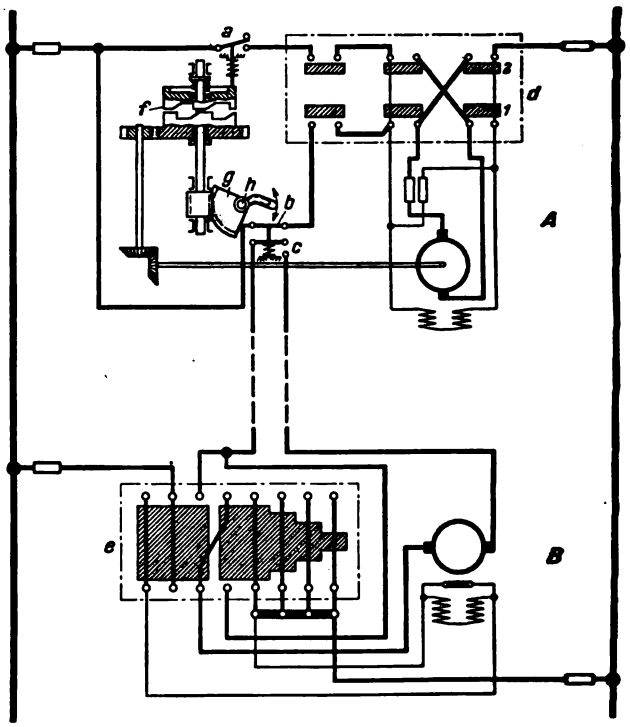
gender zu erklären: Bariumoxyd wird elektrolysiert in Barium und Sauerstoff. Von dem letzteren entweicht nur ein kleiner Teil ins Vakuum, der Rest vereinigt sich wieder mit dem schon gebildeten Barium und bildet erneut Bariumoxyd. Hierbei werden Elektronen ausgesandt. Die jetzige Anschauung geht nun dahin, daß es sich bei Wolfram vorwiegend um thermionische Emission handelt; bei Bariumoxyd dagegen wird durch Elektrolyse der Sauerstoff befreit, das Metall diffundiert allmählich an die Oberfläche und bildet dort kleine Inseln, welche die Emissionszentren im Sinne der Richardsonschen Theorie sind. Die Emission wird konstant, wenn Gleichgewicht zwischen der Verdampfung des Metalls und der durch den Emissionstrom unterhaltenen Neubildung von Inseln erreicht ist. Für diese Anschauung spricht die Beobachtung, daß eine solche Kathode teilweise deaktiviert wird, wenn sie längere Zeit ohne Anodenpotential, d. h. ohne Emissionstrom in Betrieb ist. Barton zeigte 1925 das Auftreten von Sauerstoffionen, wodurch das Freiwerden von Sauerstoff während der Aktivierung erwiesen war. Espe fand 1927 bei einer Mischung von Barium-, Kalzium- und Strontiumoxyd innerhalb von 5,5 h einen Emissionsanstieg von ⅓ mA auf 110 mA bei 1300 ° und 200 V Anodenspannung. Große Schwierigkeit machte die Beanwortung der Frage, warum das flüchtige Metall wie Barium bei der hohen Temperatur nicht verdampft. Beckers Versuche zeigten mit Cäsiumdampf und Wolframkathoden, daß Cäsium in Berührung mit Sauerstoff auf höhere Temperaturen gebracht werden kann, als wenn der Sauerstoff fehlt, u. zw. ohne daß das Cäsium verdampft.

Der zweite Teil der Arbeit behandelt die verschiedenen Herstellungsverfahren für Oxydkathoden, das Aufschmelzen einer Bariumverbindung (z. B. Bariumnitrat) auf einen Platin- oder Nickeldraht, das Aufbringen einer Paraffinpaste, welche eine Bariumverbindung enthält, das Verdampfen einer auf den Draht gestrichenen Bariumsalzlösung und schließlich das Niederschlagen von Barium auf dem Draht im Vakuum. Wegen des nur leichten Anhaftens der Schicht wird nach Ansicht der Verfasser die erstgenannte Methode kaum noch benutzt, häufiger dagegen die zweite. Man läßt die Paraffinpaste in geschmolzenem Zustande stehen, so daß sich die größeren Teilchen absetzen können und nur die feinen Teilchen auf den Draht gelangen. Der Paraffinträger wird verdampft, darauf der Faden auf 1000 ° erhitzt, so daß die emittierende Substanz auf den Draht sintert und das Karbonat in Oxyd gewandelt wird. Mit dieser Methode läßt sich ein gleichmäßiger Überzug herstellen, sofern er nicht zu stark gemacht wird, da sonst die Gefahr des Zerbrechens der Schicht in einzelne aneinandergereihte Zylinder besteht. Als Kern dient Platin oder Nickel. Bei beiden Methoden ist ein Schutz gegen Kohlendioxyd und Wasserdampf vor dem Evakuieren erforderlich. Bei dem dritten Verfahren wird der Draht 50 ... 100mal in die Salzlösung getaucht und dann in Kohlenoxydgas erhitzt. So entsteht eine Karbonatschicht. Bei geringerer Sorgfalt besteht auch hier die Gefahr der Perlenbildung. Nach der vierten Methode wird ein Stück Bariummetall an der Anode gegenüber dem Faden angebracht; wenn ein gutes Vakuum erreicht ist, wird die Anode, meist durch Hochfrequenzinduktion, erhitzt und das Metall verdampft. Dieses schlägt sich auf dem rotglühend erhaltenen Faden nieder, das Wolframoxyd wird reduziert und es bildet sich Bariumoxyd auf dem Faden. Es kann auch statt des Bariummetalls Bariumazidlösung (Verbindung von Barium und Stickstoff) auf die Anode gebracht werden, die bei etwa 225 ° in metallisches Barium und Stickstoff zerfällt.

Die drei ersten Methoden erfordern größte Sorgfalt beim Evakuieren, das zunächst unter Erhitzung des Fadens auf 900 ... 1000 ° ohne Anodenspannung vor sich geht. Dann wird die Anode durch Induktion oder Bombardement erhitzt. Mit zunehmender Aktivierung wird die Temperatur herabgesetzt; darauf folgt der Alterungsprozeß mit geheizter Kathode und positiver Anodenspannung. Bei der vierten Methode wird die Anode in der gleichen Weise erhitzt; während dieser Behandlung schreitet die Formierung des Fadens viel schneller fort als bei den andern drei Methoden. Dem Entstehen von Ungleichmäßigkeiten der Oxydschicht sucht man durch Verwendung von Kalzium- und Strontiumoxyd zusammen mit Bariumoxyd vorzubeugen. Bei dem Verdampfungsverfahren läßt sich die Schichtdicke überwachen; Messungen zeigten, daß die Schichtdicke einige hundert Moleküle beträgt. Die Emission erweist sich während erheblicher Zeiträume als konstant; so haben die Verfasser nach 1000 h keine Veränderung der Bariummenge feststellen können. Am Schluß verweisen die Verfasser auf das Handbuch der Experimentalphysik Bd. 13 von Schottky, Rothe und Simon, auf das sie sich weitgehend gestützt haben. (B. Hodgson, L. S. Harley u. O. S. Pratt. J. Inst. El. Engs. London Bd. 67, S. 762.) *Eg.*

Elektrische Antriebe.

Elektrischer Hobelmaschinenantrieb. — H. Gehle beschreibt die neuzeitlichen elektrischen Sonderantriebe für Hobelmaschinen und weist auch auf die mannigfaltigen Hilfsantriebe bei Hobelmaschinen hin. Eine elektrische Verriegelung zwischen der Verstellbewegung und Festspannung des Querbalkens ist in Abb. 10 zu sehen. Hier



a Hauptstrom-Endausschalter für Festspannen
b Hauptstrom-Endausschalter für Lösen
c Hauptstrom-Endausschalter für Verstellen
d Umkehrwalze von *A*
e Anlaßwalze für wechselnde Drehrichtung von *B*
f Ratschenkupplung, öffnet *a* bei ordnungsmäßigem Anpreßdruck der Spannvorrichtung
g Schnecke mit Zahnsegment, öffnet *b* und schließt *c*, wenn Festspannvorrichtung gelöst
h Welle der Festspannvorrichtung

Abb. 10. Verriegelung des Festspannmotors (*A*) mit dem Querbalken Verstellantrieb (*B*).

wird je ein besonderer Motor für die Verstellbewegung und Festspannung verwendet. Die Motoren werden durch Walzen geschaltet und durch Hauptstrom-Endausschalter derart untereinander verriegelt, daß der Querbalken nur dann verstellt werden kann, wenn die Festspannung vorher gelöst worden ist. Wird der Querbalken wieder festgespannt, wozu die Kontakte der Walze *d* auf Stellung 2 gebracht werden, so wird bei Erreichen des ordnungsmäßigen Anpressungsdruckes der Schalter *a* von der Ratschenkupplung *f* geöffnet und der Motor *A* stillgesetzt. (H. Gehle, Siemens-Z. Bd. 9, S. 720.) *Sb.*

Fernmeldetechnik.

Das einheitliche Fernkabelsystem. — Diese Frage ist Gegenstand einer Auseinandersetzung im Europ. Fernspr. zwischen R. Wicar und K. György (Budapest) einerseits und F. Lüschen (Berlin) anderseits. Wicar und Gyorgy legen zunächst ausführlich die Eigenschaften des bestehenden (amerikanischen) Systems I a und des neuen (deutschen) Systems II dar[1] und vergleichen dann beide miteinander in technischer und wirtschaftlicher Beziehung. Sie bezeichnen als Zweck des neuen Systems, durch Nutzbarmachung des Phasenausgleichs die schwach

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 983

Digitized by Google

belasteten Vierdrahtstromkreise, die in kurzen Abständen Verstärker erhalten müssen, überflüssig zu machen und führen dazu aus: Der Phasenausgleich gleicht zwar die Unterschiede in den Laufzeiten der übertragenen Frequenzen praktisch aus, aber er kompliziert die Anlage, verteuert den Betrieb und vermindert die Betriebsicherheit. Außerdem wird die ausgeglichene resultierende Laufzeit um etwa 50 % größer als die ursprüngliche Laufzeit der kleinen Frequenzen. Dementsprechend werden auch die Echostörungen heftiger, man muß schon auf viel kürzere Entfernungen Echosperren anwenden als sonst bei mittelstark oder gar bei schwach pupinisierten Leitungen. Die Zahl der erforderlichen Ausgleichelemente wird zwar durch die Erhöhung der Grenzfrequenz vermindert, aber doch nicht so, daß dadurch die erwähnten Schwierigkeiten behoben würden. Der zunächst bestechend erscheinende Vorteil der erhöhten Reichweite des neuen Systems wird bei genauer Prüfung der praktischen Verwendungsmöglichkeiten dadurch aufgehoben, daß sich das neue System teurer stellt als das alte. Es liegt daher kein Anlaß vor, die Nachteile des neuen Systems in Kauf zu nehmen. Das wirtschaftliche Ergebnis hängt im einzelnen Falle davon ab, welcher Anteil von Stromkreisen der höheren Leistung in einem gegebenen Kabel wirklich gebraucht wird. Stellt man diese Rechnung z. B. für das Kabel Budapest—Magyarovar an, bei dem die Verhältnisse für das neue System günstig liegen, so ergibt sich eine Verteuerung des neuen Systems um 8 % gegen das System I a.

Diesen Ausführungen gegenüber weist Lüschen in seiner „Antwort" darauf hin, daß der von ihm und Küpfmüller angegebene Vorschlag zur technischen Verbesserung der Pupinisierungsysteme I a und I b ursprünglich nur a) die Erhöhung der Grenzfrequenz und b) die Festsetzung der mittleren Dämpfung in einem Zweidrahtverstärkerfeld auf 1,4 Neper vorsah, aber noch nichts vom Phasenausgleich enthielt und auch nichts über die zu wählenden Leiterstärken. Die technischen Forderungen des Vorschlags lassen sich in vielen Variationen erfüllen, die den Bedingungen des Einzelfalls angepaßt werden können. Als ein solcher Einzelfall wäre vielleicht auch das Kabel Budapest—Magyarovar zu behandeln gewesen. Die für das neue System als Regel angenommenen Festsetzungen sind dadurch bestimmt, daß die vorhandenen Verstärkerämter benutzt werden sollten, der Abstand der Verstärkerämter also unverändert blieb. Das System verbessert die Sprechgüte und die Reichweite der Zweidrahtleitungen und der mittelstark belasteten Vierdrahtleitungen und gibt dadurch die Möglichkeit zu Ersparnissen. Wenn man berechnen will, wie das neue System sich im ganzen wirtschaftlich auswirkt, darf man nicht ein Kabel zugrunde legen, dessen Aufbau den Bedürfnissen des früheren Systems entspricht, sondern man muß auch die Änderungen in dem Verhältnis der Adernzahlen berücksichtigen, die sich durch Anpassung des Aufbaus der Fernkabel an das neue System ergeben haben. Z. B. tritt an Stelle des bisherigen Normalkabels B mit 40 Kreisen Zweidraht 1,4 mm und 62 Kreisen Vierdraht 0,9 mm (zus. 102 Kreisen) künftig das Fernkabel F mit 108 Kreisen Zweidraht 1,4 mm und 42 Kreisen Vierdraht 0,9 mm (zus. 150 Kreisen). Während bei dem Fernkabel B ein Stromkreis 1,19 Einheiten kostet, kommt er bei dem Fernkabel F auf 1,13 Einheiten zu stehen. Es ergibt sich also eine Ersparnis von 5 %.

Bei der Vergleichsberechnung für das Fernkabel Budapest—Magyarovar stellen sich nach Lüschen die Mehrkosten bei genauer Berechnung nicht auf 8, sondern auf 5 % und wenn man, wie es richtig wäre, auch die kapitalisierten Betriebskosten für die Verstärker mitrechnet, auf nur 1 %. Für diese Verteuerung von 1 % erhält man ein Kabel mit wesentlich besseren Übertragungseigenschaften. Durch eine Spezialausführung würde sich für diese Strecke vielleicht noch ein günstigeres Ergebnis erzielen lassen.

Wenn ein Fernsprechkreis auf große Entfernungen durch die Phasenverzerrung und die Echoerscheinungen unbrauchbar wird, gibt es zwei Wege, die Reichweite zu vergrößern: leichte Belastung oder Phasenausgleich. Der Phasenausgleich ist billiger wegen der Halbierung der Verstärkerkosten. Wenn dagegen angeführt wird, daß die Echoerscheinungen vergrößert werden, so trifft es nicht in dem behaupteten Umfange zu, es ist aber auch ohne Bedeutung, da in den Echosperren ein einfaches, billiges und betriebsicheres Abhilfemittel zur Verfügung steht. Als Schlußfolgerung ergibt sich:

Die mittelstark belastete Vierdrahtleitung mit Phasenausgleich ist billiger als ein leichtbelasteter Vierdrahtkreis; die gesamte Kabeldämpfung ist nur halb so groß, ebenso die Dämpfungschwankungen durch Temperatureinflüsse; die Verstärkerzahl ist die Hälfte, infolgedessen die Betriebsicherheit erhöht, nicht verringert. Die Einschwingvorgänge des Kabels einschließlich derjenigen der Verstärker werden ausgeglichen, daher ist bezüglich der Einschwingvorgänge die Reichweite unbegrenzt und beliebiges Zusammenschalten ausgeglichener Abschnitte möglich. Bei der leichten Belastung ist die Reichweite durch die Einschwingvorgänge begrenzt. Man hat ferner für alle sehr langen Fernleitungen einheitliche Stromkreise, wobei diejenigen, deren Übertragungseigenschaften infolge zu großer Länge nicht ausreichend sind, durch den Phasenausgleich brauchbar gemacht werden. Man wendet daher die Mehrkosten für den Phasenausgleich nur in denjenigen Fällen auf, wo es wirklich notwendig ist. Man kann sich so den jeweiligen Verkehrsverhältnissen mit einem Minimum an Kosten anpassen, während man bei der leichten Belastung gezwungen ist, schon bei der Verlegung des Kabels genügend viele schwach belastete Stromkreise vorzusehen. Die Unmöglichkeit einer genauen Vorausschätzung des späteren Bedarfs ergibt wirtschaftliche Nachteile. (R. Wicar u. K. György, Europ. Fernspr. 1930, H. 15, S. 9; F. Lüschen, S. 19.) *Bkm.*

Die Gegeninduktivität von Leitungen mit Erdrückleitung. — In der letzten Zeit ist diese Frage mehrfach theoretisch untersucht worden. Da alle diese Theorien gewisse Vereinfachungen machen müssen, da die Leitfähigkeit des Erdreichs in großen Tiefen unbekannt ist — die Gegeninduktivität zweier Leitungen mit Erdrückleitung hängt nicht nur vom Abstand, sondern auch

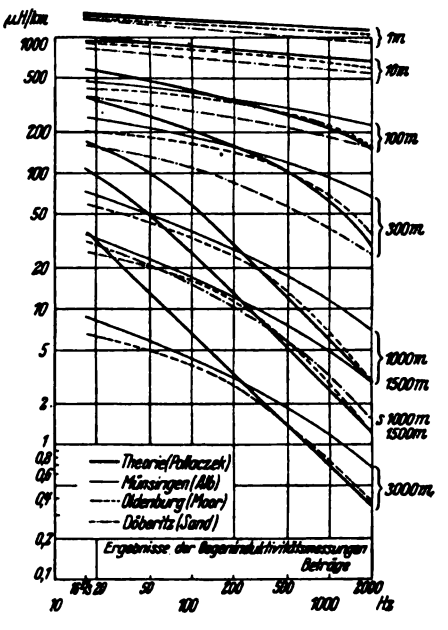


Abb. 11. Ergebnisse der Gegeninduktivitäts-Messungen.

von der Frequenz und von der Bodenleitfähigkeit ab — und da die zahlreich vorliegenden Messungen an zufälligen Näherungen keinen einwandfreien Vergleich mit der Theorie zulassen, sind schon 1925 von Siemens & Halske in Döberitz Messungen an besonders gebauten Leitungen durchgeführt worden[1]. Diese Messungen wurden 1928 vom Reichspostzentralamt gemeinsam mit Siemens & Halske weitergeführt. In zwei geologisch möglichst verschiedenen Gegenden, einem Moorgebiet nahe Oldenburg und in 800 m Höhe in der Rauhen Alb, wurden besondere Meßleitungen errichtet, an denen die Gegeninduktivität für Parallelführungen von 5 km Länge und für Abstände von 1 ... 3000 m im Frequenzbereich 16⅔ bis 2000 Hz bestimmt wurde. Der induzierende Strom in der „Starkstromleitung" von 2 ... 5 A wurde bei niedrigen Frequenzen von Motorgeneratoren, bei höheren von einem Röhrenverstärker geliefert. Zur Messung dienten in allen Fällen Kompensationsmethoden, aus denen sich Betrag und Winkel der Gegeninduktivität ergaben; bis 200 Hz wurde der Schleifdraht-Wechselstromkompensator von Geyger, von da ab aufwärts die Frankesche Maschine benutzt.

[1] A. Zastrow, El. Bahnen Bd. 2, S. 368 (1926). VDE-Fachber. 1926, S. 33.

Digitized by Google

Die Hauptergebnisse der Messungen sind zusammen mit den von Zastrow gefundenen Werten in Abb. 11 wiedergegeben. Der Vergleich mit verschiedenen Theorien zeigt, daß bei fester Frequenz die Abhängigkeit der Gegeninduktivität vom Abstand von der Theorie von Pollaczek—Carson gut wiedergegeben wird. Die Abhängigkeit von der Bodenleitfähigkeit läßt sich zahlenmäßig nicht nachprüfen; doch entspricht sie den Vorstellungen von der geologischen Beschaffenheit des Untergrundes. Die Abhängigkeit der Gegeninduktivität von der Frequenz bei festem Abstand wird dagegen bisher von keiner Theorie richtig dargestellt. Das liegt offenbar daran, daß in der Regel mit homogenem Erdreich gerechnet wird, während in Wirklichkeit Schichten verschiedener Leitfähigkeit vorhanden sind. Da die Rückströme und die Wirbelströme bei verschiedenen Frequenzen verschieden tief eindringen, ist die „wirksame" Leitfähigkeit frequenzabhängig; eine Theorie, die für alle Frequenzen mit der gleichen Leitfähigkeit rechnet, kann also keine vollkommene Übereinstimmung mit den Meßwerten ergeben. Bei den drei bisher vorliegenden Meßreihen ändert sich die „wirksame" Leitfähigkeit angenähert umgekehrt proportional mit der Wurzel aus der Frequenz. Sie liegt, nach Pollaczek berechnet, zwischen 10^{-12} und $30 \cdot 10^{-15}$ CGS.

Außer der Gegeninduktivität wurde noch die Induktivität von Leitungen mit Erdrückleitung, ihre Änderung durch Erdung einer benachbarten Leitung, die Induktivität von rechteckigen erdfreien Schleifen bis zu 3000 m Breite und die Beeinflussung von senkrecht zur Starkstromleitung verlaufenden Leitungen bestimmt. (H. Klewe, El. Nachr. Techn. Bd. 6, S. 467.) *Kl.*

Die Ausbildung der höheren Beamten des Fernmeldedienstes bei der Deutschen Reichspost. — Das Ausbildungswesen für die jungen Beamten des höheren Dienstes der Deutschen Reichspost ist kürzlich beim Reichspostzentralamt in einem Institut zusammengefaßt worden, das den Namen „Wissenschaftliches Seminar für den höheren Dienst der Deutschen Reichspost" führt. Das Institut hat zunächst die Aufgabe, den Anwärtern für den höheren Fernmeldedienst (Postreferendare, die die Dipl.-Ing.-Prüfung einer deutschen Techn. Hochschule auf dem Gebiet der Elektrotechnik bestanden haben) die Vervollständigung derjenigen Kenntnisse zu ermöglichen, die sie für ihre spätere leitende Tätigkeit als Fernmeldetechniker, als Betriebs- und Verwaltungsbeamte benötigen; außerdem soll das Institut auch Lehrgänge für die jungen Beamten des höheren Dienstes der übrigen Fachrichtungen veranstalten. Ein vollständiger Lehrgang für Anwärter des höheren Fernmeldedienstes wird künftig 12 Monate umfassen und in zwei aufeinanderfolgenden Winterhalbjahren abgewickelt werden. Als Dozenten sind Beamte des höheren Dienstes des Reichspostministeriums, des Reichspostzentralamts und der Oberpostdirektion Berlin, ferner Professoren der Universität, der Techn. Hochschule und der Handelshochschule Berlin vorgesehen; den Hochschuldozenten werden Vorträge über grundlegende allgemeine Wissenschaften, den Beamten der Deutschen Reichspost Vorträge über engere Fachgebiete übertragen. Der Lehrplan für den Jahreslehrgang umfaßt einen technischen Teil, einen betriebs- und verwaltungswissenschaftlichen Teil, ferner seminaristische und Laboratoriumsübungen sowie endlich Unterricht in der französischen und englischen Sprache. Im technischen Teil werden die theoretischen Grundlagen der Fernmeldetechnik (wie z. B. bestimmte Kapitel aus der Mathematik, elektromagnetische Theorie, Leitungs- und Vierpoltheorie u. a. m.) behandelt, ferner Fabrikations- und Schaltungslehre sowie Apparate und Schaltungen der Telegraphen-, Fernsprech- und Funktechnik und endlich die Meßtechnik unter besonderer Berücksichtigung der Messungen in der Fernmeldetechnik. Der betriebs- und verwaltungswissenschaftliche Teil bringt u. a. die Grundzüge des Staatsrechts, des bürgerlichen Rechts, des Handels- und Strafrechts, des Prozeß- und Konkursrechts, des Postrechts, ferner das Fernmelderecht, die Grundzüge der Volkswirtschaftslehre und der Finanzwissenschaft; dazu kommen Vorträge über Haushalts-, Kassen- und Rechnungs- sowie Bilanzwesen, Personalverhältnisse, Tarifkunde und Betriebsfragen der Deutschen Reichspost usw.

Neben den Ausbildungslehrgängen für den Nachwuchs im höheren Dienst der Deutschen Reichspost wird das Reichspostzentralamt nach wie vor Fortbildungslehrgänge für die bereits im praktischen Dienst stehenden höheren Beamten veranstalten, in denen die jeweiligen Fortschritte der Fernmeldetechnik dargestellt und besonders wichtige Fragen besprochen werden. (Tel. u. Fernspr. Techn. Bd. 18, S. 107.) *Bur.*

Chemie.

Temperaturkompensation bei Elektrolyten. — Der Widerstand eines Elektrolyten ist außer von dessen chemischer Zusammensetzung in starkem Maße von der Temperatur abhängig. Gewöhnlich beträgt der Temperaturkoeffizient größenordnungsmäßig 2 ... 3 % und ist negativ, d. h. für 1 ° Temperaturzunahme wird der Widerstand des Elektrolyten um etwa 2 ... 3 % kleiner. Die Temperatur muß also stets gemessen werden, wenn von der elektrischen Messung auf die chemische Zusammensetzung geschlossen werden soll. Besonders störend ist der Temperatureinfluß, wenn fortlaufend registriert werden soll.

Eine verhältnismäßig einfache Schaltung schafft hier Abhilfe (Abb. 12). Wenn man nämlich zuerst parallel zu dem Elektrolyten und dann vor das Ganze je einen Widerstand von geeigneter Größe und geeignetem Temperaturkoeffizienten schaltet, so ist der gesamte Widerstand der Kombination innerhalb bestimmter Konzentrations- und Temperaturgrenzen praktisch nur noch von der Konzentration und nicht mehr von der Temperatur abhängig. Am zweckmäßigsten wird für den Parallelwiderstand zum Elektrolyten ein solcher mit dem Temperaturkoeffizienten Null (also Manganin oder Konstantan) gewählt, während für den Vorwiderstand ein Material mit möglichst hohem positiven Temperaturkoeffizienten (also Kupfer, Platin oder Eisen) zu nehmen ist. Dieser Vorwiderstand muß die gleiche Temperatur wie der Elektrolyt haben, er wird zweckmäßig in der Form eines Widerstandsthermometers ausgeführt. Man kann nun die beiden Widerstände so bemessen, daß der Kombinationswiderstand der ganzen Anordnung bei einer beliebigen Konzentration des Elektrolyten (p_1) für 2 beliebige Temperaturen (t_1 und t_2) denselben Wert behält und daß ferner der Widerstand der ganzen Kombination bei einer zweiten beliebigen Konzentration des Elektrolyten (p_2) für die 2 gleichen Temperaturen wie oben (t_1 und t_2) ebenfalls einen unveränderten Wert behält. Bei den zwischen p_1 und p_2 liegenden Konzentrationen und den zwischen t_1 und t_2 liegenden Temperaturen ist die Korrektion nicht exakt, aber im allgemeinen praktisch ausreichend.

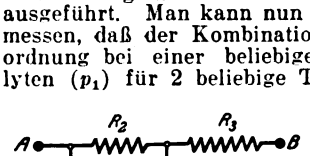


Abb. 12. Schaltung zur Temperaturkompensation.

Es werden Formeln für die Bemessung des Parallel- und des Vorwiderstandes entwickelt. Wenn der Temperaturkoeffizient unabhängig von der Konzentration ist, so wird der Parallelwiderstand gleich dem geometrischen Mittelwert zwischen dem Elektrolytwiderstand bei der niedrigsten Konzentration und der niedrigsten Temperatur und dem bei der höchsten Konzentration und der höchsten Temperatur, für die kompensiert werden soll. Der Vorwiderstand muß so groß werden, daß seine Widerstandszunahme zwischen den beiden Grenztemperaturen gerade so groß ist wie die Widerstandsabnahme des Elektrolyten mit seinem Parallelwiderstand bei einer von den beiden Konzentrationen, für die kompensiert werden soll. An Hand von zwei Zahlenbeispielen mit Kurvenbildern wird gezeigt, daß der Meßfehler um so größer wird, je weiter der verlangte Konzentrationsmeßbereich und je größer die Temperaturänderung ist. Ändert sich die Konzentration nicht mehr als im Verhältnis 1 : 3 und die Temperatur um nicht mehr als ± 10 °, so beträgt der größte auftretende Meßfehler ± 1 % der maximalen Konzentration. Wenn es sich um extrem große Änderungen handelt, also wenn z. B. die Konzentrationen sich ungefähr im Verhältnis 1 : 10 und die Temperaturen um ± 40 ° ändern, so beträgt der größte Meßfehler ± 12 % der größten Konzentration. (E. Blamberg u. K. Müller, Arch. El. Bd. 23, H. 4, S. 435.)

Verschiedenes.

Neue Normblätter. — Bauwesen: DIN 1086 Gütenormen für feuerfeste Baustoffe, Allgemeines und zulässige Abweichungen (Juli 30).

Stoffe: DIN 669 Stahlwellen, gezogen oder gedreht, gerichtet und poliert (Sept. 30). — Vornorm 1013 Rundstahl, gewalzt, Walzstahl für allgemeine Zwecke (Juli 30) — Vornorm 1014 Quadratstahl, gewalzt, Walzstahl für allgemeine Zwecke (Juli 30) — Vornorm 1015 Sechskantstahl, gewalzt, Walzstahl für allgemeine Zwecke (Juli 30) — Vornorm 1016 Bandstahl, warm gewalzt (Juli 30) — Vornorm 1017 Flachstahl, gewalzt, Walzstahl für allgemeine Zwecke (Juli 30).

Werkzeuge: DIN 768 Schneidstähle, Begriffe (Okt. 30).

Digitized by Google

Energiewirtschaft.

Die Jahrestagung der NELA. — Die diesjährige Tagung der National Electric Light Association in San Franzisko fand gleichzeitig mit und gewissermaßen unter dem Eindruck der Weltkraftkonferenz in Berlin statt, mit der sie bei einer Gelegenheit durch Radioübertragung einen Gedankenaustausch unterhielt[1]. Ein Überblick über die Vorträge ergibt die Tatsache, daß fast bei allen Rednern ein Gefühl der Besorgnis zum Ausdruck kam, man versuche, der Regierung einen eingreifenderen Einfluß auf die Kraftindustrie einzuräumen, und daß die damit verknüpfte politische Einmischung den glatten Gang der geschäftlichen Verwaltung und Entwicklung stören oder zum mindesten aufhalten könnte. Abgesehen von dieser fundamentalen Frage der öffentlichen Wirtschaft waren es vorwiegend noch zwei Themata, die besondere Beachtung fanden: die Kosten der Verteilung der Elektrizität (Kraftübertragung und Leitungsnetze) in ihrer Wirkung auf die Wirtschaftlichkeit der Elektrizitätswerke sowie auf die Tarife und dann die Verkaufstätigkeit der Werke mit dem Nachdruck auf rein kommerzielle Einstellung.

Um hier zunächst auf die Frage der Beeinflussung der Kraftbetriebe einzugehen, die natürlicherweise den Elektrizitätswerken im Prinzip nicht erwünscht ist, sei zur Erklärung vorausgeschickt, daß bis jetzt nur eine Aufsicht (Regulation), gewöhnlich durch einen öffentlichen Ausschuß (Public Service Commission), besteht. M. J. Insull von der Middle West Utilities Co. behauptet, daß die Regulation gute Dienste geleistet habe und kein Grund für eine Änderung vorliege. Über die tatsächlichen Leistungen der Public Service Commissions sprach sich W. J. Hagenah (Byllesby Engineering & Management Corp.) aus. Er wies darauf hin, daß z. B. unter der Führung der verschiedenen staatlichen Ausschüsse eine erstaunliche Ausbreitung der elektrischen Kraftindustrie stattgefunden habe und besonders auf deren Betreiben zentralisierte Verwaltungssysteme geschaffen worden seien. Auf diese Weise werde kleinen Werken, die Gemeinwesen von weniger als 5000 Einwohnern bedienen, die Möglichkeit eines Verwaltungsdienstes geboten, der demjenigen der Großstädte in jeder Weise gleichkomme, ohne mehr als die anteiligen Kosten zu erheischen. Durch die Tätigkeit der Commissions seien die Elektrizitätswerke die am meisten und besten beaufsichtigten Betriebe geworden und böten dem Volk somit eine sichere Kapitalsanlage sowie gleichzeitig die niedrigsten Tarife. E. N. Hurley (Hurley & Co.) sagte am Anfang seines Vortrags: „Wenn man heute darüber abstimmen würde, ob man die Kraftbetriebe den politischen Machern überlassen solle, dann würde ohne Zweifel eine erdrückende Mehrheit für das jetzige System sein. Doch darf sich deswegen die elektrische Licht- und Kraftindustrie nicht einem falschen Gefühl der Sicherheit hingeben angesichts des augenblicklichen Standes der öffentlichen Meinung ...“ M. S. Sloan, der Präsident der NELA, bemerkte: „Staatliche Aufsicht (Regulation) ist begründet in vernünftigen Gesetzen und weiser Regierung ... Politische Umtriebe können dabei nur eine Glut entfachen, welche die Wahrheit verbrennt. Was wir heute und in Zukunft benötigen, ist weder Hitze noch Haß noch Demagogie, sondern die Einführung wirtschaftlicher Grundsätze durch Gesetze, welche das Volk schützen, ohne dem Elektrizitätswerk zu schaden.“ Diese Aussprüche stellen die gemäßigte Ausdrucksform der Gefühle der ganzen Kraftindustrie dar und zeigen, wie man sich rüstet, etwaigen politischen Umtrieben zur Beeinflussung der elektrischen Kraftwerke bei den nächsten Wahlen zu begegnen.

Die zweite wichtige Frage, welche die amerikanischen Elektrizitätswerke z. Z. beschäftigt, ist die der Kosten der Stromverteilung (Distribution). A. H. Kehoe (United Electric Light and Power Co.) stellte fest, daß die Kosten des Stromverteilungsnetzes je 1 kW der gesamten verfügbaren Leistung in den letzten 10 Jahren um 40 % gestiegen seien. Ebenso, wenn auch nicht in gleichem Maße, hätten sich die Einheitskosten der Kraftübertragung und der Unterwerke erhöht. Die gesamten Einheitskosten, also je 1 kW der gewonnenen Leistung, seien um 20 % gewachsen, wobei berücksichtigt wäre, daß die Kosten des Kraftwerks selbst sich in der gleichen Periode etwas verringert hätten. Das gesamte Anlagekapital der Elektrizitätswerke betrug 1929 46,5 Mrd RM, womit im ganzen 29,5 Mill kW geleistet werden konnten. Die mittleren Anlagekosten je 1 kW betrugen daher 1576 RM, während sie im Jahr 1922 nur 1310 RM ausmachten. M. J. Insull gab an, daß das Anlagekapital 1927 4,72mal so groß gewesen sei als die jährlichen Einkünfte, 1929 aber schon sechsmal so groß. Die Zuleitungskosten je Anschluß betrugen 1920 285 RM, sind heute jedoch auf 420 RM gewachsen; allerdings spiegelt diese Zunahme die Ausbreitung der Leitungsnetze in weniger dicht bevölkerten Gegenden wider. In jedem Fall muß diese Erscheinung Anlaß zum Nachdenken geben und in den Tarifen berücksichtigt werden. Freilich hat sich in den letzten vier Jahren eine Abnahme der Anlagekosten, bezogen auf die Kilowattstunde des Stromabsatzes, gezeigt. Das bedeutet also, das letzterer in einem solchen Tempo gestiegen ist, daß trotz Zunahme der Anlagekosten deren Anteil an den Stromerzeugungskosten sich verringert hat. Immerhin ist der Einfluß der erhöhten Verteilungskosten nicht außer acht zu lassen, selbst wenn, wie Kehoe hervorhob, ein Teil davon durch den verbesserten Ausnutzungsfaktor wettgemacht wird. Der Verteilungsingenieur sollte danach trachten, Verbesserungen einzuführen, welche die Kosten der Verteilung herabsetzen.

Hinsichtlich der Verkaufstätigkeit ist festzustellen, daß sich die diesjährige NELA-Versammlung einmütig zu einer entschiedenen Verkaufspropaganda bekannte. M. S. Sloan sagte ausdrücklich: „Die Kraftindustrie ist jetzt zum erstenmal einig in der Befürwortung einer kommerziellen Einstellung ...“, nachdem er in der Einleitung seiner Rede an Hand des statistischen Materials nachgewiesen hatte, daß der Absatz im letzten Jahr nicht befriedigend gestiegen sei und man daher doppelte Anstrengungen machen müsse, um den Stromverkauf zu erhöhen. W. A. Jones von Henry L. Doherty & Co., der kommende Präsident der NELA, ging auch auf diese Fragen ein und wies auf verschiedene Möglichkeiten hin, den Absatz zu steigern. Viele Jahre hindurch hätte man sich in dem irrigen Glauben befunden, daß das Publikum von selbst den Strom kaufen würde, da er die weitaus beste Form von Licht und Kraft darstelle. Jetzt müßten die Kraftwerke aber anfangen, dieses Feld eifrigst zu beackern und den Boden durch Verkaufskunst und Verkaufstechnik in einem bisher unbekannten Maß fruchtbar zu machen ... Diese kommerzielle Einstellung bedeute Verkaufsbestrebungen für elektrische Geräte, sie erfordere Lichtwirtschaftspropaganda und betreffe auch die Eisenbahnelektrisierung. Insull stellte dabei fest, daß immer noch 30 % der Bevölkerung in Behausungen ohne elektrische Leitung leben, nur die Hälfte der Kraftbedürfnisse der Industrie von dem Elektrizitätswerk gedeckt werde, die Landwirtschaft nur bis zu 10 % versorgt und lediglich 2 % der Eisenbahnstrecken für elektrischen Betrieb eingerichtet seien. Weiter behauptete er, daß, wenn man in allen Geschäftsläden z. B. eine mittlere Beleuchtung von 100 Lux vorsähe, die zuzügliche Einnahme der Elektrizitätswerke jährlich 756 Mill RM betragen würde.

Wie diese kommerzielle Tätigkeit im einzelnen durchzuführen ist, wurde von den Hauptrednern der Elektrizitätswerksleiter nicht erörtert, dagegen brachte eine gleichzeitig veröffentlichte Preisarbeit von D. D. Parry[2] eine Analyse dieser Frage. Er findet, daß die Gründung einer besonderen Verkaufsgesellschaft mit einem Minimum an Betriebspesen eine praktische Lösung sei. Es scheint ihm auch von großem Wert, den Gewinn aus den Verkäufen von Geräten zum Studium, zur Überwachung und Regelung der Verkaufstätigkeit zu verwenden, damit solche Geräte am meisten begünstigt werden, die dem Werk den größten Vorteil mit Bezug auf Ausnutzungs- und Belastungsfaktor bieten.

Zum Schluß seien noch zwei Tatsachen berichtet, die bei der Tagung zur Sprache kamen: Einmal ist nach A. H. Markwart (Pacific Gas and Electric Co.) und F. B. Lewis (Southern California Power Co.) die Erzeugung von Dampf heute so billig geworden, daß der Ausbau von Wasserkräften nur noch in den seltensten Fällen wirtschaftlich berechtigt und daher ihre Verwertung im Verhältnis zum Dampf im Rückgang begriffen sei. Zweitens haben sich nach W. A. Jones Quecksilberturbine und -kessel jetzt als ein kommerzieller und praktischer Erfolg erwiesen.

A. A. Wohlauer.

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 1058.

[2] NELA-Bulletin Juni 1930, S. 335.

Digitized by Google

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Besichtigung.

Am Freitag, dem 3. Oktober 1930, findet eine Besichtigung der neuen Beleuchtungsanlagen im Zoologischen Garten, verbunden mit zwanglosem Beisammensein statt. Die Teilnehmer treffen sich von 5 Uhr nachm. ab in der Veranda des Kaiser-Saales an den für den Elektrotechnischen Verein reservierten Tischen zu einer gemeinsamen Kaffeetafel.

Um der Zoo-Direktion die Besucherzahl angeben zu können, wird um Anmeldung der Teilnehmer bei der Geschäftstelle des Vereins

bis spätestens Donnerstag, den 2. Oktober, 1 Uhr mittags,

gebeten.

Damen sind herzlich willkommen.

Voranzeige.

Fest der Technik.

Um notleidenden Fachgenossen in tunlichst großem Umfange helfen zu können, veranstalten die technisch-wissenschaftlichen Vereine in Berlin auch in diesem Jahre

das Fest der Technik,

und zwar am Freitag, dem 7. November 1930, in sämtlichen Sälen des Zoologischen Gartens in Berlin.

Das Fest bildet eine Wohltätigkeitsveranstaltung; sein Überschuß wird den Vereinen für Unterstützungen zugeführt.

Einzelheiten werden demnächst in der ETZ und durch unmittelbare Einladungen der Mitglieder bekanntgegeben werden.

Festschrift

des Elektrotechnischen Vereins e. V.

Von der Festschrift des Elektrotechnischen Vereins aus Anlaß seines Goldenen Jubiläums ist noch eine Anzahl Exemplare vorrätig. Dieses von Herrn Geheimrat Prof. Dr.-Ing. E. h. Görges herausgegebene Werk umfaßt 50 Jahre Geschichte des Vereins und damit 50 Jahre Entwicklung der Elektrotechnik. Die Festschrift ist reich mit Bildern ausgestattet. In 34 Tiefdrucktafeln zeigt sie die Bildnisse von Männern, die im Verein und in der Elektrotechnik an maßgebenden Stellen gestanden haben und stehen. Der II. Hauptteil wird durch sorgfältig ausgewähltes Bildmaterial belebt; historische und neuzeitliche Ausführungsformen von elektrischen Apparaten und Maschinen sind einander gegenübergestellt.

Um das prächtige Buch allen Mitgliedern zugänglich zu machen, wird es an Mitglieder zu dem sehr niedrigen Preise von 10 RM — noch unter der Hälfte der Selbstkosten — abgegeben. Bei Versand durch die Post kommt hierzu ein Betrag von 1,20 RM. Bestellungen nimmt die Geschäftstelle des Vereins, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, entgegen.

Elektrotechnischer Verein.
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

SITZUNGSKALENDER.

Elektrotechn. Verein des rhein-westf. Industriebezirks, Dortmund. 8. X. 1930, abds. 7½ h, Bochum i. W., Parkhotel Haus Rechen, Königsallee 21: Vortrag Dr.-Ing. W. Reiche, „Stufenlose Spannungsregelung an Stufentransformatoren" (m. Film u. Lichtb.).

Elektrotechn. Verein des Berg. Landes, Elberfeld. 8. X. 1930, abds. 8 h, Vortragsaal der Berg. El.-Versorg.-Ges. Wuppertal-Elberfeld, Alexanderstr. 18: Vortrag G. M. Rodegg, „Mensch und Maschine in 100 Jahren deutscher Dichtung".

Elektrotechn. Gesellschaft Halle a. S. 9. X. 1930, abds. 8¼ h, Bierhaus Engelhardt: Filmvortrag Obering. Siemens, „Die Herstellung der Quecksilberdampf-Gleichrichter".

Ostdeutscher Elektrotechn. Verein, Königsberg i. Pr. 6. X. 1930, abds. 8 h, Phys. Inst. d. Universität, Steindamm 6: Vortrag Dipl.-Ing. Müller-Hillebrand, „Kathodenfall-Ableiter".

Elektrotechn. Gesellschaft zu Nürnberg. 10. X. 1930, abds. 8 h, Vortragsaal der SSW, Frauentorgraben 35: Vortrag Oberst a. D. Pleger, „Techn. Nachrichtenwesen in der Reichswehr".

Württ. Elektrotechn. Verein, Stuttgart. 11. X. 1930, abds. 6 h: Radiovortrag Dr. R. Mehnke, „Weltkraftwirtschaft" (ein Rückblick auf die Weltkraftkonferenz).

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

W. Dieselhorst †. Am 16. IV. d. J. starb in England der Kabelingenieur Wilhelm Dieselhorst im Alter von fast 80 Jahren. Der Verstorbene war lange Jahre Mitarbeiter der Fa. Siemens Brothers in Woolwich, arbeitete erfolgreich an der Verbesserung der Kabelherstellung und ist namentlich durch das sog. Dieselhorst-Martin-Kabel bekannt geworden, das die Leitungsausnutzung für Fernsprechlinien zu erhöhen gestattete.

Auszeichnungen. — Gelegentlich seiner 69. Hauptversammlung in Wien verlieh der VdI seine höchste Auszeichnung, die goldene Grashof-Denkmünze, Herrn Geheimrat Prof. Dr. phil. Dr.-Ing. E. h. Carl Bosch, Vorsitzendem des Vorstandes der I. G. Farbenindustrie AG., Ludwigshafen, „dem großen Forscher, dem erfolgreichen Organisator technischer Arbeit". Die bedeutsamste Arbeit Carl Boschs war die Überführung der von F. Haber erforschten Ammoniaksynthese in einen technisch ausnutzbaren Prozeß, der für Deutschland in und nach dem Kriege von größter Wichtigkeit wurde.

LITERATUR.

Besprechungen.

Wechselstrom-Leistungsmessungen. Von Obering. W. Skirl. 3., vollst. umgearb. u. erw. Aufl. Mit 247 zum größten Teil a. Taf. angeordn. Bildern. VII u. 278 S. in 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1930. Preis geb. 14 RM.

Während die 2. Aufl. in der Anordnung des Stoffes nach mehr äußerlichen Gesichtspunkten (Laboratoriums-, Prüffeld-, Betriebsinstrumente) noch die Entstehung des Buches aus den für die Firma Siemens & Halske geschriebenen Technischen Anweisungen erkennen ließ, ist die dritte Auflage ganz umgearbeitet, die Abschnitte über die Instrumente sind nach deren innerem Aufbau gegliedert; das Buch hat dadurch an Geschlossenheit und Übersichtlichkeit sehr gewonnen. Der Abschnitt über Meßwandler ist erheblich erweitert, die durch diese bedingten Korrektionen bei der Leistungsmessung sind ausführlich behandelt, neu aufgenommen sind Blindleistungsmessungen und als Anhang eine Tafel der Winkelfunktionen, im Gegensatz zu den üblichen Tafeln nicht nach Werten des Winkels selbst, sondern nach Stufen des Kosinus geordnet, was für den Gebrauch des Elektrotechnikers bequemer ist. Erfreulich ist die Anfügung eines ausführlichen Stichwortverzeichnisses. Das mit anschaulichen Strichzeichnungen der Instrumentensysteme und sehr zahlreichen Schaltskizzen ausgestattete Buch gibt in klarer, leicht verständlicher und ausführlicher Darstellung, an passender Stelle unterstützt durch Zahlenbeispiele, eine besonders durch die Hinweise auf Fehlerquellen wertvolle Anweisung zur Ausführung von Wechselstrom-Leistungsmessungen. Erwünscht wäre noch eine Besprechung der Elimination des Einflusses magnetischer Streufelder bei der

Digitized by Google

Leistungsmessung mit eisenlosen Präzisions-Wattmetern durch Kommutieren von Strom und Spannung in den Leistungsmessern oder Drehen der Instrumente so, daß die Spannungspulen bei den Ausschlägen mit den Spulenebenen senkrecht zu den Streulinien stehen, deren Richtung vorher mit nur an Spannung gelegten Leistungsmessern ermittelt werden kann. Erfahrungsgemäß ist es, namentlich in Großzentralen, nicht immer möglich, aus dem Bereich der Streufelder wegzugehen, und dabei versagen bisweilen ganz geübte Beobachter.

Bei der Messung dielektrischer Verluste in Hochspannungskabeln, deren Mantel durch Verlegung fest geerdet ist, mit astatischen Spezialwattmetern (Bild 219) wird der dielektrische Verlust in der Isolierung der Hochspannungswicklung des speisenden Transformators gegen Erde mitgemessen, zwar ist deren Kapazität klein gegen die des Kabels, der dielektrische Verlustfaktor derselben aber sehr groß gegen den des Kabels. Zweckmäßig würde man eine zweite Leistungsmessung nach Abtrennung der Hochspannungsleitung von dem Kabel vornehmen und die sich dabei etwa ergebende Leistung vom Ergebnis der ersten Leistungsmessung abziehen.

Schering.

Zweite Weltkraftkonferenz. Berlin 16. bis 25. VI. 1930. Generalberichte. 271 S. in gr. 8°, VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1930. Drei Ausgaben (Deutsch, Englisch, Französisch). Preis jeder Ausgabe geb. 26 RM (für VDI-Mitgl. 23,40 RM), bei Bestellung bis 1. XI. 1930 20 RM.

Es handelt sich hier um einen Sonderband außerhalb der Gesamtreihe der „Berichte der Zweiten Weltkraftkonferenz", der die Konferenzvorabzüge der Generalberichte bringt. Für deren endgültigen Wortlaut ist das demnächst erscheinende Gesamtwerk maßgebend, dem die einzelnen Generalberichte vor jeder Sektion beigeheftet werden. Da die Verfasser der Generalberichte — sie sind in der ETZ 1930, S. 838 genannt worden — immer zunächst die bei der betreffenden Sektion eingegangenen Einzelberichte kurz besprechen und dann die Entwicklungslinien für das behandelte Gebiet darlegen, außerdem die auf Grund letzterer gemachten Diskussionsvorschläge beigefügt sind, wird der Leser durch diese Veröffentlichung in die Lage versetzt, sich schon vor dem Erscheinen des Hauptwerks über den gegenwärtigen Stand der Arbeiten und Probleme auf den von der Konferenz erfaßten Gebieten zu unterrichten bzw. das in den Sitzungen Aufgenommene zu kontrollieren. Man muß daher dem Verlag für die schnelle Herausgabe dieses — wie bei ihm üblich, sehr gut ausgestatteten — Bandes dankbar sein.

F. Meißner.

Die Wasserkraftwirtschaft Deutschlands. Festschrift zur Tagung der II. Weltkraftkonferenz Berlin 1930. Herausg. v. Deutschen Wasserwirtschafts- und Wasserkraftverband E. V., Berlin, m. Unterstützung der Behörden des Reiches u. d. deutschen Länder. Mit 123 Tiefdruckbildern, zahlr. Tab. u. Textabb. u. 391 S. in 2°. Kommissions-Verlag: VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1930. Preis geb. 25 RM.

Aus Anlaß der Weltkraftkonferenz hat der Deutsche Wasserwirtschafts- und Wasserkraftverband die dankenswerte Aufgabe übernommen, eine ausführliche Übersicht über die gesamten deutschen Wasserkraftanlagen größerer Leistung und über die deutsche Wasserkraftwirtschaft im ganzen vorzulegen. Hatte bisher nur die Schweiz in dem bekannten Führer des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes eine geordnete beschreibende Übersicht über die Wasserkraftwirtschaft ihres Landes aufzuweisen, so geht das vorliegende Werk bezüglich der Kraftanlagen wesentlich weiter, indem es sich nicht nur auf kurze Datenangaben beschränkt; dagegen fehlen hier umgekehrt die im schweizerischen Führer enthaltenen Kostenangaben und vielfach auch Plandarstellungen.

Besonders beachtlich ist die einheitliche Darstellung der von den maßgebenden Behörden der einzelnen deutschen Länder, also von jeweils authentischer Seite, bearbeiteten Abschnitte über die Wasserkraftnutzungen und bemerkenswerten Anlagen, welche vielfach durch zusammenfassende tabellarische Übersichten der Kraftwerke über 1000 PS Ausbauleistung mit Angabe der wichtigsten Daten, der Ausbauarten und der Verwendung der gewonnenen Arbeit und durch vorangestellte Gesamtüberblicke über die Wasserkraftentwicklung ergänzt wird. Eine Reihe vorzüglicher Schaubilder beachtenswerter Kraftwerke und Übersichtskarten, einzelne Lageskizzen und Längenprofile vervollständigen die Beschreibungen.

Der Einführung in die deutsche Wasserkraftwirtschaft dient ein geologischer Überblick von Prof. Wilser und die Erörterung der Niederschlags- und Abflußverhältnisse von Oberregierungsrat Prof. Fischer, beide vom Standpunkt des Wasserkraftausbaues behandelt. Des weiteren wird über die Gliederung und Verteilung der Wasserkraftvorräte Deutschlands und über die Entwicklung der Wasserkraftwirtschaft, über ihre Aufgaben und Unternehmungsformen zusammenfassend berichtet.

Nach der Schilderung der Ausnutzung der Wasserkraftstufen an den Reichswasserstraßen (norddeutsche Stromgebiete, Rhein, Main, Donau und Neckar) folgt die Behandlung der Wasserkräfte der einzelnen Länder (Preußen, Bayern, Sachsen, Württemberg, Baden, Thüringen, übrige Staaten). Durchweg werden bei den Beschreibungen die bemerkenswerten Einzelheiten der Bauausführung, der Maschinenausrüstung und vielfach auch des Betriebes dargestellt.

Die eingangs des Werkes gegebenen statistischen Gesamtüberblicke leiden allerdings, soweit sie auf den Arbeiten des Statistischen Reichsamtes beruhen, an Verschiedenheiten gegenüber den Landesstatistiken, die sich nicht allein aus der Überalterung der Betriebszählung vom Juni 1925 gegenüber den neueren Landesstatistiken erklären, sondern zum Teil auch aus den vom Berichter schon mehrfach auch an dieser Stelle aufgezeigten Unvollkommenheiten der Bearbeitung jener Erhebungen ergeben. So wird in der Tabelle der Wasserkraftmaschinen Deutschlands (S. 42/43) für die Stickstoff-, Karbid- und andere chemische Industrien eine Wasserkraftausbauleistung von 58 567 PS ausgewiesen, wogegen allein in Bayern in der elektrotechnischen Industrie nach der maßgebenden Zusammenstellung der Obersten Baubehörde (S. 192 u. folgende) für chemische Betriebe 208 125 PS (bei Einsetzung des Innwerkes mit nur 100 000 PS) sich ergeben. Für das Verkehrswesen weist die erwähnte Tabelle 18 859 PS installierte Wasserkraftleistung aus, wogegen allein für den bayerischen elektrischen Hauptbahnbetrieb schon 152 000 PS installiert sind. In der Karte der Wasserkraftanlagen Deutschlands sind als Pumpspeicherwerke Herdecke, die Edertalsperre und Niederwartha eingetragen, während die — soweit dem Berichterstatter bekannt — weiter in Deutschland vorhandenen 11 im Betrieb stehenden und 2 im Bau befindlichen Pumpspeicherwerke nicht eingezeichnet sind.

Das im übrigen auch vorzüglich ausgestattete Werk bietet so erstmalig einen wohl ausgezeichneten Überblick über alle größeren deutschen Wasserkraftanlagen, auch jene der industriellen Selbstverbraucher als sehr erhebliches Glied in der deutschen Wasserkraftwirtschaft; es zeigt vielfach auch die engen Zusammenhänge der Wasserkraftwirtschaft mit den weiteren und oft auch übergeordneten Zweigen der Wasserwirtschaft, wie Wasserstraßen, Hochwasserschutz und Abflußregelung.

Das Werk ist den Teilnehmern der Weltkraftkonferenz ebenso wie dem weiten Kreis der interessierten Fachwelt ein vorzügliches Handbuch des (von der erwähnten Tabelle der Betriebszählung abgesehen) heutigen Standes unserer Wasserkraftwirtschaft, besonders wertvoll auch durch die authentische Herkunft des in vorzüglicher Weise einheitlich zusammengeschweißten Materials.

C. Reindl.

Sperrwerke und Bremsen. Von Dipl.-Ing. R. Hänchen. (Einzelkonstruktionen aus dem Maschinenbau. Herausg. v. Dipl.-Ing. C. Volk. H. 7). Mit 188 Textabb., V u. 94 S. in 4°. Verlag Julius Springer, Berlin 1930. Preis kart. 9,60 RM.

Das Buch gibt eine gut ausgelesene und geordnete Zusammenstellung der heute üblichen Kranbremsen, die auch neuere Bauarten, wie die jetzige Kampnagel-Bremse und die Jordan-Bremse, in ausführlicher Darstellung enthält. Die auf S. 20 gebrachten Werte für σv, die seinerzeit vom Berichterstatter der 25. Auflage der „Hütte" eingefügt worden waren, sind zutreffend wiedergegeben. Dagegen sind die auf S. 21 gegebenen Werte für $\sigma v \mu$ etwa 5- bis 10mal zu hoch. Wünschenswert wäre ein Ergänzungsheft, das die Fahrzeugbremsen (für Kraftwagen und Eisenbahnen) bringt. Die Bauarten der Kranbremsen sind auf Fahrzeugbremsen nicht übertragbar, weil sie weder die Forderung geringen Raumes und Gewichtes noch die der Eignung für große Geschwindigkeiten erfüllen. — In dem vorliegenden Heft fehlen noch die Fördermaschinenbremsen, die wegen der großen Kräfte und Abmessungen besondere Gestaltung erfordern.

Kammerer, Berlin-Charlottenburg.

Digitized by Google

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Englands elektrotechnischer Außenhandel[1]. — Im Juli 1930 ist die Einfuhr elektrotechnischer Erzeugnisse gegenüber dem Juni (569 591 £) um 72 063 £ (12,6 %) und gegen den gleichen Monat des Vorjahres um 52 585 £ (9 %) gestiegen. Für die Ausfuhr ergibt der Vergleich mit dem Vormonat (1 357 669 £) eine Erhöhung um 265 488 £ (19 %); dagegen ist eine Abnahme um 80 159 £ (4 %) zu konstatieren, wenn man den Export dem Parallelmonat von 1929 gegenüberstellt. Während der abgelaufenen sieben Monate hat sich die Einfuhr um 1 017 761 £ (25 %) gegen die gleiche Periode des Vorjahres erhöht, während die Ausfuhr um 47 586 £ gesunken ist.

Erzeugnisse	Einfuhr in £		Ausfuhr in £	
	1930	1929	1930	1929
	Juli			
Maschinen	141 020	138 046	583 213	516 314
Waren u. Apparate .	500 634	451 023	1 039 944	1 187 002
	641 654	589 069	1 623 157	1 703 316
	Januar/Juli			
Maschinen	1 127 719	1 032 293	3 852 044	3 746 383
Waren u. Apparate .	3 942 116	3 019 781	7 161 273	7 314 520
	5 069 835	4 052 074	11 013 317	11 060 903

Elektrotechnischer Außenhandel der V. S. Amerika[2]. — Für den Juni 1930 wird der Wert der Ausfuhr elektrischer Maschinen, Apparate und Zubehörteile mit 10 873 318 $ angegeben, d. s. 676 817 $ (6 %) weniger als im gleichen Monat des Vorjahres (11 550 135 $). Der Rückgang betraf im wesentlichen größere Gleichstromgeneratoren, Radio- und andere Batterien, stationäre Motoren bis 200 PS und Teile von Motoren, ebenso solche von Radioempfängern und Telegraphenapparate, während Transformatoren mit Ausnahme der für Instrumente bestimmten, Fernsprechschalttafeln und nicht näher bezeichnete elektrische Vorrichtungen größere Werte aufweisen. In den abgelaufenen sechs Monaten betrug der Export 71 149 595 $ und übertraf damit den in der gleichen Periode von 1929 erzielten Betrag (70 314 999 $) um 834 596 $ (1,2 %). Die Einfuhr hatte im Juni einen Wert von 313 906 Dollar; davon entfielen u. a. 125 101 $ auf Kohlefaden- und 47 485 $ auf Metalldrahtlampen, 26 425 $ auf Generatoren, 9817 $ auf Funk- bzw. Radiogeräte, 3983 $ auf elektromedizinische Vorrichtungen und 3397 $ auf Telegraphenapparate.

Der Elektroaußenhandel Belgiens. — Die Entwicklung des belgischen Elektroaußenhandels im ersten Halbjahr 1930 entspricht der noch verhältnismäßig günstigen Wirtschaftslage des Landes. Die Einfuhr stieg von 31,9 Mill RM im 1. Halbjahr 1929 auf 44,6 Mill RM, also um fast 40 %, während die Ausfuhr von 18,9 auf 20,5 Mill RM oder um rd. 9 % zunahm. Besonders bemerkenswerte Erhöhungen zeigen auf der Einfuhrseite Generatoren, Kabel und isolierte Drähte, Porzellanisolatoren, Glühlampen sowie elektrische Meßapparate, während der Import von Akkumulatoren und Radioröhren Rückgänge aufweist.

Vorgänge im Ausland. — Die Westinghouse Electric International Co. hat mit einer Gruppe spanischer Finanziers und Industrieller unter Beteiligung der französischen Gesellschaft Le Matériel Electrique S. A., die 1929 von Westinghouse und Schneider, Creusot, gegründet wurde[3], in Spanien die Constructora Nacional de Maquinaria Electrica S. A. mit 12 Mill Pes errichtet. Diese wird Generatoren, Motoren, Transformatoren usw. sowie elektrotechnisches Material herstellen und besitzt für Spanien das ausschließliche Verwertungsrecht der Patente ihrer Gründer. 75% des Aktienkapitals hat eine spanische Gruppe, darunter die Sociedad Espanola de Construcciones Electro-Mecanicas, übernommen. Eine Fabrik soll in Reinosa (südlich Santander) gebaut werden. — Von der Siemens & Halske AG. wurde in Prag die Elektrotechna AG. für Schwachstromtechnik mit 16 Mill Kč gegründet, wovon S & H 49 % und tschechoslowakische Banken 51 % übernommen haben. Wie der Wirtschaftsdienst schreibt, sollen die von der deutschen Firma schon vor einigen Jahren erworbenen Fabrikanlagen der Fr. Krizik AG. und die Radiofabrik „Zenith", Prelouc, die fabrikatorische Grundlage für das neue Unternehmen bilden. — Nach der Ind. Handelszg. ist von dem leitenden Direktor der Telefonaktiebolaget L. M. Ericsson ein bedeutender Posten (etwa 9 Mill Kr) Aktien der Gesellschaft (60,5 Mill Kapital) an die Kreuger & Toll AB. veräußert worden, so daß letztere mit dieser Neuerwerbung nunmehr über die Majorität der Ericsson-Gesellschaft verfügen dürfte.

Aus der Geschäftswelt. — Außerordentliche G.-V. der AG. Körting's Electricitäts-Werke (2,505 Mill RM) und der Brandenburgischen Elektricitäts-, Gas- u. Wasserwerke AG., Berlin, haben die Verschmelzung beider Unternehmungen im Verhältnis 1 : 1 beschlossen. Das Aktienkapital der letztgenannten Gesellschaft wird zu dem Zweck von 4,2 auf 6,5 Mill RM erhöht. In den Besitz der Bergmann-Elektricitäts-Werke AG., Berlin, ist ein größeres Paket Aktien der R. Frister AG, Berlin (6 Mill RM Kapital) übergegangen, deren Aufsichtsratsdementsprechende Veränderungen erfahren hat.

In das Handelsregister wurden eingetragen: Vereinigte Elektrizitätswerke Westfalen AG., Dortmund (120 Mill RM). Zu den Gründern der Aktiengesellschaft gehören die Vereinigten Elektrizitätswerke Westfalen G. m. b. H., Dortmund, die Elektrizitätswerke Bestwig G. m. b. H. und Meschede G. m. b. H. Vgl. ETZ 1930, S. 1155; Birka-Regulator G. m. b. H., Berlin (0,1 Mill RM): Herstellung und Vertrieb von Temperaturreglern und -schaltern sowie von sonstigem elektrischen Gerät; Pöge Elektricitäts-Werke Chemnitz, Zweigniederlassung der Sachsenwerk, Licht- und Kraft-AG., Chemnitz. Vgl. ETZ 1930, S. 952; „Ägir" Fabrik für elektrische Apparate G. m. b. H., Dresden (0,1 Mill RM): Herstellung und Vertrieb elektrischer Apparate; Städtische Werke AG. (Elektrizitäts-, Gas-, Wasserversorgung- und Verkehrsbetriebe) Baden-Baden (3 Mill RM); Werbegemeinschaft für Elektrizitätsverwertung G. m. b. H., Berlin (20 000 RM): Betrieb eines Werbebüros, das die Einführung von Elektrizität im Haushaltsbetrieb sowie von elektrischen Vorrichtungen jeder Art in Haushaltungen zum Gegenstand hat, An- und Verkauf solcher usw.; Air-Way G. m. b. H. Elektrische Apparate, Berlin (50 000 RM): Herstellung und Vertrieb elektrischer Apparate jeder Art, besonders der Air-Way-Erzeugnisse; Städtische Werke Angermünde AG. (0,2 Mill RM): Betrieb der städtischen Gas-, Elektrizitäts- und Wasserwerke; Aktiengesellschaft für wirtschaftliche Unternehmungen des Ennepe-Ruhr-Kreises, Gevelsberg (2 Mill RM): Betrieb der wirtschaftlichen Unternehmungen des Kreises, die die Versorgung der Bevölkerung mit Strom usw. bezwecken; Sperrsignalbau-G. m. b. H., Berlin (22 000 RM): Herstellung und Vertrieb elektrotechnischer und feinmechanischer Waren usw., besonders von Sperrsignalen für Telephonapparate; Brechtel & Hartmann, Fabrik für Hoch- und Niederspannungs-Apparate G. m. b. H., Berlin-Johannisthal (40 000 RM); Ludwig August Krauß Baugeschäft für elektrische Anlagen G. m. b. H., Berlin (20 000 RM): Bau und Vertrieb elektrischer Anlagen jeder Art.

[1] Nach El. Review. Vgl. ETZ 1929, S. 1468; 1930, S. 1220.
[2] El. World Bd. 96, 1930, S. 323, 369. Vgl. ETZ 1929, S. 1572.
[3] Vgl. ETZ 1929, S. 956; 1388.

Bezugsquellenverzeichnis.

Die Anfragen sind an die Schriftleitung der ETZ Berlin W 9, Linkstr. 23/24, zu richten. Anfragen ohne Rückporto bleiben unbeantwortet.

Frage 37: Wer stellt den Temperaturregler Saja her?

Frage 38: Wer stellt dreipolige Kupplungen in Aluminiumgehäuse für bewegliche Leitungen an Kohlebohrmaschinen her?

Frage 39: Wer stellt Präzisionsfederwaagen bis 10 kg her?

Berichtigungen.

In dem Aufsatz „Belastungsgebirge eines Zechenkraftwerkes" (ETZ 1930, S. 1157) muß es in der 1. Spalte heißen: Belastungsfaktor $m = \frac{L_m}{S}$ .... 0,517. Ausnutzungsfaktor $n = \frac{L_m}{L}$ .... 0,265; Reservefaktor $r = \frac{L}{S}$ .... 1,95.

In dem Aufsatz „Überlastung von Öltransformatoren mit Selbstkühlung", ETZ 1930, S. 1317, muß in Gl. (3) der Subtrahend im Nenner τ_a und nicht τ heißen. Die Gleichung lautet also richtig $t = T \frac{\tau - \tau_a}{\tau_e - \tau_a}$.

Abschluß des Heftes: 27. September 1930.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

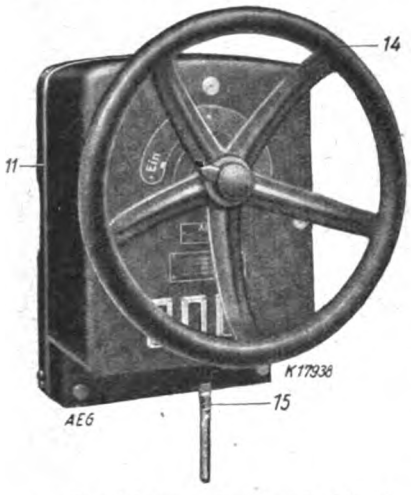
Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Auslösegerät mit minimalem Energieverbrauch für Oelschalter mit Handantrieb.

Mitteilung der AEG.

Die Betätigung von Auslösungen von Ölschaltern durch Sekundärrelais bietet oft gewisse Schwierigkeiten, da die erforderliche Hilfsbatterie die Anlage wesentlich verteuert. Deshalb finden die von Stromwandlern gespeisten Auslösungen stets wachsende Verwendung. Hindernd für ihren Gebrauch ist jedoch ihr großer Stromverbrauch, der zur Wahl verhältnismäßig teurer Stromwandler zwingt.

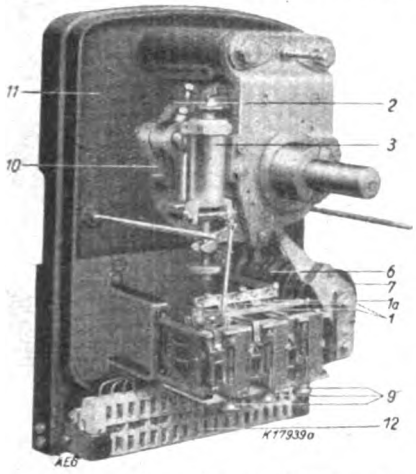


11 = Grundplatte, 15 = Einstellschlüssel.
14 = Handrad,

Abb. 1. Einschaltgerät für Oelschalter mit Handantrieb zum Anbau an die Schaltwand.

Um diesem Nachteil abzuhelfen, hat die AEG in neuerer Zeit eine Wandlerauslösung Typ WM entwickelt (Abb. 1), deren Strombedarf nur etwa ein Drittel des Apparates beträgt, der bisher als der sparsamste im Stromverbrauch angesehen wurde. Daher kann man für die Auslöser ganz leichte, im Preise niedrige Stromwandler verwenden oder ohne wesentliche Beeinträchtigung der Meßgenauigkeit zusammen mit Meßinstrumenten an vorhandene Wandler normaler Leistungsfähigkeit anschließen.

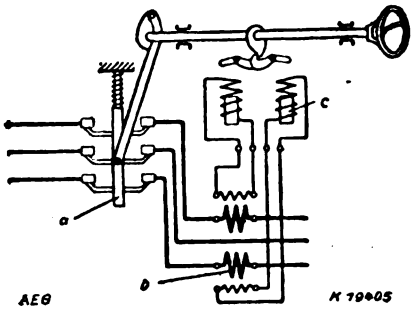
Die Beschränkung des Stromverbrauchs wird durch Kraftspeicherung erreicht. Bei den bisher bekannten Auslösern dieser Art mußte der vom Überstrom betätigte Magnet den Klinkendruck des eingeschalteten Schalters überwinden und benötigte daher eine große Kraft. Das bedingte naturgemäß einen hohen Strombedarf. Demgegenüber wird bei dem neuen AEG-Auslöser die Entklinkung des Schlosses durch einen Kraftspeicher bewirkt (Abb. 2). Der vom Stromwandler gespeisten Spule fällt lediglich die Aufgabe zu, die Arretierung des Kraftspeichers zu lösen. Da die hierzu benötigte Kraft naturgemäß viel kleiner ist als die, welche zur Entklinkung der Freiauslösung erforderlich ist, tritt eine ganz erhebliche Stromersparnis gegenüber anderen Auslösungen ein. Die Ladung des Kraftspeichers erfolgt in einfachster Weise dadurch, daß seine Federn beim Einschalten gespannt werden.



1 = Stromwandlerauslöser, 7 = Signalkontakte,
1a = Arbeitstromauslöser, 9 = Stromeinstellung,
2 = Schalterschloß, 10 = Schaltklinke,
3 = Mechanisches Relais, 11 = Grundplatte,
6 = Abschaltkontakte für Arbeitstromauslöser, 12 = Anschlußklemmen.

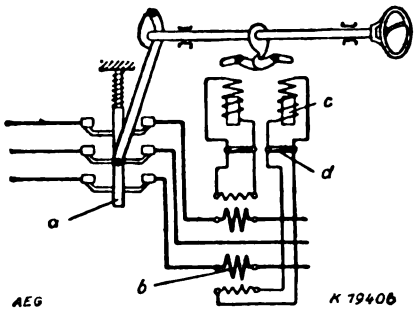
Abb. 2. Einschaltgerät mit Stromwandlerauslöser und Arbeitstromauslöser WMA 2, Schutzkappe abgenommen.

Die Schaltung des Apparates ist die gleiche wie die der bekannten Stromwandlerauslösungen: Stromwandler und Auslösespule bilden einen in sich geschlossenen Stromkreis (Abb. 3). Beim Überschreiten einer bestimmten Stromstärke spricht der Magnet an. Zur Erzielung einer Zeitverzögerung können in üblicher Weise Sekundärrelais oder Sicherungen verwendet werden, durch die der Auslöser im gewöhnlichen Betriebe kurzgeschlossen wird (Abb. 4). Bei Auftreten eines Überstromes oder Kurzschlusses wird durch Ansprechen des Relais oder Durchschmelzen der Sicherung dem Strom der Weg durch den Auslöser freigegeben, sodaß er zum Ansprechen kommt.



a = Oelschalter, c = Auslöser.
b = Stromwandler.

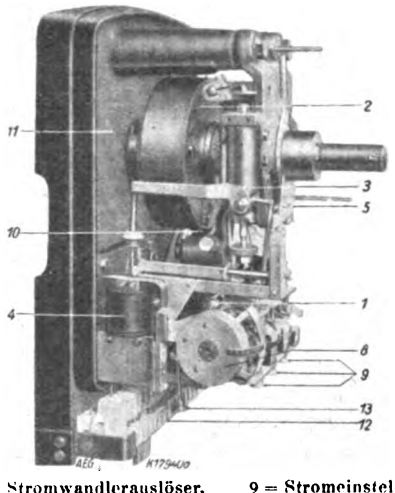
Abb. 3. Schaltung für unverzögerte Auslösung.



a = Oelschalter, c = Auslöser,
b = Stromwandler, d = Zeitsicherung.

Abb. 4. Schaltung für verzögerte Auslösung.

Der Apparat kann ohne Schwierigkeit für die verschiedensten Betriebsbedingungen geliefert werden. So kann er z. B. ohne weiteres für zweiphasige Stromwandlerauslösung und gleichzeitig für Arbeitsstromauslösung durch Batterie usw. ausgeführt werden, was in den Fällen erforderlich ist, in denen willkürliche elektrische Auslösung verlangt wird. Eine Spannungrückgang-Auslösung kann naturgemäß ohne weiteres eingebaut und auch mit unabhängiger Zeitverzögerung



1 = Stromwandlerauslöser, 9 = Stromeinstellung.
2 = Schalterschloß, 10 = Schaltklinke,
3 = Mechanisches Relais, 11 = Grundplatte,
4 = Ruhestromauslöser, 12 = Anschlußklemmen,
5 = Verstellvorrichtung, 13 = Zeiteinstellung.
8 = Zeitwerk.

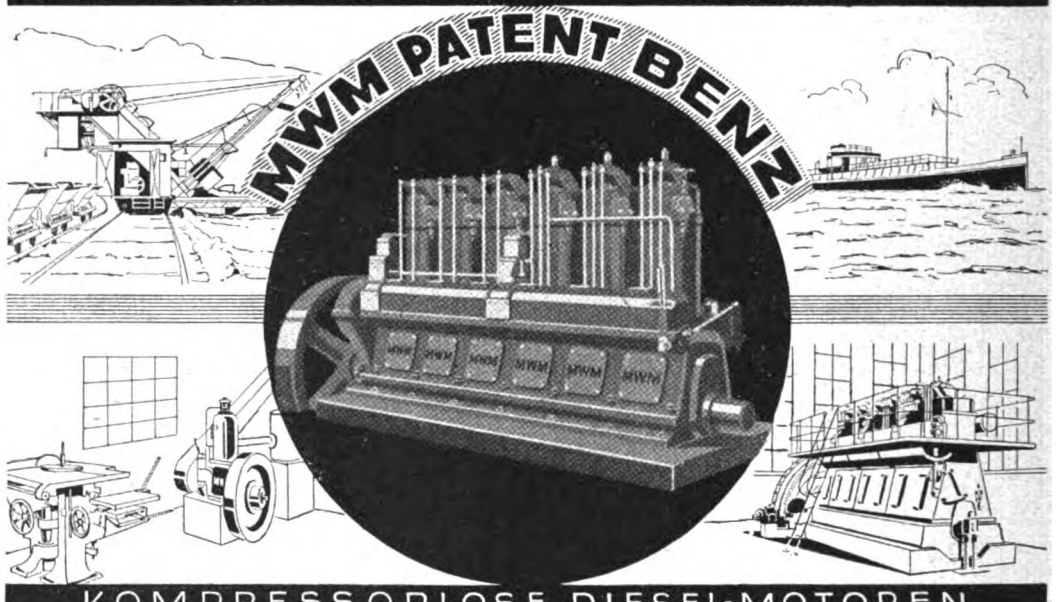
Abb. 5. Einschaltgerät mit Stromwandlerauslöser und verzögerter Ruhestromauslösung WMRZ 3, Schutzkappe abgenommen.

versehen werden, eine Forderung, die in letzter Zeit häufiger von den Verbrauchern gestellt wird (Abb. 5).

Der geringe Mehrpreis gegenüber der bisherigen Auslösung wird durch Ersparnisse an den Stromwandlern mehr als ausgeglichen.

Digitized by Google

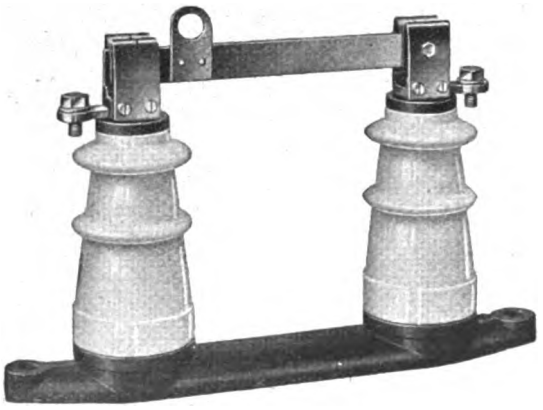
DAS KENNWORT FÜR HOCHWERTIGKEIT UND ZUVERLÄSSIGKEIT:



KOMPRESSORLOSE DIESEL-MOTOREN

MOTOREN-WERKE MANNHEIM A.G.
VORM. BENZ ABT. STATIONÄRER MOTORENBAU
MANNHEIM

HOCHWERTIGES
KITTLOSES HOCH-
SPANNUNGS-MATERIAL
den DIN V.D.E. 1929 angepaßt



D.R.P. D.R.G.M.

Hohe mech. Festigkeit
Hohe elektr. Festigkeit.
Höchste Lebensdauer

LINDNER u. CO.
JECHA-Sondershausen

Digitized by Google

E T Z

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

Inhalt von Heft 41 der ETZ

7. Volltagung der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) in Skandinavien vom 27. Juni bis 9. Juli 1930. (Schluß.) 1413

Magnetische Größen und Einheiten, welche von der Vollversammlung der Internationalen Elektrotechnischen Kommission in Skandinavien 1930 angenommen worden sind. Von K. Strecker. 1418

Zur Wirtschaftlichkeitsberechnung von Fernleitungen. Von A. Hamm. 1419

Neuere Großwasserkraftanlagen in Österreich. Von C. Mattern. 1421

Die Auswertung von Auslaufmessungen durch die Teilzeitlinie. Von J. Wicher. 1426

Polens Elektrizitätswirtschaft in den Jahren 1926 und 1927. Von W. Rosental. 1431

Rundschau:

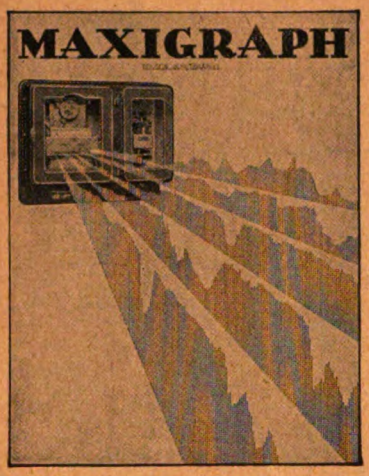
Nutenlose od. Hochspann.-Synchronmaschine. 1433 — Starkstromkondensatoren. 1433 — Temperaturregler f. Kühlschränke. 1434 — Kontrollschalt. f. Hochspannungszähler. 1434 — 220 kV-Meßwandler d. Westinghouse Co. 1434 — Ein el. Mikrometer. 1435 — Berechn. der mittleren Beleuchtungstärke v. Straßenbeleuchtungsanlagen. 1435 — El. Kleinofen f. Kupfer-, Messing-, Silber-, Gold-, Aluminium-, Blei- und Weißmetall-Schmelzen. 1436 — Elektrohängebahn m. schwenkbarer Lagerplatzbrücke. 1436 — Die neuere Entwickl. v. Betrieb u. Technik im amerikan. Fernsprech-Weitverkehr. 1437 — Zur Theorie d. kurzen Siebketten. 1437 — Kleine Selbstanschlußämter neuer Ausführ. d. Dt. Reichspost. 1438 — Beitrag z. Kenntnis d. Ausgußmassen f. Transformat. 1438 — Vorträge d. Hauses d. Technik in Essen. 1438 — Elektroinstallateur-Fortbildungskurse in Bielefeld. 1439 — Energiewirtschaft. 1439 — **Vereinsnachrichten.** 1440. — **Sitzungskalender.** 1441 — **Persönliches:** G. de Grahl, H. Schuff. 1441 — **Briefe a. d. Schriftl.:** Ludin / Krauss, Typke / Baader. 1441 — **Literatur:** G. W. Meyer, A. Schack, P. Debye, F. Ephraim. Neue Zeitschriften. Eingegang. Doktordissertationen. 1442 — **Geschäftliche Mitteilungen.** 1443

Inhalt des neuesten Heftes des Archiv f. Elektrotechnik

(Bd. 24, H. 3): Inge u. Walther, Teildurchschlag von festen Isolatoren. — Buchholz, Beitrag zur Theorie der Reaktanzspulen mit offenem Eisenkern. — Zdralek, Ein neuer elektrostatischer Spannungsmesser für Gleich- u. Wechselspannungen bis 80 kV. — Jenss, Kapazitätsberechnung für einen Draht im quadratischen Zylinder. — Faye-Hansen, Über Superpositionsgesetze und über Spannungsabfall von Einankerumformern. — Lehr, Untersuchung der erzwungenen Koppelschwingungen eines elektromechanischen Systems unter Verwendung eines graphischen Verfahrens. — Viehmann, Der Kathodenoszillograph als Präzisionsmeßgerät. — Kirch u. Riebel, Über den Zusammenhang zwischen den elektrischen Verlusten und der Viskosität von Tränkmassen. — Gauster, Über die Lösung von Schwingungsaufgaben mittels symbolischer Differentialrechnung. — Schilling, Zur Frage der Abrundung ebener Kondensatoren in normaler Luft. — Fleischmann, Die magnetische Feldstärke in der Ebene einer stromumflossenen Kreisfläche. — Rogowski, Flegler u. Wolff, Die Steilheit von Wanderwellen bei hohen Spannungen. — Möller, Über die Drehmomente beim Anlauf von Drehstrommotoren mit Käfigankern.

41. HEFT · 51. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9
(1413-1444) 9. OKTOBER 1930

Digitized by Google



MIT
REGISTRIERVORRICHTUNG
FÜR DIE
BELASTUNGSMITTELWERTE

MAXIGRAPH

IDEALER
KONTROLLAPPARAT
IN DEN ZENTRALEN

BESTER TARIFAPPARAT
FÜR DEN GROSSABONNENTEN

KLARES REGISTRIER-BILD

KEIN PERFORIERSYSTEM
KEINE TINTE
KEIN FARBSTOFF

FIRCHOW-LANDIS & GYR
BERLIN SW61

Weston **Junior Instrumente**
in Bakelit Gehäusen

für Prüffeld, Betrieb und Montage

Mod. 433, Spannungsmesser

Mod. 433, Strommesser

Mod. 432, Leistungsmesser

Kurzfristig lieferbar!

Generalvertrieb:
Dipl.-Ing. D. Bercovitz & Sohn
BERLIN-SCHÖNEBERG

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

51. Jahrgang | Berlin, 9. Oktober 1930 | Heft 41

7. Volltagung der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) in Skandinavien vom 27. Juni bis 9. Juli 1930.

(Schluß von S. 1388.)

Nachtrag. Zu den auf S. 1349 aufgeführten deutschen Teilnehmern der IEC-Tagung sind noch hinzuzufügen:

Direktor Hermanni, Annaberg,
Prof. Dr. Keinath, Berlin,
Prof. Dr. Kraft, Berlin.

Advisory Committee Nr. 7.

Aluminium.

Vorsitz: Dir. Dr. Apt, Deutschland.

An der Sitzung des Advisory Committee Nr. 7 über Aluminium in Stockholm, die unter dem Vorsitz des Unterzeichneten stattfand, nahmen Vertreter Amerikas, Kanadas, Deutschlands, Frankreichs, Großbritanniens, Hollands, Italiens, Norwegens, Polens, Schwedens und der Tschechoslowakei teil. Es war in Aussicht genommen, auf Grund der Vorschläge des Deutschen und Englischen Kommittees internationale Normen für Leitungsaluminium zur Verabschiedung zu bringen. Bei den Beratungen ergab sich jedoch, daß die nordamerikanische Aluminiumindustrie darauf bestand, niedrigere Werte für den spezifischen Widerstand festzusetzen als sie die Vertreter der europäischen Länder anzunehmen in der Lage waren. Als spezifischer Widerstand für hartgezogenes (hard drawn) Aluminium bei 20° wurde von den Vertretern der europäischen Länder der Wert von 0,028 45 $\frac{\text{Ohm mm}^2}{\text{m}}$ vorgeschlagen, während die Vertreter der U. S. A. einen Wert von 0,028 28 $\frac{\text{Ohm mm}^2}{\text{m}}$ forderten. Da es unter diesen Umständen nicht möglich war, zu einer Verständigung zu gelangen, mußte die endgültige Beschlußfassung für später zurückgestellt werden.

Auch für weichgeglühtes (annealed) Aluminium wurde die Beschlußfassung ausgesetzt, da von den U. S. A. und einigen europäischen Ländern noch weitere Versuche über die günstigsten Werte des spezifischen Widerstandes anzustellen gewünscht wurden. Berichter: Apt.

Advisory Committee Nr. 8.

Spannungen (Voltages and High Voltage Insulators)[4].

Vorsitz: Dr. Uytborck, Belgien.

1. Allgemeines.

Den Vorsitz in der Verhandlung führte Dr. Uytborck, Belgien, das Sekretariat Italien (Herr Dalla Verde). Der Name des Kommittees wurde auf Veranlassung des Committee of Action erweitert, um alle Fragen zu bearbeiten, die die Normalisierung von Spannungen und Strömen und die Isolationsfestigkeit von Hochspannungsteilen betreffen. Das nachfolgende Programm ist daher gegenüber dem früheren erweitert. Zur Durchführung von Vorarbeiten wurde ein Unterausschuß gewählt, der sich zusammensetzte aus den Herren Uytborck (Belgien), Norberg (Schweden), Duval (Frankreich), Del Buono (Italien) und Rüdenberg (Deutschland).

2. Normalspannungen.

Es soll versucht werden, die Kleinspannungen unter 100 V zu normalisieren. Da sich diese Frage in den verschiedenen Ländern in Bearbeitung oder Neubearbeitung befindet, so wurde der Unterausschuß beauftragt, das Material und auch die Begründungen für die vorzuschlagenden Werte so rechtzeitig zu beschaffen, daß die internationale und nationale Normung gleichzeitig erfolgen können.

Ein Antrag, oberhalb der Sternspannung von 220 V eine verkettete Drehstromspannung von 500 V festzulegen, wurde abgelehnt, da diese Spannung zu nahe an den bereits genormten Werten liegt. Für Gleichstrombahnzwecke wurden 600 V und 750 V als wünschenswert angesehen[5].

Die von England bzw. von Amerika beantragte Zwischenspannung von 120 oder 132 kV wurde nicht anerkannt, da sie einerseits zu nahe an den bisherigen Spannungen liegt und anderseits keine Einigkeit zu erzielen war, ob sich die Zahlen auf die Erzeuger- oder Verbraucherseite beziehen sollen. Überdies sind manche Länder im Begriff, diese Zwischenspannungsnetze auf 150 kV umzustellen. Es soll eine Klärung durch Einfordern weiteren Materials erfolgen.

Es wurde beschlossen, oberhalb der jetzigen Normalspannung von 300 kV vorläufig die weitere Stufe von 400 kV vorzusehen, da dieses für intereuropäische Zusammenschlüsse die zweckmäßigste Spannung zu sein scheint und da es wünschenswert ist, derartigen Projekten überall die gleiche Betriebspannung zugrunde zu legen.

3. Prüfspannungen.

Die in Bellagio beschlossenen Punkte 1 ... 4 wurden nunmehr endgültig festgelegt, da die auf Grund der 6-Monats-Regel eingelaufenen Einsprüche fallen gelassen wurden. Lediglich in Punkt 2 wurde redaktionell von dem Ausdruck „Mindest-Prüfspannung" das Wort „Mindest" gestrichen. Die Punkte lauten also nunmehr:

1. Im allgemeinen ist die Trockenprüfung eine Stückprobe und die Naßprüfung eine Typenprobe.
2. Die Prüfspannung ist gegeben durch die Formel
$$U_t = 2\,U + 10\,000 \text{ V},$$
wobei U_t die Prüfspannung von einer Frequenz unter 100 P/s und U die IEC-Nennspannung ist.
Wenn höhere Prüfspannungen gewünscht werden als die durch die Anwendung dieser Formel bestimmten, so muß die Prüfspannung entsprechend einer höheren IEC-Nennspannung gewählt werden, wobei keine zwischenliegenden Spannungen zulässig sind.
3. Für Innenisolatoren wird die Prüfung im trockenen Zustand ausgeführt, für Außenisolatoren unter Regen, entsprechend den später folgenden Festlegungen.
4. Die Mindest-Überschlagspannung für die Trockenprobe und für die Naßprobe unter Regen, wie sie später festgelegt wird, soll 5 % höher liegen als die Prüfspannung, die durch die obenstehende Formel gegeben ist.

Die nachfolgenden Punkte 5 ... 11 waren in Bellagio formuliert und es lag umfangreiches Material der einzelnen nationalen Kommittees vor. Es wurden die folgenden Vorschriften beschlossen, vorbehaltlich des Einspruches auf Grund der 6-Monats-Regel.

5. Die Mindestdauer der Trockenprobe und der Naßprobe beträgt 1 min nach Erreichen der vollen Spannung.
Diese Regel gilt allgemein, jedoch können für besondere Isolatoren längere Prüfdauern vorgeschrieben werden.

[4] Vgl. ETZ 1926, S. 1441, Tagung der IEC in New York; 1928, S. 161, Tagung der IEC in Bellagio.

[5] Die letztgenannten Zahlen stimmen in den verschiedenen offiziellen Protokollen nicht überein; eine Klärung ist im Gange.

Digitized by Google

6. Die Prüfspannung soll, beginnend mit höchstens 50 % des Endwertes, allmählich (etwa in Stufen von 5 % des Endwertes) bis zum vollen Werte ansteigen. Die volle Spannung soll nach einer Zeit erreicht sein, die mindestens 10 s beträgt.
7. Die Isolatoren sollen in ihrer Betriebslage geprüft werden, wobei der Regen unter einem Winkel von 45° gegen die Vertikale einfällt.
8. Vor der Prüfung sollen die Isolatoren einer Vorberechnung von 5 min Dauer unterworfen werden.
9. Die Regenmenge bei der Prüfung soll mindestens 3 mm/min betragen.

   Einige Nationen wünschten 5 mm Regenstärke, andere bis zu 2,5 herunter. Man einigte sich auf Festlegung eines Minimalwertes mit der Meinung, daß die nationalen Normen sich allmählich diesem Werte anschließen möchten.
10. Der spezifische Widerstand des Regenwassers soll zwischen 9000 und 11 000 Ωcm betragen.

    Die Korrektur bei abweichenden Wasserwiderständen ist so stark von der Art der Isolatoren abhängig, daß man sauber vergleichbare Resultate der verschiedenen Prüfungen nur durch Festlegung eines Zahlenwertes für den spezifischen Wasserwiderstand erhält. Das zur Prüfung benutzte Wasser soll einen spezifischen Widerstand von 10 000 Ωcm ± 10 % Toleranz besitzen und ist nötigenfalls durch Mischung von destilliertem Wasser und Leitungswasser herzustellen.
11. Die Prüfspannung soll eine Frequenz unter 100 P/s besitzen, das im Betrieb vorhandene elektrostatische Feld soll bei der Prüfung nach Möglichkeit hergestellt werden, insbesondere müssen die im Betrieb geerdeten Teile bei der Prüfung geerdet werden.

Die folgenden Punkte 12 ... 19 sind auf Vorschlag des Sekretariats neu zur Beratung gestellt. Sie sollen den nationalen Kommittees zur Begutachtung und Einsendung von Material zugesandt werden, das dann durch den Unterausschuß weiterverarbeitet wird.

12. Durchschlagspannung der Isolatoren bei Prüfung unter Öl oder Druckluft.
13. Gleitfunken oder Koronagrenze.

    Man ist der Ansicht, daß hierfür keine Vorschrift festgelegt werden soll.
14. Hochfrequenzprüfung.

    In Deutschland wird eine Probe mit 30 000 bis 50 000 P/s, in U.S.A. mit 100 000 und 200 000, in Frankreich mit 300 000 P/s diskutiert. Es sollen Versuchsunterlagen und Begründungen für die Bevorzugung der verschiedenen Frequenzen eingeholt werden.
15. Stoßprüfung. Auch hier sollen Unterlagen gefordert werden.
16. Kombinierte mechanische und elektrische Prüfung.
17. Stückzahl für die Typenproben.

    Man einigte sich auf den Vorschlag, für alle Typenproben 4 ‰ der Isolatoren, mindestens aber 3 Stück zu nehmen.
18. Ausfall der Probe und Zurückweisung.
19. Dauerproben mit verminderter Spannung und Verlustmessungen bei keramischem oder organischem Material.

Es wurde beschlossen, daß bei der Ausführung der Prüfung keinerlei Toleranzen gelten sollen, da die Spannungswerte bereits dementsprechend festgelegt worden sind.

Über die Meßgenauigkeit der Kugelfunkenstrecke war rechtzeitig kein ausreichendes Material eingelaufen, so daß die Frage auf die nächste Sitzung vertagt wurde.

Über die Leistung, die für Prüftransformatoren notwendig ist, sollen Unterlagen von den nationalen Kommittees eingeholt werden.

4. Transformator-Anzapfungen.

Für Verteilungstransformatoren mit Oberspannungswicklungen unter 60 kV, die nicht täglich geregelt zu werden brauchen, sollen Anzapfungen von ± 4 % der Spannung vorgesehen werden, falls nicht anderes vereinbart wird.

Dieser Beschluß ist vorbehaltlich des Einspruches auf Grund der 6-Monats-Regel erfolgt. Er trägt der Tatsache Rechnung, daß man im allgemeinen mit 3 Stufen auszukommen wünscht, dabei nie mehr als ± 2 % Abweichung vom Sollwert erhält und damit einen Bereich von insgesamt 12 % für die im Betrieb auftretenden Spannungsänderungen während längerer Zeiten überdecken kann. Die Festlegung bezieht sich nicht auf Transformatoren, die häufig geregelt werden oder dem Regeltransformatoren für häufige Betätigung vorgeschaltet werden.

5. Normale Stromstufen.

Die Schweiz hatte einen Vorschlag eingereicht, international eine Stromstufenreihe vorzuschreiben, die für alle Gebiete der Elektrotechnik gilt und nach der bekannten Fünfer-, Zehner- und Zwanzigerreihe aufgebaut ist. Der Vorschlag wird als eine gute Grundlage für die Normalisierung angesehen. Die nationalen Kommittees sollen innerhalb eines Jahres ihre Stellung zu dem Vorschlag bekanntgeben.

6. Porzellanisolatoren.

Vom Italienischen Kommittee ist ein Vorschlag eingereicht, Definitionen, Eigenschaften, Prüfungen und ähnliche Lieferungsbedingungen von Porzellanisolatoren festzulegen. Dieser Vorschlag soll in einer besonderen Unterkommission behandelt werden, für die auch ein deutscher Vertreter zu ernennen ist.

Berichter: Rüdenberg.

Advisory Committee Nr. 9.

Bahnmotoren (Electric Traction Equipment).

Die folgenden Länder waren vertreten: Belgien, Deutschland, Frankreich, Großbritannien, Holland, Italien, Österreich, Rumänien, Schweden, Schweiz, Tschechoslowakei, V. S. Amerika.

Zuerst wurden das Protokoll der letzten Sitzung in Bellagio und das des Redaktionskommittees in London genehmigt. Dann wandte man sich dem Hauptpunkt der Tagesordnung zu: dem Zusammenarbeiten der drei Organisationen der IEC, der UIC und UIT. Die Bildung eines gemischten Kommittees zur Vereinheitlichung der Prüfbedingungen wurde gutgeheißen und man trat dann in eine Besprechung des bereits vorliegenden Vorschlages CMT 3 des gemischten Kommittees ein, der in der Sitzung in Brüssel im Mai 1930 festgelegt worden war[6], mit dem zugleich die von den verschiedenen nationalen Kommittees eingegangenen Antworten auf noch offenstehende Fragen behandelt wurden.

Es wurde klargestellt, daß diese Regeln sich nur auf die eigentlichen Traktionsmotoren beziehen sollen, so daß die Hilfsmotoren u. ä. nicht darunter fallen. Zur genauen Definition der Prüfspannung von Einphasenmotoren bei Benutzung eines Transformators wurde festgelegt, daß die 90 % der höchsten Sekundärspannung sich bei der Verwendung von Überschaltdrosselspulen auf die Spannung zwischen Mittelpunkt der Drosselspule bei beiderseitigem Anschluß und den Anfang der Transformatorenwicklung beziehen sollen.

Ferner wurde schärfer zum Ausdruck gebracht, daß die in einer Tabelle gegebenen Erwärmungsgrenzen im Betrieb nur als Richtlinien, nicht als Vorschriften zu betrachten seien.

Für die Kommutierungsprobe der Einphasenmotoren soll die Spannung die der Einstundenlast entsprechende sein und der Strom das 1,7fache des Stundenstromes.

Für die Kommutierungsprobe von in Serie arbeitenden Motoren wurde die Formel angenommen $1{,}6 \frac{E}{n} \cdot 0{,}6\, I$, wobei E die Normalspannung, I den Stundenstrom und n die Anzahl der Motoren in Serie bedeuten. Voraussetzung ist hierbei, daß bei der erhöhten Spannung die maximal zulässige Drehzahl nicht überschritten wird.

Eine sehr lange Diskussion entspann sich über die Festlegung der Normalspannungen. Schon die Definitionen der Spannungen und wo diese zu messen seien, ergaben so erhebliche Unterschiede in der Auffassung, daß diese Frage der nationalen Kommittees zur weiteren Behandlung vorgelegt werden muß. Ebenso sollen die nationalen Kommittees Vorschläge machen über den weiteren Ausbau der Prüfungsvorschriften.

Berichter: Fleischmann.

Advisory Committee Nr. 10.

Isolieröle (Insulating Oils).

Vorsitz: K. Ericson, Schweden.

Bei den vorangegangenen Sitzungen dieses Kommittees in New York und Bellagio war beschlossen worden, daß mit einer Reihe von Ölsorten, die einigen nationalen

[6] ETZ 1930, S. 405.

Digitized by Google

Kommittees zugesandt wurden, vergleichende Versuche mit den verschiedenen nationalen Methoden für Ölalterung vorgenommen werden sollten. Die Resultate, die nun in Stockholm vorlagen, ergaben so große Differenzen, daß keine der Methoden als Standardmethode empfohlen werden konnte. Man beschränkte sich daher darauf, gewisse Richtlinien für eine später festzusetzende internationale Untersuchungsmethode für die Alterung der Öle auszuarbeiten. Die wesentlichsten Punkte sind, daß der Schlamm in Gewichtsprozenten und bei Anwendung eines Katalysators bestimmt werden sollte; gegen die letztere Bestimmung wurde nur von dem Delegierten der U.S.A. Einspruch erhoben. Als Katalysator kommt zunächst nur Kupfer in Betracht, als Versuchstemperatur 110 ° C. Der Versuchsapparat soll geschlossen und mit einem Rückkühler ausgerüstet sein. Der Einfluß des elektrischen Feldes wird als unwesentlich außer Betracht gelassen.

Ein Unterkommittee wurde gebildet, in das je ein Vertreter von Schweden, Deutschland, Frankreich und Großbritannien entsendet wird. Dieses Unterkommittee hat weitere Versuchsbedingungen zu beraten und Versuche zu veranlassen.

Die Frage der Messung der elektrischen Festigkeit des Öles wurde vertagt.

Die Viskosität soll in absolutem Maß angegeben werden. Die Umrechnung aus den Resultaten der üblichen empirischen Meßmethoden ist Sache der nationalen Kommittees.

Die Entscheidung über die Temperaturen, bei denen die Viskosität bestimmt werden soll (besonders ob bei 15 ° oder 20 °), soll dadurch herbeigeführt werden, daß die nationalen Kommittees sich mit ihren maßgebenden technischen Stellen in Verbindung setzen.

Berichter: Stern.

Advisory Committee Nr. 11.

Freileitungen (Overhead Lines).

Vorsitz: C. Duval, Frankreich.

1. Allgemeines.

Den Vorsitz im Ausschuß führte Herr Duval (Frankreich), das Sekretariat wurde durch Herrn Uytborck (Belgien) ausgeübt. Dem Ausschuß gehören die Länder Belgien, Deutschland, Frankreich, Großbritannien, Holland, Italien, Norwegen, Österreich, Schweden, Schweiz, Spanien, Tschechoslowakei und V. S. Amerika an.

Es wurde gleich bei Beginn der Verhandlungen nochmals darauf hingewiesen, daß im Hinblick auf das Vorhandensein behördlicher Bestimmungen über Starkstrom-Freileitungen in allen Ländern die Tätigkeit der IEC auf diesem Gebiet nicht auf Entwicklung und Herausgabe internationaler Bestimmungen über Freileitungen abzielen kann, sondern nur auf Austausch der in den einzelnen Ländern bestehenden Bestimmungen, deren Erläuterung, Begründung sowie Abgleichung, soweit letzteres im Rahmen der in den einzelnen Ländern bestehenden Gesetze möglich ist.

Sodann wurde die Niederschrift über die Ausschußsitzung in Bellagio am 12. September 1927 ohne Aussprache angenommen.

2. Vergleich der in bezug auf Starkstrom-Freileitungen in den einzelnen Ländern bestehenden Bestimmungen.

Hierzu hatte das Belgische Kommittee in der Vergangenheit einen ausführlichen Fragebogen an alle nationalen Kommittees versandt. Das Ergebnis dieser Rundfrage lag nunmehr dem Ausschuß in Form einer umfangreichen Druckschrift vor, welche einen übersichtlichen Vergleich der in den einzelnen Ländern bestehenden Freileitungsbestimmungen gestattet.

Die Versammlung nahm diese Druckschrift mit dem Ausdruck besonderen Dankes für die umfangreiche Arbeit zur Kenntnis. Es wurde beschlossen, daß die einzelnen nationalen Kommittees das Dokument daraufhin nochmals prüfen sollen, ob es in bezug auf die Vorschriften des betreffenden Landes in allen Punkten richtig und vollständig ist, und daß sie etwaige Bemerkungen dazu sowie sonstige Wünsche an das Belgische Kommittee senden sollen.

3. Zusatzlast und Sicherheitsgrad bei Freileitungen.

Hierzu lag eine Ausarbeitung des Britischen Kommittees vor, enthaltend einen Vergleich der in den einzelnen Ländern angewandten Zusatzlast und der damit erzielten Sicherheitsgrade. Die Ausarbeitung zeigt, daß die in den einzelnen Ländern diesbezüglich bestehenden Bestimmungen nicht unerheblich verschieden sind, was sich wohl aus der Verschiedenheit der klimatischen Verhältnisse und der Tatsache einer behördlichen Regelung erklären läßt.

Der britische Vorschlag zielt nun nicht etwa darauf ab, international eine einheitliche Zusatzlast und einen einheitlichen Sicherheitsgrad festzulegen und damit die bestehenden nationalen Bestimmungen außer Kraft zu setzen, sondern darauf, eine einfache, sozusagen mathematische Grundlage zu schaffen, um die bei den verschiedenen Nationen bestehenden Berechnungsmethoden rasch und eindeutig vergleichen zu können.

Über die ganze Frage herrschten recht verschiedene Meinungen und es wurde eine längere Aussprache darüber geführt. Schließlich wurde die von einem Unterausschuß vorgelegte Entschließung angenommen, welche zum Ausdruck brachte, daß es wünschenswert sei, die von Großbritannien angefaßte Arbeit fortzusetzen, eine mathematische Vergleichsformel für die verschiedenen Berechnungsmethoden für Freileitungen in den einzelnen Ländern zu suchen.

Es wurde daher beschlossen, daß sich die nationalen Kommittees bis 31. Juli 1931 über den britischen Vorschlag an das Belgische Kommittee äußern möchten, daß ferner das Belgische Kommittee auf Grund der Arbeit und dieser Unterlagen einen Vorschlag ausarbeiten, diesen zunächst den nationalen Kommittees von England, Frankreich und Deutschland zur Äußerung geben und ihn dann schließlich der Gesamtheit der nationalen Kommittees unterbreiten soll.

4. Die hauptsächlichsten Grundsätze der nordamerikanischen Sicherheitsvorschriften für Starkstrom-Freileitungen.

Das Kommittee der V. S. Amerika hatte eine Zusammenfassung der hauptsächlichsten Grundsätze aus den amerikanischen Sicherheitsvorschriften für Freileitungen in den V. S. Amerika vorgelegt. Der Ausschuß nahm diese Druckschrift zur Kenntnis, die eine Übersicht über die Fülle der einzelnen Bestimmungen gibt, die in den Vorschriften der V. S. Amerika enthalten sind, und gab dem Belgischen Kommittee zur Erwägung nachzuprüfen, ob die in den amerikanischen Sicherheitsvorschriften gewählte Stoffeinteilung für den internationalen Vergleich von Freileitungsvorschriften etwa besser sei als die in der bisherigen Druckschrift der IEC zum Vergleich gewählte Unterteilung.

5. Fragebogen des Belgischen Kommittees betr. Freileitungen.

Das Belgische Kommittee hatte zur Vorbereitung der Aussprache über eine Anzahl besonderer Fragen des Freileitungsbaues einen Fragebogen mit 7 Fragen versandt, auf welche die nationalen Kommittees sich in der Mehrzahl inzwischen schriftlich geäußert hatten. Die Fragen betrafen:

Unterschied im Bau von Freileitungen in Abhängigkeit von Zugängigkeit und Art des Baugebietes, ferner

den Sicherheitsgrad bei Kreuzungen von Bahnen, Wasserstraßen u. dgl., weiterhin

Vorrichtungen zum selbsttätigen Erden bei zufälligem Leitungsbruch, Anordnung von Erdseilen mit Rücksicht auf atmosphärische Spannungserscheinungen,

Berücksichtigung von Erddruck und Erdreibung bei der Berechnung der Standfestigkeit der Masten,

Berücksichtigung der Elastizität der Masten bei der Festigkeitsberechnung derselben unter der Annahme eines Leitungsbruches,

die Art der Schutzmaßnahmen bei Kreuzungen von Starkstromleitungen mit Telephon- oder Telegraphenleitungen und schließlich

die Kenntlichmachung von Freileitungen für den Flugverkehr.

Zu diesem Punkt der Verhandlung entspann sich eine sehr ausführliche Aussprache, in welcher die Delegierten der einzelnen Länder zu jeder Frage kurz im Sinne der in ihrem Land bestehenden Bestimmungen Stellung nahmen, welcher Meinungsaustausch sich als recht interessant und wertvoll erwies.

Beschlüsse wurden naturgemäß zu diesem Punkt nicht gefaßt.

Berichter Rachel.

Advisory Committee Nr. 12.

Radio (Radio Communications).

Vorsitz: C. C. Patterson, England.

Es wurden Abmachungen über die internationale Normung von Röhrensockeln und -fassungen getroffen. Wesentlich ist die Feststellung, daß in Zukunft die Kontakte in den Fassungen federnd, die Stifte dagegen massiv

Digitized by Google

ausgeführt sein sollen. Die Maße der Stifte sowie ihre Lage zueinander wurden einheitlich festgelegt.

Zur beabsichtigten Normung der Heizspannung kam es noch nicht. Diese Frage soll zunächst durch die nationalen Kommittees weiter geprüft und auf das Programm der nächsten Tagung gesetzt werden. Das gleiche gilt von Anschlußsteckern und Steckerfassungen für Rundfunkzwecke, für die in vielen Ländern weit voneinander abweichende Vorschriften bestehen. Um neue Vorschläge zur Vereinheitlichung ausarbeiten zu können, werden die einzelnen Länder noch bis zum Herbst genaue Angaben über die in den einzelnen Ländern bestehenden Vorschriften einreichen.

Weiter wurde über die Festlegung der Bewegungsrichtung von Schaltern, Drehknöpfen usw. verhandelt. In der Diskussion stellte es sich heraus, daß an der Klärung dieser Frage auch andere Gruppen der Elektrotechnik interessiert sind. Es wurde daher beschlossen, mit diesen Fühlung zu nehmen und die Entscheidung infolgedessen auf später zu verschieben.

Als besonders wichtig wurde die internationale Vereinheitlichung der Sicherheitsvorschriften für Netzanschlußgeräte anerkannt. Hierfür bestehen in den meisten Ländern bereits Vorschriften, die mehr oder weniger voneinander abweichen. Es wurden Vorschläge formuliert, die sich etwa im Rahmen der VDE-Vorschriften bewegen, und beschlossen, die Angelegenheit mit den einzelnen nationalen Kommittees schriftlich weiter zu verfolgen. Es muß versucht werden, allmählich Änderungen der in den einzelnen Ländern bestehenden Bestimmungen im Sinne einer Angleichung zu erreichen. Über das ursprünglich vorgesehene Programm der Tagesordnung hinaus wurde auch die Frage der Rundfunkstörungen durch elektrische Anlagen und Geräte besprochen. Es wurde angeregt, zum Studium dieses ausgedehnten Gebietes u. a. ein besonderes Unterkommittee zu gründen. Die Beschlußfassung hierüber liegt bei den nationalen Kommittees.

Über die Normung der Röhrenmaße wurde für Europa Einigkeit erzielt. In Amerika sind die Verhältnisse zur Normung offenbar noch nicht reif. Genormt wurden Sockeldurchmesser, Höhe und Kolbendurchmesser für Röhren mit einfachen Sockeln, deren Leistung 10 W nicht übersteigt, und kleine Gleichrichterröhren.

Die weiterhin auf der Tagesordnung stehenden Fragen betr. einheitliche Bezeichnungen und Symbole wurden bis zur nächsten Tagung zurückgestellt.

Ein wichtiger von Italien gemachter Vorschlag bezog sich auf Vereinheitlichung der Prüf- und Lieferbedingungen für Rundfunkröhren. Die Notwendigkeit, diese Frage international zu regeln, wurde allgemein anerkannt; eine ins Einzelne gehende Besprechung dieses Vorschlages konnte jedoch nicht mehr stattfinden. Es wurde beschlossen, einen Antrag auf Bearbeitung dieser Frage an das Sekretariat des CCIR zu richten. Unabhängig davon wurde das Holländische Kommittee der IEC gebeten, die Angelegenheit mit den nationalen Kommittees schriftlich weiterzubearbeiten und offizielle Vorschläge vorzubereiten, die auf der nächsten Tagung gemacht werden sollen. Berichter: Lock.

Advisory Committee Nr. 13.

Zähler (Measuring Instruments).

Vorsitz: K. Edgcumbe, England.

In der im November 1929 in Berlin abgehaltenen Sitzung des Advisory Committee 13 (Meßinstrumente) war beschlossen worden, zwei Klassen von Zählern zu behandeln, und zwar Zähler für Kleinkonsumenten und Zähler für Großkonsumenten. Für die Plenarsitzung in Skandinavien konnten die Einzelfragen durch die nationalen Kommittees und durch das (deutsche) Sekretariat der Fachgruppe 13 soweit vorbereitet werden, daß in allen wesentlichen Punkten eine Übereinstimmung erreicht wurde und ein endgültiger Beschluß gefaßt werden konnte. Das gleiche gilt für Meßwandler; auch hier wurden Festsetzungen für 2 Klassen von Wandlern, die den deutschen Klassen E und F entsprechen, getroffen.

Für die in Aussicht genommene Behandlung von anzeigenden Meßinstrumenten wurden Vorbesprechungen abgehalten. Berichter: Schmidt.

Advisory Committee Nr. 14[7].

Kennzeichnung der Rohwasserkräfte (Rating of Rivers).

Die IEC hatte bereits im Jahre 1927 einen Sonderausschuß mit der Aufgabe betraut, einheitliche Begriffsbestimmungen und Berechnungsgrundlagen für die Ermittlung der in den einzelnen Ländern vorhandenen Rohwasserkräfte für statistische und Vergleichszwecke festzulegen. Die mitwirkenden Länder hatten ihre Wünsche und Anregungen ausgearbeitet und das Sekretariat hatte diese zu einem einheitlichen Vorschlag zusammengefaßt, der während der diesjährigen Hauptversammlung verhandelt werden sollte.

Die sachlichen Verhandlungen waren von dem Streben nach gegenseitiger Verständigung getragen. Dank der Beschränkung auf das Wesentliche wurde auch eine Einigung erzielt. Als Einheit für die Leistung wurde das Kilowatt festgelegt. Für die Fallhöhe wurden Meter und Fuß, für die Abflußmenge Kubikmeter und Kubikfuß nebeneinander als zulässig anerkannt. Bei Angaben über die zur Verfügung stehenden Wasserkräfte sollen die vorhandene Wassermenge und die rohe Fallhöhe eingesetzt werden. Die Schätzung der Ausbauleistung wird auf 3 Wassermengen bezogen, und zwar auf diejenigen mit 90 % und mit 50 % Überschreitungsdauer und auf die mittlere Wassermenge. Auf Wunsch Deutschlands und Englands wird daneben auch noch die Wassermenge mit 25 % Überschreitungsdauer und auf Wunsch Schwedens die mit 75 % Überschreitungsdauer angeführt. Der Monat mit dem kleinsten Niedrigwasser soll angegeben werden. Als Roharbeitsvermögen der Speicher gilt das Produkt aus Nutzinhalt und roher Fallhöhe, gemessen in kWh. Als Leistung einer ausgebauten Anlage ist die installierte Leistung in kW einzusetzen. Sonst können die gleichen Angaben verwendet werden wie bei den Rohwasserkräften.

Über die Form der Statistik und die etwa zugrundeliegenden Formulare wurde nichts beschlossen; dies wurde als Aufgabe der Weltkraftkonferenz hingestellt.

Berichter: Soldau.

Advisory Committee Nr. 15.

Isolierstoffe (Shellac).

Vorsitz: Dr. Gibson, England.

Die Sitzung wird am 4. VII. 1930 unter Vorsitz des Herrn Dr. Gibson (England) eröffnet.

Es nehmen teil: Dr. Gibson, Dr. Michie, England, Dr. Beran, U.S.A., Dr. Namyslowski, Polen, Dr. Evers, Deutschland.

Zu Beginn der Sitzung wurde die Frage erörtert, ob die Diskussion allein auf Schellack beschränkt bleiben soll oder ob man auch andere Isoliermaterialien mit heranziehen soll. Es wurde der deutsche Vorschlag angenommen, die Materie vorläufig zu teilen in

1. Schellack,
2. Isolierlacke (künstliche Harze),

wobei unter 2. im wesentlichen nur Bakelitlacke zu verstehen sind. (Dieser Vorschlag findet den Beifall des Kommittees.)

Außer den britischen Vorschlägen 15 Great Britain 1 wurden auch die amerikanischen Vorschläge: ASTM Designation D 29—29 T und ASTM Designation D 207 bis 29 T zur Diskussion gestellt. Von der amerikanischen Delegation werden zu den britischen Vorschlägen Antworten in Aussicht gestellt, die dem Kommittee über das Central Office zugehen.

Über die britischen Vorschläge fand eine Aussprache statt, ohne sich auf Einzelheiten festzulegen. Einsprüche ergaben sich gegen die britischen Vorschläge nicht. Vom deutschen Delegierten wird auf die Methode von Wolff[8] hingewiesen und diese Methode als quantitative Bestimmung für Kolophonium in Schellack empfohlen. Es werden dazu vom Kommittee weitere Zahlenangaben gewünscht.

Die übrigen Bestimmungen, die gemacht werden sollen, sind

1. Bestimmung des Kolophoniumgehaltes,
2. „ „ Aschegehaltes,
3. „ der Jodzahl,
4. „ des Flowtests.

Die Notwendigkeit der Bestimmung des Wachsgehaltes wird bezweifelt, es soll aber noch weiteres Material beigebracht werden.

Für die Weiterarbeit wird das Kommittee sich darüber einig, daß Vorschläge, die mehr ins Einzelne gehen, gemacht werden sollen. Als Grundlage dienen die britischen und amerikanischen Vorschläge. Die Vorschläge sollen gemacht werden:

1. über Schellack,
2. „ Isolierlacke.

Weitere Anträge wurden zunächst nicht gestellt.

Berichter: Dr. Evers.

[7] Vgl. a. VDI-Nachr. 1930, Nr. 30.

[8] Vgl. dazu W. Nagel, Wiss. Veröff. Siemens-Konz. Bd. 6, S. 263.

Digitized by Google

Advisory Committee Nr. 16.

Klemmenbezeichnungen (Terminal markings).

Vorsitz: Prof. Dr. Strecker.

Zunächst teilte das Sekretariat (Holland) mit, daß zu dem letzten Sitzungsbericht RM 53 von Bellagio 1927 eine Anzahl kleiner Änderungsvorschläge vorliege, die im wesentlichen jedoch nur redaktioneller Art seien und das Gesamtbild der seinerzeitigen Beratungen nicht änderten; eine unter den Anwesenden zur Verteilung gebrachte diesbezügliche Liste wurde als Ganzes genehmigt und der Bericht RM 53 nach Anbringung dieser Änderungen somit bestätigt.

Ausgangspunkt für die weiteren Beratungen war die durch die Tagung in Bellagio geschaffene Lage, die in verschiedenen Punkten wegen der Gegensätzlichkeit einiger Vorschläge eine Einigung nicht erreichen und deshalb die Arbeiten in der Zwischenzeit zu einem gewissen Stillstand hatte kommen lassen.

Wie aus dem in ETZ 1928, S. 161 u. ff. veröffentlichten Bericht hervorgeht, standen sich bezüglich der Klemmenbezeichnung zwei Systeme gegenüber. Das eine, von Deutschland und der Schweiz in Vorschlag gebracht, ist gekennzeichnet durch die Verwendung möglichst nur eines Buchstabens für jede Klemme, d. h. möglichst weitgehende Vermeidung von Indices; Anfang und Ende jeder Wicklung bei Gleichstrom bzw. jedes Stranges bei Wechselstrom werden daher mit verschiedenen Buchstaben bezeichnet. Demgegenüber stand das andere hauptsächlich von Frankreich empfohlene System, bei dem die Klemmen jeder Wicklung bzw. jedes Stranges zwar mit gleichem Buchstaben, jedoch mit unterscheidenden Indices bezeichnet werden. Die Systeme weichen noch darin voneinander ab, daß bei dem ersten System für Wechselstrom die Endbuchstaben des Alphabets und bei dem zweiten sowohl für Wechselstrom als auch für Gleichstrom die Anfangsbuchstaben verwendet werden. Eine Abstimmung ergab damals für das deutsche System eine kleine Mehrheit. Da hierbei eine Beschlußfassung unmöglich war, so wurde diese vertagt und die Minderheit gebeten, im Interesse der IEC-Bestrebungen dem Mehrheitsvorschlag zuzustimmen. Als Ergebnis der schriftlich weitergeführten Verhandlungen wurde festgestellt, daß mit einer solchen Lösung nicht mehr gerechnet werden konnte.

Auf Grund dieser Sachlage hatte das federführende Holländische Kommittee mit Dohument 16 (Sekretariat) 102 zunächst drei Vorschläge ausgearbeitet, die von ihm später zu einem einzigen Vergleichsvorschlag zusammengefaßt wurden, der in Stockholm vorlag.

Der amerikanische Delegierte teilte mit, daß in Amerika die Frage der Klemmenbezeichnungen noch nicht endgültig geklärt sei und man mit großem Interesse das Beratungsergebnis dieses Ausschusses verfolge.

Der englische Delegierte teilte mit, daß Vorschläge für die Standardisierung der Klemmenbezeichnungen bereits im Druck vorlägen, deren endgültige Fassung von den Beschlüssen der IEC-Tagung in Stockholm abhängig gemacht werden sollte. Gegenüber dem holländischen Vorschlage äußerte er Zweifel, ob das deutsche System für Wechselstrom geeignet sei, auch kompliziertere Schaltungen in befriedigender Weise wiederzugeben; von dem deutschen und schweizerischen Vertreter wurde darauf hingewiesen, daß dieses System sich nur auf verhältnismäßig wenige und allgemeine Richtlinien beschränke, so daß kompliziertere Schaltungen im Einzelfall leicht jeweils auf den Grundlagen des Systems entwickelt werden könnten.

Unter Zustimmung aller Anwesenden, die sich bereit erklärten, ihren nationalen Kommittees die Annahme des holländischen Vorschlages als Grundlage für die weiteren Verhandlungen zu empfehlen, wurde ein kleines Kommittee gebildet, das verschiedene mit dem holländischen Vorschlag im Zusammenhang stehende Einzelfragen erledigen soll, ferner wurde das Holländische Kommittee im besonderen beauftragt, einen Entwurf im Sinne des nachstehenden Beratungsergebnisses durchzuarbeiten und an die einzelnen Länder zu verteilen:

Für Gleichstrom sowie für Einphasen-Kommutatormaschinen, soweit sie den Gleichstrommaschinen nachgebildet sind, sollen die symbolischen Bezeichnungen entsprechend dem französischen System, die auch mit den englischen und amerikanischen große Ähnlichkeit aufweisen, gewählt werden, demzufolge Anfang und Ende jeder Wicklung mit einem und demselben Hauptbuchstaben, jedoch mit unterscheidenden Indices bezeichnet werden. Die Hauptbuchstaben, die dem Anfange des Alphabets zu entnehmen sind, sollen nach Möglichkeit so gewählt werden, daß sie in den drei Hauptsprachen symbolische Bedeutung (z. B. E... Excitation... Excitation... Erregung) haben. Hinsichtlich der französischen Indices + und — war seitens des deutschen Vertreters darauf aufmerksam gemacht worden, daß sie aus zwei Gründen ungeeignet sind: erstens würde es vorkommen, daß z. B. beim Reversieren von Motoren durch Umklemmen der Feldwicklung eine mit + bezeichnete Klemme mit dem negativen Pol verbunden würde und umgekehrt, zweitens würde diese Bezeichnungsweise bei Einphasenmotoren zwar nicht unmöglich sein, aber sehr unschön wirken. Für die Unterscheidung der beiden Klemmen einer Wicklung käme entweder die englische Form, z. B. A—AA, oder die amerikanische Form, z. B. A_1—A_2, in Frage.

Für Wechselstrom mit Ausnahme der oben bezeichneten Einphasen-Kommutatormaschinen sollen die konventionellen Bezeichnungen entsprechend dem deutsch-schweizerischen System gewählt werden, dessen wesentliche Merkmale folgende sind: Ein einziger Buchstabe ohne Index für die Hauptklemmen; Anfang und Ende jedes Stranges (Phase) erhalten daher verschiedene Buchstaben. Indices sollen nur verwendet werden, wenn sie, wie beispielsweise bei Anzapfungen, unumgänglich notwendig sind. Als Buchstaben sind die letzten des Alphabets zu verwenden. Sowohl die Hochspannungsseite von Transformatoren als auch der Primäranker von Induktionsmotoren erhalten große steile Buchstaben, während mit kleinen schrägen Buchstaben umgekehrt die Niederspannungsseite von Transformatoren und der Sekundäranker von Induktionsmotoren bezeichnet werden sollen.

Bezüglich der bereits in Bellagio angeschnittenen Frage einer Festlegung der Drehrichtung von Maschinen wurde beschlossen, daß die Bezeichnung „im Uhrzeigersinn" (clockwise) und „im Gegenuhrzeigersinn" (counter-clockwise) verwendet, die Ausdrücke „Rechtslauf, Linkslauf, positiv, negativ" vermieden werden sollen.

Man kam weiterhin überein, den Gebrauch eines Pfeiles für die Drehrichtung auf dem Leistungschild zu empfehlen und dieses so an der Maschine zu befestigen, daß der Pfeil räumlich nicht entgegengesetzt zur Drehrichtung zeigt.

Über die Festlegung des Standpunktes, von dem aus die Drehrichtung betrachtet wird (Antriebseite, Stromwenderseite usw.), konnte eine Einigung noch nicht erzielt werden. Es wurde eine wiederholte Umfrage durch das Sekretariat beschlossen, damit diejenigen Länder, die sich noch nicht geäußert haben, ihre Stellungnahme bekanntgeben.

Bezüglich der Bezeichnung der Schaltgruppen von Drehstrom-Transformatoren wurde der mit Dokument 16 (Sekretariat) 103 wiederholte Vorschlag des Tschechoslowakischen Kommittees im Prinzip angenommen; die Schaltgruppe soll durch zwei Buchstaben und eine Zahl dargestellt werden. Die Buchstaben D, d sind für Dreieckschaltung, Y, y für Sternschaltung, Z, z für Zickzackschaltung vorgesehen, wobei die großen Buchstaben sich auf die Hochspannungswicklung, die kleinen auf die Niederspannungswicklung beziehen sollen. Die Ziffer bedeutet die Phasenverschiebung in Uhrzeigerstunden (je 30 elektrische Grade) zwischen gleichnamigen Phasenspannungen der Ober- und Unterspannungseite. Auf Einwände, die von dem englischen Vertreter erhoben wurden, beschloß man die Beratung weiterer Einzelheiten in einer späteren Sitzung des Unterkommittees im September d. J. in London fortzusetzen, wobei auch die Frage der bevorzugten Schaltgruppen behandelt werden soll.

Der schweizerische Delegierte erinnerte ferner an die von der Schweiz und Deutschland eingereichten Vorschläge für die Klemmenbezeichnungen bei Apparaten. Die Versammlung stimmte zu, daß diese Vorschläge als Ausgangspunkt für weitere Studien betrachtet werden sollen.

Bezüglich der Apparate, die mit Meßinstrumenten in Verbindung stehen, sollen Verhandlungen mit dem Kommittee für Meßinstrumente aufgenommen werden.

Der schweizerische Delegierte schlug ferner vor, in das Arbeitsgebiet die Festlegung der farbigen Bezeichnungen von Leitungen einzubeziehen. Die Versammlung stimmte zu, die nationalen Kommittees sollen aufgefordert werden, ihre Ansichten mitzuteilen.

In Anbetracht der Tatsache, daß das Arbeitsgebiet des Committee Nr. 16 sich nicht nur auf die Festlegung von Klemmenbezeichnungen bezieht, soll bei dem Aktionskommittee eine Erweiterung des Namens des Committee 16 in Terminal Markings and Other Identifications,

Marques des Bornes et autres Marques d'Identification

beantragt werden.

Berichter: Prof. Dr. Brüderlink.

Digitized by Google

Advisory Committee Nr. 17.

Ölschalter (Oil Switches and Circuit Breakers).

Vorsitz: V. List, Tschechoslowakei.

Das Kommittee beriet über die Vorschriften für Prüfung des Ausschaltvermögens von Ölschaltern im Versuchsraum. Für den Schaltzyklus wurde die Formel O — 3 — CO — 3 — CO angenommen, wobei C das Einschalten auf Kurzschluß, O das Öffnen des Schalters bedeutet und die 3 die Zeitdauer in Minuten angibt, die zwischen Öffnen und Schließen des Schalters einzuhalten ist. Außerdem soll, wenn erforderlich, ein besonderer Einschaltzyklus nach der Formel C — 3 — C vorgeführt werden. Als Ausschaltspannung wird die nach Unterbrechung in allen Phasen wiederkehrende Spannung definiert. Beim Einschaltstrom wird die Gleichstromkomponente mit eingeschlossen. Die Schalter sollen ihr Ausschaltvermögen bei jedem beliebigen Leistungsfaktor hergeben, beim Versuch genügt der Nachweis bei einem Leistungsfaktor von höchstens 0,15. Auch bei geringerem als dem spezifizierten Ausschaltvermögen soll der Schalter ordnungsgemäß arbeiten. Der Leistungsfaktor wird aus dem Oszillogramm abgelesen. Das Ausschaltvermögen wird in Volt und Ampere angegeben, nicht in kVA. — Für kurzzeitige Strombeanspruchung soll der Strom, den der Schalter 5 s lang aushält, angegeben werden.

Das vom Deutschen Kommittee veranlaßte Rundschreiben über die Bewegungsrichtung von Schaltern, Kontrollern und Reglern und über die Kennfarben für die Stellung von Ölschaltern wurde besprochen. Hier sei nur hervorgehoben, daß bei Reglern mit Handrad die Bewegung im Uhrzeigersinn zur Erhöhung der Spannung oder der Drehzahl als normal angesehen wurde. Bei Ölschaltern mit Handrad bedeutet die gleiche Bewegungsrichtung Einschalten. Bei Handhebeln gilt sinngemäß die Bewegung im Uhrzeigersinn oder die Aufwärtsbewegung für die Einschaltung, bei Kontrollern zum Lastheben und -senken sowie zum Fahren die sympathische Bewegung. Für die Aufwärts-Einschaltbewegung von Ölschaltern mit Handhebeln war keine völlige Übereinstimmung zu erzielen.

Als Lampenfarbe für die Kennzeichnung der Einschaltstellung eines Ölschalters wurde einstimmig „rot" angenommen. Von der deutschen Delegation wurde geltend gemacht, daß „grün" als Kennfarbe für die Ausschaltung nicht praktisch sei, da es gerade viele „grünrot" Farbenblinde gebe. Es wurde blau oder weiß vorgeschlagen, die Entscheidung jedoch vertagt. Das Deutsche Kommittee wurde aufgefordert, den neuen Vorschlag den übrigen nationalen Kommittees auf dem üblichen Wege zur Rückäußerung zugehen zu lassen.

Berichter: Stern.

Advisory Committee Nr. 18.

Elektrische Anlagen auf Schiffen (Installation on Ships)

— tagte nicht —

Advisory Committee Nr. 19[*].

Abnahmeregeln für Verbrennungsmotoren (Internal Combustion Engines).

Vorsitz: P. Stiffel, Frankreich.

Im Rahmen der diesjährigen Sitzung der einzelnen Sektionen der IEC fand am 5. Juli in Stockholm die Gründungsitzung der Sektion 19 statt, die über Leistungsnormen und Abnahmeregeln für Verbrennungsmotoren allgemein gültige internationale Vereinbarungen festlegen soll. Mit der Vertretung der deutschen Belange waren Dir. Schultz, Köln-Deutz, und der Unterzeichnete beauftragt. Einzelne Staaten hatten Vorschläge für die internationale Regelung ausgearbeitet und den Teilnehmern vorgelegt. Nach kurzer Beratung erschien es aber nicht angebracht, diese Vorschläge durchzusprechen und auf ihre internationale Brauchbarkeit zu prüfen. Auf Grund eines deutschen Vorschlages wurden gewisse grundlegende Fragen, welche die Vorbedingung für eine internationale Einigung schaffen sollen, erörtert. Es wurde daher über die Begriffsbestimmungen der Verbrennungsmotoren, über die Toleranzen, über den Begriff der Nutzleistung, der Überlastungsfähigkeit, der Gleichförmigkeit des Ganges usw. verhandelt und auch eine befriedigende Übereinstimmung in der Stellungnahme der einzelnen Ländervertreter erreicht. Endgültige Beschlüsse ließen sich natürlich nicht fassen; es wurde lediglich verabredet, daß innerhalb der einzelnen nationalen Kommittees die angeschnittenen Fragen bearbeitet und der IEC spätestens in neun Monaten Entwürfe für Leistungsnormen vorgelegt werden sollen. Nach Jahresfrist ist dann die Einberufung einer zweiten Sitzung dieser Sektion zur Beschlußfassung beabsichtigt.

Berichter: Nägel.

Deutsches Kommittee der Internationalen Elektrotechnischen Kommission.

K. Strecker, Vorsitzender. P. Schirp, Schriftführer.

[*] Vgl. a. VDI-Nachr. 1930, Nr. 30.

Magnetische Größen und Einheiten, welche von der Vollversammlung der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) in Skandinavien 1930 angenommen worden sind[*].

Von Prof. Dr. K. Strecker, Heidelberg.

Der Vorsitzer des Unterausschusses für elektrische und magnetische Größen und Einheiten, Prof. A. E. Kennelly von der Harvard-Universität (V. S. Amerika), hat einen vorläufigen Bericht über die Arbeiten dieses Unterausschusses verfaßt, dem er die Worte voranstellt: „Ehe wir neue Arbeit unternehmen, ist es wünschenswert, unsere volle Aufmerksamkeit der Kenntnis und Annahme der neuen Vorschläge der IEC für die magnetischen Einheiten zuzuwenden. Es wird von großem, internationalem Vorteil sein, wenn wir die Gleichartigkeit der Einheiten, der Namen und der Begriffsbestimmungen auf diesem wichtigen Gebiet angewandter Wissenschaft sicherstellen."

Über einiges, was Kennellys Bericht enthält, habe ich schon kürzlich berichtet (ETZ 1930, S. 1350). Ich beschränke mich daher auf das, was außerdem in diesem Bericht enthalten ist.

In Bellagio wurde 1927 vom Italienischen Kommittee ein Vorschlag vorgelegt, eine Einheit des magnetischen Flusses Φ im praktischen oder Volt-Ampere-Ohm-System mit einem bestimmten Namen anzunehmen. Der Vorschlag wurde einem besonderen Unterausschuß des Beratenden Ausschusses Nr. 1 (Benennungen) überwiesen, welcher den Namen: „Unterausschuß für magnetische Einheiten" erhielt und dem je ein Vertreter von sieben nationalen Ausschüssen zugeteilt wurde (Deutschland, Frankreich, Großbritannien, Holland, Italien, Rußland und V. S. Amerika). Im Verlauf der diesjährigen Beratungen wurden noch Vertreter von weiteren 4 Ländern in den Unterausschuß aufgenommen, nämlich von Norwegen, Polen, Rumänien, Spanien. Zugleich wurden die Aufgaben des Unterausschusses erweitert und sein Name geändert in „Unterausschuß für elektrische und magnetische Einheiten und Größen".

Dieser Unterausschuß verhandelte vor der Tagung in Skandinavien über den Gegenstand durch Briefwechsel seiner Mitglieder. Aber die Ansichten wichen wesentlich voneinander ab und es konnte keine Übereinstimmung der Meinungen erreicht werden. Man beschloß daher, die Frage auf schriftlichem und mündlichem Wege in den verschiedenen Ländern und nationalen Kommittees zu behandeln, in der Hoffnung, den Weg für eine internationale Einigung bei der Tagung in Skandinavien zu ebnen.

Der Unterausschuß beschloß, die CGS-Einheiten, die im Jahre 1900 in Paris angenommen worden waren, nachzuprüfen. Hierzu war zunächst nötig, daß über die grundlegenden Begriffsbestimmungen der magnetischen CGS-Einheiten, insbesondere über die magnetische Permeabilität μ, internationales Einverständnis herbeigeführt wurde, denn über diese Frage ergaben sich abweichende Meinungen in nahezu allen Ländern.

Es herrscht allgemeines Einverständnis, daß im Vakuum oder im leeren Raum eine gleichmäßige magnetisierende Kraft H eine gleichmäßige und ihr numerisch gleiche Dichte B des magnetischen Flusses erzeuge. Hieraus folgt, daß die Permeabilität μ_0 des Raumes oder das Verhältnis B/H im leeren Raum der Einheit gleich ist. Es ist indessen darüber gestritten worden, angenommen, daß im leeren Raum eine magnetisierende Kraft $H = 20$ (beispielsweise) auch ein $B = 20$ hervorbrächte, ob die Flußdichte B genau dieselbe physikalische Größe wie H sei oder ob H eine Größe B erzeugt, welche zwar der Zahl nach gleich, doch physikalisch von ihr verschieden sei.

[*] Vgl. ETZ 1930, S. 1350.

Digitized by Google

Wenn H und B physikalisch gleicher Art sind, ist es nicht nur überflüssig, sondern sogar irreführend, sie verschieden zu benennen und ihnen verschiedene Einheiten zuzuordnen. Dieselbe Einheit Gauß, die man der einen Größe zuteilte, würde auch für die andere gelten. Wenn dagegen die Flußdichte B sich wesentlich von der magnetisierenden Kraft H unterscheidet, wird es nötig, verschiedene Namen für diese Größen aufzustellen, selbst wenn man sich über die absoluten Dimensionen von B und H nach Länge, Masse und Zeit nicht einigen kann.

Entscheidung über die Frage der Permeabilität.

Bei der ersten Besprechung des Unterausschusses in Stockholm war man einstimmig der Ansicht, für die Aufgaben der Elektrotechnik die Hypothese anzunehmen, daß B und H im leeren Raum verschiedene physikalische Dimensionen haben; infolgedessen ist der Quotient μ_0, die Permeabilität des leeren Raumes, eine dimensionsbehaftete Größe und nicht bloß eine dimensionslose Zahl (im CGS-System). Ferner war man darüber einverstanden, daß das Verhältnis μ/μ_0 der absoluten Permeabilität eines magnetischen Stoffes wie Stahl zu der Permeabilität des leeren Raumes seine relative (bezogene) Permeabilität genannt und als reine Zahl angesehen werden sollte. Wenn wir demnach von Stahl sprechen, der bei einer bestimmten magnetisierenden Kraft eine absolute Permeabilität μ von beispielsweise 1000 hat, so ist dies eine dimensionsbehaftete Größe von denselben Dimensionen wie die Permeabilität des leeren Raumes μ_0. Wenn wir aber von seiner relativen (bezogenen) Permeabilität μ/μ_0 sprechen, die z. B. 1000 betragen möge, so meinen wir eine reine Zahl.

Namen für die magnetischen Einheiten des CGS-Systems.

Nachdem man sich über die Frage der Permeabilität geeinigt hatte, nahm der Unterausschuß folgende Namen für die magnetischen CGS-Einheiten an, entweder einstimmig oder mit großer Mehrheit:

Magnetomotorische Kraft F [1]	Einheit	Gilbert,
magnetisierende Kraft H	„	Oersted,
magnetischer Fluß Φ	„	Maxwell,
magn. Flußdichte, Induktion B	„	Gauß.

[1] Nach früherer Entscheidung der IEC werden als Formelzeichen für die magnetischen Größen Rundschrift- oder andere von den gewöhnlichen abweichende Buchstaben benutzt. In Deutschland hat man dafür Fraktur- (sog. deutsche) Schrift benutzt, die seit einiger Zeit nur in dem Fall verwandt wird, wenn man die Vektoreigenschaft der Größe hervorheben will.
Im Französischen und Englischen schreibt man die Einheitsnamen mit kleinen Anfangsbuchstaben, im Deutschen dagegen mit großen.

Das Dänische Kommittee der IEC legte Wert darauf festzustellen, daß zwar der Name Oersted in Amerika für die Einheit des magnetischen Widerstandes benutzt, aber niemals international angenommen worden ist, und außerdem, daß Oersted sich mit dem magnetischen Widerstand nicht beschäftigt hat; vielmehr hat er das magnetische Feld des elektrischen Stromes entdeckt. Es wäre also richtiger, den Namen Oersted international für die Einheit der Feldstärke als für die des magnetischen Widerstandes zu wählen.

Die folgenden magnetischen Größen des CGS-Systems sind vorläufig noch ohne Namen: magnetischer Widerstand, spezifischer magnetischer Widerstand, magnetischer Leitwert und Leitvermögen (Permeabilität). Diese Größen bedürfen indes in der Elektrotechnik nicht dringend der Namen.

Name einer magnetischen Einheit im praktischen System (VAΩ).

Übereinstimmend mit einem Vorschlag, den das Italienische Kommittee 1927 aufgestellt hatte, nahm der Unterausschuß eine praktische Einheit des magnetischen Flusses Φ mit dem Wert von 10^8 CGS-Einheiten an und gab ihr den Namen Pramaxwell. Die Vorsilbe Pra ist dabei als Abkürzung für „praktisch" anzusehen.

Auch stimmte man darin überein, daß die Vorsilbe pra geeignet sei, um von den CGS-Einheiten entsprechende praktische Einheiten abzuleiten.

Bei der Nachprüfung der Vorschläge des Unterausschusses durch den Beratenden Ausschuß für Benennungen wurde zwar der Name Pramaxwell entsprechend der gegebenen Definition als Einheitsgröße und -name angenommen, da keine Gefahr des Mißverständnisses und der Verwechslung besteht; aber es sei etwas anderes bei der Schöpfung und Benennung anderer praktischer magnetischer Einheiten nach den Einheiten der CGS-Reihe, wie das Pragilbert, Praörsted oder Pragauß. Der Grund liegt darin, daß heute mindestens drei verschiedene Systeme praktischer Einheiten bekannt sind, nämlich die von a) Maxwell, b) Giorgi und c) Dellinger, Bennett, Karapetoff und Mie. Ferner sind diese drei Systeme in neuerer Zeit „verbessert" worden, indem der Faktor 4π von der magnetomotorischen Kraft zum magnetischen Widerstand verschoben wurde. Auf diese Art könnte man mindestens zwei mögliche Werte für das Pragilbert, sechs für das Pragauß erhalten. Unter diesen Verhältnissen scheint es wünschenswert, sich für jetzt, soweit es sich um die Vorsilbe Pra handelt, auf das Pramaxwell zu beschränken. Die Amperewindung ist natürlich eine praktische Einheit der magnetomotorischen Kraft, welche seit langem benutzt wird und frei von Zweifel ist.

Zur Wirtschaftlichkeitsberechnung von Fernleitungen.

Von **Arthur Hamm**, Breslau.

Übersicht. Es wird darauf hingewiesen, daß die übliche Wirtschaftlichkeitsberechnung von Fernleitungen, bei der neben dem Kapitaldienst der Leitung und ihren Unterhaltungskosten nur noch die Kosten der Verlustarbeit berücksichtigt werden, nicht imstande ist, manche neuerdings häufiger auftretende Fragen zu beantworten und auch sonst vielfach zu unrichtigen Ergebnissen führt. Es wird gezeigt, daß die (im Kraftwerk aufzustellende) Verlustleistung die Wirtschaftlichkeit in mindestens gleichem Maße beeinflußt wie die Jouleschen Verluste der Leitung selbst.

Zur Wirtschaftlichkeitsberechnung von Leitungen sind schon sehr früh genaue und elegante Verfahren entwickelt worden[1]. Bei diesen werden sämtliche entstehende Kosten und Verluste berücksichtigt: die Anlagekosten der Leitung und der durch sie entstehende Kapitaldienst, die Jouleschen Verluste in der Leitung, die Unterhaltung der Leitung selbst, sodann die im Kraftwerk zur Deckung der Verluste aufzustellende Leistung und die von ihr verursachten Kosten (Kapitaldienst, Unterhaltung). In ähnlich vollständiger Weise rechnet Klingenberg[2] bei dem Vergleich zwischen Strom- und Kohlenbeförderung die Strombeförderungskosten aus. In der Praxis hat sich ein derartiges Verfahren, wie Teichmüller in Streckers Hilfsbuch für die Elektrotechnik mit Recht bemerkt, indessen nicht einführen können. Zwar werden Wirtschaftlichkeitsberechnungen für Leitungen öfters angestellt, aber gewöhnlich in einfachster Weise. Der Kapitaldienst, die Unterhaltungskosten und die Jouleschen Verluste verschiedener Übertragungsmöglichkeiten werden einander gegenüber gestellt und die Ausführung mit den niedrigsten Jahreskosten als die wirtschaftlichste angenommen oder es wird noch einfacher die Ausführung als die wirtschaftlichste bezeichnet, die die geringsten Anlagekosten ergibt. Entsprechend dieser Übung der Praxis ist in einer der neuesten Veröffentlichungen über Leitungsberechnung[3] lediglich unter Berücksichtigung von Kapitaldienst, Unterhaltungskosten und Verlusten der Leitung einschl. Umpannern die Wirtschaftlichkeit ermittelt und des vollständigen Verfahrens überhaupt nicht Erwähnung getan. Es ist anscheinend so vollkommen vergessen, daß der Verfasser es sich anläßlich einer Sonderaufgabe von neuem entwickelt hat. Dabei kann, wie sich gerade in dem Falle zeigte, die unvollständige Rechnung zu recht unwirtschaftlichen Bemessungen führen, wie sie überhaupt auf manche neuerdings häufiger vorkommende Fragen (Spannungs-, Blindstromregelung) überhaupt keine Antwort zu geben vermag. Gerade hierbei ist die Berücksichtigung der Verlustleistung des Kraftwerkes und ihrer Jahreskosten einfach unerläßlich. Auch bei Kabeln und Freileitungen sind diese Kosten häufig von gleicher Größenordnung wie die Kosten der Jouleschen Verluste, nicht selten sogar erheblich höher.

Es sei beispielsweise der Fall gegeben, daß auf einer Leitung der Spannungsabfall ungewöhnlich hohe Werte annehme, so daß eine Auffrischung der Spannung entweder durch Aufstellung eines Regelumspanners am Orte

[1] Hochenegg, Z. f. El. 1887, S. 11.
[2] Klingenberg, Bau großer Elektrizitätswerke, 2. Aufl.
[3] Burger, Berechnung von Drehstromkraftübertragungen, S. 44. Berlin 1927.

Digitized by Google

der Hauptbelastung oder einer Blindstrommaschine oder endlich durch Errichtung einer zweiten Leitung in Betracht gezogen werden muß. Hierbei sind dann die Kosten der erhöhten Verluste der bestehenden Leitung mit den gesamten Kosten, Verlusten, Unterhaltungskosten und Kapitaldienst der neu zu errichtenden Anlagen zu vergleichen. Es leuchtet ein, daß hierbei eine Wirtschaftlichkeit der Spannungsverbesserung nicht nachzuweisen sein wird. Es lag der Fall einer 10 kV-Leitung vor, auf der durch Belastung mit stark nacheilendem Strome sehr ungünstige Spannungsverhältnisse eintraten. Die Länge der Leitung ab Hauptumspannwerk betrug rd. 32 km, die Benutzungsdauer der Hauptbelastung etwa 1000 h jährlich, das entspricht etwa 600 Verluststunden jährlich. Die sich daraus ergebenden Jahresverluste bei verschiedenen Belastungen sowie die sich bei eben diesen Belastungen ergebenden Spannungsabfälle sind in der folgenden Zahlentafel 1 zusammengestellt:

Zahlentafel 1.

Belastung (cos φ = 0,6)	kW	500	1 000	1 500	2 000
Jahresverlust	kWh	42 600	170 400	383 500	682 000
erforderliche Anfangspannung bei 10 kV am Ende	kV	11,5	12,9	13,9	15,8
Verlustkosten mit 2 Pf/kWh	RM	852	3 408	7 670	13 640

Abhilfe kann hier geschaffen werden durch Bau einer Parallelleitung, wodurch die Verluste auf ein Viertel herunter gehen. Eine derartige Leitung, belegt mit 3 · 50 mm² Cu-Seil, kostet einschl. der Bahn- und Postkreuzungen 5600 RM/km, im ganzen also 179 000 RM. Durch ihren Bau entstehen folgende Jahreskosten:

Zahlentafel 2.

Belastung	kW	500	1 000	1 500	2 000
Verzinsung u. Unterhaltung	RM	21 490	21 490	21 490	21 490
Verlustkosten	RM	213	852	1 918	3 410
Summe	RM	21 703	22 342	23 408	24 900

Wenn auch durch den Bau einer zweiten Leitung die Spannungsverhältnisse erheblich verbessert werden, so sind doch die Jahreskosten gewaltig gestiegen.

Etwas günstiger liegen die Verhältnisse, wenn zur Verbesserung der Spannung eine Blindstrommaschine am Ende der Leitung aufgestellt wird. Es sei eine solche Maschine für 2000 BkW vorgesehen. Die Errichtungskosten stellen sich auf 78 730 RM einschl. Schaltanlage und Montage, hierzu kommen für Fundament, Gebäude und Kran weitere 24 000 RM, so daß sich eine Gesamtsumme von 102 730 RM ergibt. Die Verluste betragen 5,5 % der Blindleistung, es ergeben sich demnach folgende Jahreskosten:

Verzinsung 10%	10 273	RM
Abschreibungen auf Maschine	4 250	„
Abschreibungen auf Gebäude	440	„
Unterhaltung	2 125	„
Maschinen- und Transformatorverluste bei jährlich 600 Verluststunden und 2 Pf/kWh	1 320	„
	18 408	RM

Sind somit die Jahreskosten auch um rd. 4000 RM niedriger als beim Bau einer Parallelleitung, so sinken doch anderseits die Verluste nicht auf ein Viertel sondern bleiben weit höher. Auf die genaue Verlustberechnung soll hier verzichtet werden, da sie an dem Gesamtbilde nichts zu ändern vermag.

In beiden Fällen erscheint es so, als ob die Verbesserung der Spannung einen bedeutenden Aufwand an Jahreskosten verursache. Es ist offenbar wirtschaftlicher, Verluste in beliebiger Höhe zuzulassen, wenn man nicht durch die unzulässig absinkende Spannung zu Gegenmaßnahmen gezwungen wird. Bei einer Belastung der Leitung mit 2000 kW müßte am Anfang eine Spannung von 15,8 kV gehalten werden, da aber die vorhandenen Umspanner wohl kaum mehr als 12 kV (im Falle einer 10 kV-Versorgung) geben werden, sänke die Spannung am Ende auf wenig mehr als 6 kV. Die Verluste dabei betragen nicht weniger als 1136 kW. — Wer aber aus diesen Zahlen den Schluß ziehen wollte, daß eine Maßnahme zur Spannungsverbesserung nur technisch, nicht aber wirtschaftlich zu rechtfertigen wäre, würde sich eines Fehlschlusses schuldig machen, denn die übliche Wirtschaftslichkeitsrechnung, die hier angewandt wurde, berücksichtigt nur die Kosten der Verlustarbeit, während zur Erzeugung dieser Verlustarbeit doch auch eine entsprechende Leistung im Kraftwerk aufgestellt werden muß; die verursacht aber Kapital- und Unterhaltungskosten. Ein Kraftwerks-Kilowatt einschließlich der notwendigen Reserven kostet gegenwärtig etwa 350 RM, die Jahreskosten kann man mit 14 % des Anlagekapitals, also 49 RM/kW ansetzen. Dann verursacht die oben erwähnte Leitung folgende Jahreskosten:

Zahlentafel 3.

Belastung	kW	500	1 000	1 500	2 000
Verlust maximal	kW	71	284	639	1 136
Jahreskosten der Verlustleistung	RM	3 480	13 910	31 300	55 700
Kosten der Verlustarbeit	RM	852	3 408	7670	13 640
gesamte Jahreskosten	RM	4 332	17 318	38 970	69 340

Demgegenüber entstehen nach dem Bau einer zweiten Leitung folgende gesamten Jahreskosten:

Zahlentafel 4.

Belastung	kW	500	1 000	1 500	2 000
Verlust maximal	kW	18	72	160	284
Jahreskosten der Verlustleistung	RM	882	3 580	7 840	13 920
Kosten der Verlustarbeit	RM	213	852	1 918	3 410
Verzinsung und Unterhaltung der 2. Leitung	RM	21 490	21 490	21 490	21 490
gesamte Jahreskosten	RM	22 585	25 922	31 248	38 820

Abb. 1 zeigt, daß sich die Kosten der beiden betrachteten Fälle bei einer Belastung von 1250 kW schneiden, an diesem Punkte wird also die Errichtung einer zweiten Leitung wirtschaftlich. Bei Aufstellung einer Blindstrommaschine liegt der Punkt bei noch niedrigerer Belastung, und zwar etwa da, wo man schon aus Gründen der Spannungshaltung zu einer solchen Maßnahme gezwungen wäre. Wie man sieht, ist die übliche Art der Wirtschaftlichkeitsberechnung von Fernleitungen nicht imstande, diese Frage zu beantworten.

Eine andere Art der Fragestellung ergibt sich bei Kabelleitungen. Hier pflegt man den Querschnitt meistens nach der Belastungsfähigkeit zu wählen, die durch die „Vorschriften für isolierte Leitungen“ festgelegt ist. Wirtschaftliche Gesichtspunkte spielen dabei nur insofern mit, als man meist ohne weiteres annimmt, daß ein gut ausgenutztes Kabel auch wirtschaftlich gewählt sei. Diese Annahme kann unter Umständen sehr täuschen, da höhere als die notwendigen Querschnitte oft eine stark gesteigerte Wirtschaftlichkeit ergeben. Namentlich in 2 Grenzfällen kann das zutreffen: bei Kabeln, die hohe Spitzenlast bei verhältnismäßig geringer Ausnutzung zu übertragen haben, so daß die Verlustarbeit gegenüber den Kapitalkosten der Verlustleistung sehr zurücktritt, und bei der entgegengesetzten Sachlage, wenn es sich z. B. um die Versorgung elektrochemischer Betriebe handelt, die sehr große Strommengen bei äußerst guter Ausnutzung abnehmen. In solchen Fällen pflegen die Strompreise so niedrig zu sein, daß auch eine geringfügige Ermäßigung der Übertragungskosten das wirtschaftliche Ergebnis der Stromlieferung schon sehr günstig beeinflußt.

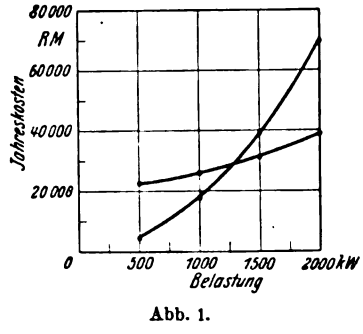


Abb. 1.

Beispiel 1. Zunächst sollen die Verhältnisse bei einer Übertragung der ersten Art betrachtet werden. Es sei die Versorgung eines großstädtischen Bezirkes über ein 6000 V-Kabel betrachtet. Die höchste vorkommende Stromstärke soll gegen 155 A betragen, so daß ein Kabel von 3 · 50 mm² ausreichend wäre. Bei 10 km Länge ergeben sich für die einzelnen Querschnitte folgende Verlustleistungen N_v und Verlustarbeiten A_v (gerechnet mit 3500 Benutzungs- und 2250 Verluststunden):

3 · 50 mm² $N_v = 270$ kW, $A_v = 607\,500$ kWh
3 · 70 mm² $N_v = 199{,}5$ kW, $A_v = 449\,500$ kWh
3 · 95 mm² $N_v = 140{,}5$ kW, $A_v = 316\,000$ kWh
3 · 120 mm² $N_v = 112{,}1$ kW, $A_v = 252\,000$ kWh.

Damit werden dann die Jahreskosten folgendermaßen ermittelt:

Zahlentafel 5.

		3 · 50 mm²	3 · 70 mm²	3 · 95 mm²	3 · 120 mm²
Kapitaldienst für Kabel	RM	22 800	29 050	33 500	38 800
Jahreskosten d. Verlustleistung	RM	13 230	9 780	6 890	5 500
Jahreskosten d. Verlustarbeit	RM	12 150	8 990	6 320	5 040
		48 180	47 820	46 710	49 340

Digitized by Google

Man sieht daraus, daß es wirtschaftlichen Vorteil bringt, statt des zulässigen Mindestquerschnittes einen doppelt so großen zu wählen oder, was noch empfehlenswerter ist, gleich ein zweites Kabel gleichen Querschnittes zu verlegen, vorausgesetzt, daß beide auch gleichzeitig in Betrieb gehalten werden.

Beispiel 2. Der Rechnungsgang bei der Stromlieferung an eine elektrochemische Fabrik ist natürlich ganz derselbe. Es sollen 4000 kW mit jährlich 7500 Benutzungsstunden bei 3000 V Spannung auf 2,5 km übertragen werden. Die Stromstärke beträgt unter Voraussetzung eines $\cos\varphi = 0{,}9$ rd. 850 A. Gewählt werden zur Übertragung 7 Kabel. Die Verlustleistungen und Verlustarbeiten (7500 Benutzungs-, 7500 Verluststunden) sind folgende:

50 mm²	$N_v = 293$ kW	120 mm²	$N_v = 122$ kW
	$A_v = 2\,200\,000$ kWh		$A_v = 915\,000$ kWh
70 mm²	$N_v = 217$ kW	150 mm²	$N_v = 97$ kW
	$A_v = 1\,626\,000$ kWh		$A_v = 728\,000$ kWh
95 mm²	$N_v = 153$ kW	185 mm²	$N_v = 78$ kW
	$A_v = 1\,146\,000$ kWh		$A_v = 586\,000$ kWh.

Daraus ergeben sich dann folgende Jahreskosten, wobei die Kosten für 1 kWh abweichend von den früheren Rechnungen mit 1,25 Pf angesetzt wurden, weil elektrochemische Fabriken sich nur da niederlassen werden, wo sie mit wesentlich niedrigeren Strompreisen als 2 Pf/kWh rechnen können.

Zahlentafel 6.

	50 mm²	70 mm²	95 mm²	120 mm²	150 mm²	185 mm²
Kapitaldienst für Kabel RM	27 370	31 600	38 180	42 250	48 950	56 900
Jahreskosten der Verlustleistung .... RM	14 360	10 630	7 500	5 980	4 750	3 820
Jahreskosten der Verlustarbeit ..... RM	27 500	20 320	14 340	11 430	9 100	7 325
	69 230	62 550	60 020	59 660	62 800	68 045
Übertragungskosten Pf/kWh	0,231	0,2083	0,2	0,199	0,2093	0,227

Es zeigt sich also, daß das Kostenminimum bei einem erheblich höheren Querschnitt liegt als bei dem, der wahrscheinlich üblicherweise gewählt worden wäre. Der Unterschied der Strombeförderungskosten macht 0,032 Pf/kWh aus, ein Betrag, der bei solchen Lieferungen schon sehr ins Gewicht zu fallen pflegt.

Beispiel 3. Zum Schlusse seien noch die Verhältnisse bei einer Fernübertragung mit 100 kV untersucht. Es seien 40 000 kW bei $\cos\varphi = 0{,}7$ auf eine Entfernung von 200 km zu übertragen. In solchen Fällen dürfte normalerweise ein Querschnitt von 120 mm² Kupfer oder 185 mm² Aluminium bei 6 Leitern gewählt werden. Betrachtet werden sollen Querschnitte von 150 ... 310 mm², bei denen sich die folgenden Verlustleistungen und Verlustarbeiten ergeben:

Zahlentafel 7.

	150 mm²	185 mm²	240 mm²	310 mm²
Kapitaldienst der Leitung RM	537 500	591 000	652 500	722 000
Jahreskosten der Verlustleistung ..... RM	266 100	215 800	161 500	130 900
Jahreskosten der Verlustarbeit (1 Pf/kWh) RM	244 000	198 000	148 150	120 000
	1 047 600	1 004 800	962 150	972 900
Strombeförderungskosten Pf/kWh	0,582	0,56	0,534	0,54

Man sieht, daß auch in diesem Falle, trotzdem die hohen Kosten der Leitung und die niedrigen Stromselbstkosten das Minimum sehr verflachen, ein solches vorhanden ist und die Strombeförderungskosten sich durch richtige Wahl des Leiterquerschnitts noch senken lassen. Das wird namentlich in den verhältnismäßig häufigen Fällen zu beachten sein, in denen eine Leitung als Doppelleitung gebaut, aber nur einseitig belegt wird. In manchen Fällen dieser Art wird die richtige Rechnung das Verfahren als unwirtschaftlich nachzuweisen in der Lage sein.

Es lassen sich unschwer auch allgemeine Beziehungen zwischen den verschiedenen die Wirtschaftlichkeit bedingenden Größen entwickeln, die freilich nur Annäherungen an die Hocheneggsche Formel darstellen und vermutlich auch deren Schicksal teilen würden. Die Ausführungsformen sind eben zu vielgestaltig, als daß aus einer allgemeinen Gleichung eine wirklich in jeder Beziehung günstigste Lösung hergeleitet werden könnte. Jeder Fall muß für sich durchgerechnet werden; daß es aber notwendig ist, die Rechnung genau durchzuführen und sich nicht mit abgekürzten Rechnungen zu begnügen, dies zu zeigen war Zweck der vorstehenden Ausführungen.

Neuere Großwasserkraftanlagen in Österreich.

Von Prof. Oberbaurat **E. Mattern**, Berlin.

Übersicht. Als Fortsetzung des Aufsatzes über die Energiequellen Deutschlands in der ETZ 1930, S. 839 werden im folgenden die Wasserkräfte Österreichs behandelt, u. zw. der Vorrat an Wasserkräften, der Bedarf an elektrischem Strom und seine Ausfuhr nach Deutschland, der Wasserhaushalt der österreichischen Flüsse, die Staubeckenanlagen und die Donauwasserkräfte. Es wird vor allem auf die Wasserwirtschaft und die bedeutenden Speicherungen mit sehr hohen Nutzgefällen in den alpinen Hochgebirgen hingewiesen, die dem Ingenieur zum Teil ganz neue Möglichkeiten für den Wasserkraftausbau bieten.

Die Energiewirtschaft im neuen Österreich, im besonderen die der Wasserkräfte, ist z. Z. in einer starken Aufwärtsbewegung und Entwicklung und ein bedeutender Aktivposten der österreichischen Volkswirtschaft geworden. Man darf darum voraussetzen, daß einige Mitteilungen darüber allgemeines Interesse finden werden.

Leider wird der Ausbau der Wasserkraftanlagen auch hier z. T. gehemmt durch die Knappheit an Geldmitteln und dem gegenüber der Fülle verfügbarer Kräfte zurücktretenden Bedarf im eigenen Lande. Auch die Zersplitterung in den Bundesländern wirkt einer einheitlichen Zusammenfassung, die heute an sich das Ziel ist, stark entgegen. Die Kohlenvorräte Österreichs sind infolge der Verluste durch den Krieg nicht bedeutend, sie werden auf nur 12 Mill t Stein- und 400 ... 500 Mill t Braunkohle geschätzt[1], die, und das ist eine sehr verständige rechtzeitige Erkenntnis, für edlere Verwendungsmöglichkeiten (chemische) vorbehalten bleiben sollen, da sie nach dem bisherigen Verbrauch in etwa 100 Jahren aufgezehrt sein würden. Dagegen sind die Wasserkräfte überaus ansehnlich, wie die folgenden Angaben dartun.

1. Jährliche Gesamterzeugung der österreichischen Wasserkräfte.

A. Ausgebaute und im Bau begriffene Wasserkraftanlagen: 2950 kWh. Diese Zahl ist entnommen der Aufstellung des Österreichischen Wasserkraft- und Elektrizitätswirtschaftsamtes im Einvernehmen mit dem Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft nach dem Stande vom 1. I. 1929[2]. Danach waren 444 Anlagen fertig oder im Bau mit rd. 507 000 PS Jahresmittelleistung und rd. 1,2 Mill PS Ausbauleistung. Das höchste Jahresarbeitsvermögen ist etwa 3 Mrd kWh. Im Bau waren davon am 1. I. 1929 18 Werke mit 114 000 PS Jahresmittel- und 484 000 PS Ausbauleistung und 667 Mill kWh größtem Arbeitsvermögen. In Abb. 1 sind die größeren Wasserkraftanlagen Österreichs zusammengestellt.

B. Pläne: Vorarlberg, Zillertal, Salzburg (Tauern), Traun, Lambach, Enns, 3 Donaukraftwerke (Aschach, Persenbeug und Wien), Murwerke (Steiermark), Kärnten (Weißensee), Möll (Mühldorfer See) und Winterspeichermöglichkeiten; nach einer Aufrechnung von Hofbauer[3]: 8966 Mill kWh.

Zusammen A + B: 11 916 Mill kWh oder abgerundet 12 Mrd kWh ausbauwürdige Wasserkräfte.

In den 12 Mrd kWh sind die Tauernflüsse nur mit 1500 kWh enthalten, während sie nach einem Plane der

[1] Nach neuesten Schätzungen höher. Vgl. Hofbauer, Österreichs zukünftige Energiewirtsch., 1930, S. 17; Vas, Grundl. u. Entwickl. d. Energiewirtschaft Österreichs, 1930 S. 1.

[2] Wasserwirtsch. Wien 1929, S. 271.

[3] Wasserwirtsch. Wien 1929, S. 157; s. a. 1928, S. 46.

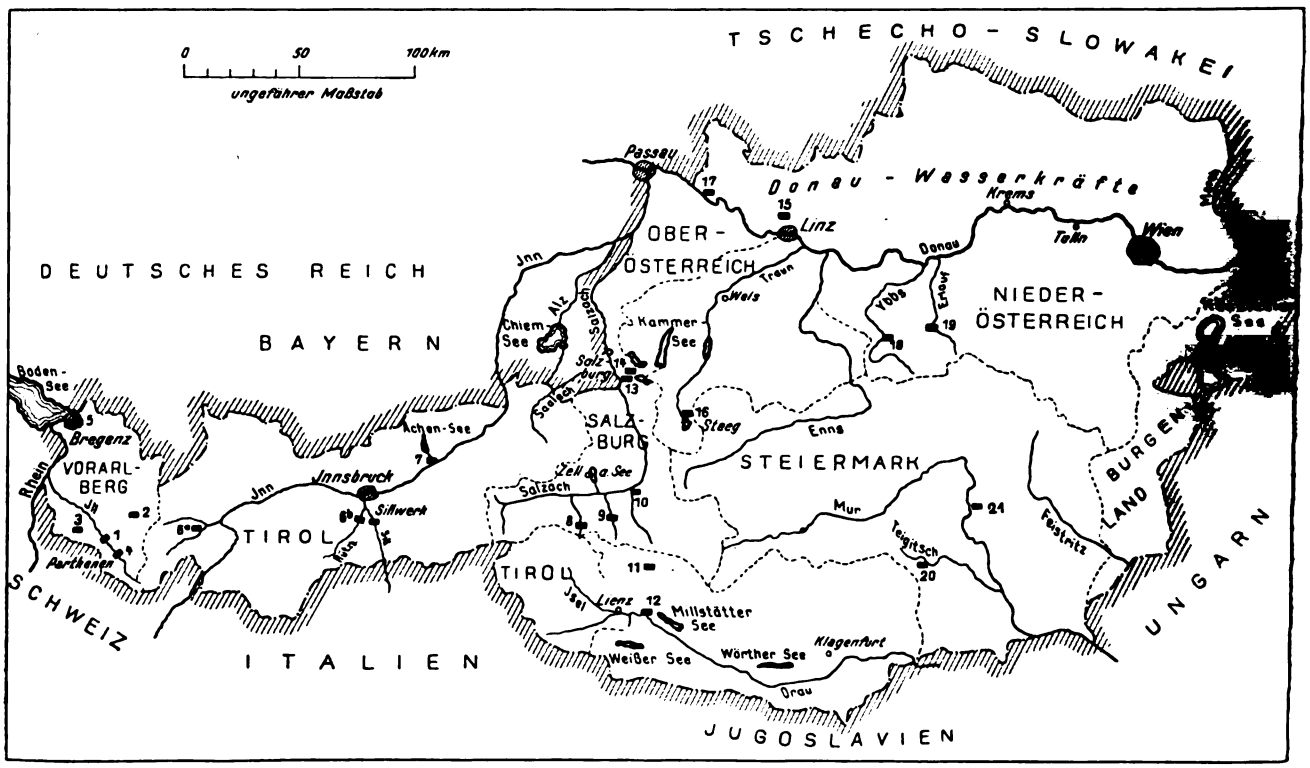
Digitized by Google

AEG, Abteilung für Wasserkraftanlagen, rd. 6,6 Mrd kWh liefern werden[4]. Obige Aufstellung umfaßt ferner 500 Mill kWh Winterspeicherleistung. Der Ausbau soll auf eine durch 6 Monate des Jahres vorhandene Wassermenge erfolgen. Von den 12 Mrd sind etwa 10,3 als ständig, rd. 1,8 Mrd kWh als unständig anzusehen.

2. Der Strombedarf Österreichs.

Der heutige Strombedarf beträgt etwa 1½ Mrd kWh, davon werden ⅔ durch Wasserkraft und ⅓ durch Wärmekraftanlagen gedeckt; das sind etwa 400 kWh auf den Kopf der Bevölkerung.

Österreich mit seiner starken Industrie und Bevölkerung in Nieder-Österreich und Wien (zus. 6 Mill Köpfe) der Rest von 6765 Mill kWh. Für die Wasserkräfte stellt sich diese räumliche Verteilung gerade umgekehrt wie für den Strombedarf und erfordert lange kostspielige Stromleitungen mit erschwerter Herstellung, z. T. im Hochgebirge, und Stromverluste. Österreich besitzt heute etwa 12 000 km Hochspannungsleitungen. Man rechnet hierfür mit einer Benutzungsdauer von 2500 ... 3000 Jahresstunden. Allein Vorarlberg und Tirol bringen nach den heutigen Bauplänen rd. 3 Mrd kWh. Dazu kommen die Tauernwasserkräfte, so daß hier im Westen nächst der reichsdeutschen Gren-



1 Gampadel	*5* Bregenzer Ache	*8* Stubachwerk	*12* Mühldorf II	*15* Partenstein	*19* Gaming
2 Spullersee	*6a* Wiesberg	*9* Bärenwerk	*13* Wiestal	*16* Steeg	*20* Teigitschwerk
3 Lünersee	*6b* Rützwerk	*10* Lend	*14* Strubklamm-werk	*17* Ranna	*21* Peggau-Feistritz
4 Vermunt	*7* Achenseewerk	*11* Mallnitz		*18* Opponitz (Ybbs)	

Abb. 1. Übersichtskarte neuerer österreichischer Großwasserkraftanlagen.

Der Gesamtbedarf in 2 ... 3 Jahrzehnten wird von Hofbauer[5] wie folgt berechnet:

a)	Allgemeiner Bedarf für Licht, Kraft und Wärme	4 725 Mill kWh
b)	Sonderindustrien wie Eisen, Aluminium und Stickstoff	1 540 „ „
c)	Bahnen	1 000 „ „
	zus.	7 265 Mill kWh

(an den Erzeugungstellen gemessen). Diese Schätzung ist etwa dreimal mehr als der heutige Bedarf beträgt oder gleich 1100 kWh auf den Kopf der Bevölkerung Österreichs, die z. Z. rd. 6,6 Mill beträgt.

Von den 7265 Mill kWh können etwa 1500 durch Wärme gedeckt werden, so daß 5567 Mill kWh für die Wasserkraft verbleiben.

Von anderer Seite wird die Gesamtleistung der Wasserkräfte Österreichs sogar auf 20 Mrd kWh berechnet[6]. Man erkennt daraus das Ungewisse derartiger Aufrechnungen und es hängt wesentlich von der Planung und dem Geschick des entwerfenden Ingenieurs, den Speichermöglichkeiten u. a. m. ab, welche Gesamterzeugung und welche Form der Kraftabgabe tatsächlich erschließbar ist. Wir ersehen aus diesen und späteren Angaben, daß allein das geplante Tauernwerk und die Donauwasserkräfte mehr als 12 Mrd kWh liefern würden.

Nach Hofbauers Schätzung entfallen von den 7265 Mill kWh auf den Westen Österreichs mit seiner dünnen Bevölkerung in den schmalen Streifen der Hochgebirgstäler (500 000 Köpfe) nur rd. 500 Mill kWh Bedarf, auf Ostzen ein großer Überschuß besteht, der in erster Linie für die Ausfuhr nach Deutschland in Betracht kommt, wie man auch in Österreich anerkennt, da die Entfernung von dem Westen nach dem Osten Österreichs im Mittel etwa 300 km ist und hier für den Transport, wie bemerkt, teuere Anlagen benötigt werden. Beachten muß man, daß die Speicherkräfte im Westen liegen, der Osten hat überwiegend Laufkräfte. Schon heute geht vom Spullersee- und Achenseewerk und aus Vorarlberg Strom nach Deutschland und für das Tauernwerk ist dies geplant. Darin zeigt sich eine weitsichtige Wirtschaft der deutschen Elektrizitätsunternehmungen. Insgesamt wird die zur Verfügung stehende Ausfuhrmenge der österreichischen Wasserkräfte nach Deckung des Bedarfs im eigenen Lande auf 5 Mrd ständige und 1 Mrd unständige Kraft geschätzt (s. oben). Für die Übertragung nach Deutschland sind nur hohe Spannungen von 220 000 bzw. 380 000 V angängig, die aber bei den großen Massen auf weite Strecken sich wirtschaftlich lohnen. Die deutsche Leitung von Vorarlberg über Nürnberg nach dem Niederrhein (960 km) ist die erste und einzige Hochspannungsübertragung mit 380 kV auf der Erde[7] und ein weiterer starker Anker in der wirtschaftlichen Verbundenheit der beiden Länder. Diese Frage der Ausfuhr der Wasserkräfte ist in Österreich wegen der Wirkungen auf die binnenländische Volkswirtschaft Gegenstand lebhafter Erörterungen, doch soll hierauf an dieser Stelle nicht eingegangen werden.

Was die Aufnahmefähigkeit des deutschen Kraftmarktes anbetrifft, so wird man sich folgendes vergegen-

[4] Wasserwirtsch. 1929, S. 515. S. a. ETZ 1930, S. 185; ferner Hofbauer u. Vas, wie Fußnote 1.
[5] Wasserwirtsch. 1929, S. 161.
[6] U. a. im Wasserkraft-Jahrbuch 1928/29, S. 4 u. 161.
[7] Näheres s. A. Koepchen, Das RWE in der deutschen Elektrizitätswirtschaft (Vortrag 1930). Herausg. v. Rhein.-Westf. Elektrizitätswerk AG., Essen 1930.

Digitized by Google

wärtigen müssen. Man erkennt auch bei uns heute, daß bei der kurzen Lebensdauer der deutschen Braunkohle von 120 ... 150 Jahren die Neueinrichtung von Großkraftnutzung auf Braunkohlenfeldern, wie schon oben bemerkt, kaum noch in Frage kommen kann. Deutschland wird sich in Zukunft außer den Wasserkräften hauptsächlich auf Steinkohle einstellen müssen. Die daraus gewinnbare Kraft ist aber teuer, wie wir sehen. Während z. B. die kWh aus Braunkohle bei 3000 h Benutzungsdauer auf 3,629, bei der gemeinhin erreichbaren Betriebsdauer von 4000 h auf 2,951 und bei 6000 Betriebstunden auf 2,077 Pf/kWh berechnet wird[8], stellen sich nach derselben Quelle die Erzeugungskosten aus Steinkohle auf 3,987, 3,382 und 2,648 Pf/kWh bei 7200 Wärmeeinheiten. Zum Vergleich sei bemerkt, daß der Verfasser, als er die Berechnungen für die Wasserkräfte der Bodetalsperren im Harz und seinen Vorentwurf für die Pumpenspeicherung daselbst aufstellte,

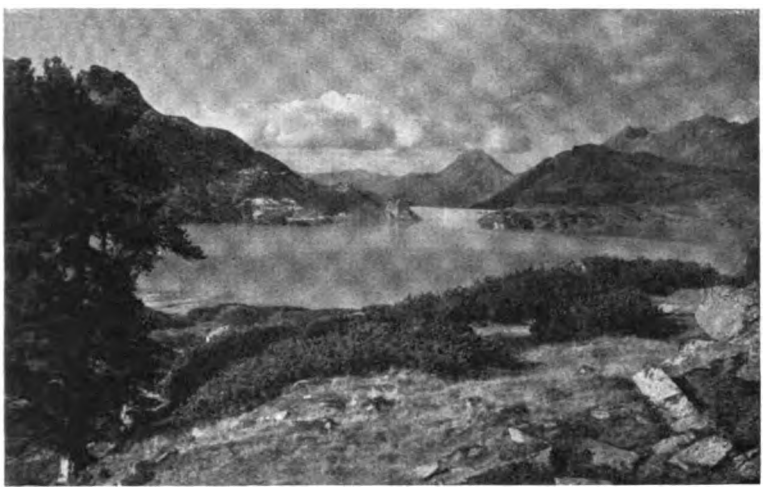


Abb. 2. Tauernmoos-Talsperre, Sperrmauer im Hintergrund (Stubachwerk).

die Kosten der Kilowattstunde im günstigsten Falle bei Pumpspeicherung in das Rappbodestaubecken bei einem Nachtstrompreis von 0,75 Pf/kWh auf 2,11 Pf/kWh ermittelte[9].

Der Preis von 2,077 Pf/kWh an der Niedervoltseite der österreichischen Hochspannungstationen wird in Österreich als auskömmlich für die Ausfuhr der österreichischen Wasserkräfte angesehen, selbst unter Berücksichtigung der Übertragungskosten und Verluste. In Anbetracht der hohen Eigenkosten bei Steinkohlenfeuerung kann somit der Bezug der Kräfte aus Österreich für Deutschland durchaus vorteilhaft erscheinen.

3. Wasserhaushalt der Flüsse.

Die alpinen Hochgebirgsflüsse mit zum Teil ausgedehnten Gletscherflächen im Niederschlagsgebiet, wie z. B. in den westlichen Hohen Tauern, liegen in 2000 bis fast 4000 m Seehöhe. Das Einzugsgebiet der nicht vergletscherten Hochgebirgsflüsse erstreckt sich etwa zwischen 1000 und 2000 m Höhe. Die ersteren haben ihren Höchstabfluß aus der Gletscherschmelze im Juli und August und ihre niedrigste Wasserführung im Februar und März. Die jährlichen Niederschlagshöhen betragen im allgemeinen über 1600 mm. Die mittleren Hochgebiete liegen in den östlichen Alpen. Die Gletscherschmelze fehlt hier, es ist nur Schneeschmelze in den Frühjahrsmonaten vorhanden. Der Höchstabfluß fällt in den April und Mai. Der Wechsel zwischen Sommer- und Winterwasser ist nicht so schroff wie bei den Gletscherflüssen wo er im Mittel bis 20:1 ist. Die winterliche und spätsommerliche Trockenheit halten sich ziemlich die Waage.

Weiterhin unterscheidet man die Flüsse des Alpenvorlandes (800 ... 1000 m Seehöhe und tiefer) und der Mittelgebirge; sie sind gekennzeichnet durch knappes Sommer- und Herbstwasser. Aus dem Mittelgebirge kommen vor allem die linksseitigen Zuflüsse der Donau.

Die große Bedeutung der Längstäler für die Kraftwirtschaft liegt in den bedeutenden Wassermengen. Speichermöglichkeiten großen Stils sind hier meist wegen des starken landwirtschaftlichen Anbaues, der Ansiedlungen und sonstigen Kultureinrichtungen nicht gegeben, wohl aber können Ausgleichweiher für unmittelbare Tages-Ausgleichzwecke geschaffen werden.

Abb. 3. Tauernmoos-Talsperre im Bau.

Manche Flüsse erfahren eine starke Speisung aus dem Grundwasser, andere aus den verkarsteten Kalkhochflächen der Alpen, aus unterirdischen Einzugsgebieten und einem Netzwerk von Klüften und Spalten. Sie zeigen

Abb. 4. Kraftwerk Partenstein der Österr. Kraftwerke AG., Linz.

den Höchstabfluß im Winter und ergänzen sich daher gut mit den hochalpinen Gewässern.

Das Jahresmittel herrscht bei den alpinen Gebirgsflüssen etwa 5 Monate vor. Wenn man die Wasserkraft-

[8] ETZ 1927, S. 525 und Wasserwirtsch. 1929, S. 85.
[9] Näheres über diesen Plan s. Zentralbl. Bauverw. 1928, S. 341; ferner Wissenschaft und Wirtschaft Bd. 3, S. 87 (Vortrag des Verfassers auf der VI. Ingenieurtagung 1927, Brünn).

Digitized by Google

werke auf Mittelwasser einrichtet, so baut man auf eine 5monatige Wassermenge aus. In 7 Monaten ist in Gebirgsflüssen etwa ⅗ MW, in der Donau ⅘ MW vorhanden[10]. In 10 Monaten ist etwa die Hälfte des Mittelwassers vorhanden (36 ... 52 %), in 12 Monaten 27 ... 38 %, d. h. rd. ⅓. Während 2 Monaten fließt beinahe das doppelte Mittelwasser, während 4 Monaten rd. 125 % des Mittelwassers ab. Diese Zahlen für MW können allerdings nur einen allgemeinen Anhalt geben und das Verhältnis stellt sich bei den einzelnen Flüssen unter Umständen anders.

In den aus der Schnee- und Gletscherschmelze gespeisten hochalpinen Gebirgsflüssen beträgt die Jahres-Mittelwasserführung etwa 50 ... 60 l, der Sommerabfluß 100, zeitweise bis 200 l, und im Winter geht der Abfluß auf 8 ... 10 l/s/km², für kurze Zeiten auch auf weniger herunter. Das Jahresmittelwasser im mittleren Laufe z. B. der Salzach bei Neu-Oberndorf stellt sich auf 37, das des Inn bei Schärding auf 32 l/s/km² bei 6100 bzw. 25 600 km² Niederschlagsgebiet. Das MW der Donau bei Wien (101 550 km²) ist rd. 20 l/s/km².

4. Gefälle der Flüsse.

Das Gefälle der österreichischen Flüsse und damit die gewinnbare Nutzhöhe für Kraftzwecke ist zum Teil sehr erheblich, wie auch aus der Zahlentafel 1 hervorgeht[11]. So zeigen die westlichen Hochgebirgsflüsse oft sehr steilen Abfall auf kurze Strecken, u. a. bei den südlichen, aus den Hohen Tauern kommenden Zuflüssen der Salzach. Es ist z. B. im Stubachtale vom Tauernmoosboden bis zur Mündung auf rd. 18 km ein Gefälle von 1250 m, für das geplante Tauernwerk (im Kapruner Tale) auf 11 km ein Gefälle von mehr als 1400 m zur Verfügung. Auch am Mühldorfer Bach und anderen südlichen Abflüssen der Hohen Tauern sind ähnlich bedeutende Gefälle, z. T. bis 400 m auf 1 km Flußlänge vorhanden. Erwähnt sei u. a. das Steilgefälle des Mallnitzwerkes an der Möll (320 m). Ausgeglichener sind die Haupttäler des Inn, der Mur, Drau, Salzach und Enns mit 2 ... 5 m Gefälle auf 1 km. Hier fließen aber, wie wir hörten, bedeutende Wassermengen ab.

Es soll hier auf weitere Einzelheiten des Wasserhaushaltes nicht eingegangen werden, und es sei für näheres Studium verwiesen auf das Buch von Granigg, Die Wasserkraftnutzung in Österreich und deren geographische Grundlage, wo besonders über die Längsgefälle der Flüsse durch Höhenpläne sowie über sonstige Kraftgewinnungsmöglichkeiten Anhaltspunkte gegeben sind[12].

5. Die Wasserkraftanlagen.

Die Wasserkraftanlagen liegen, abgesehen von den Donaukräften, die nachstehend behandelt werden, zum Teil in Mittelgebirgshöhe, zum Teil aber auch im alpinen Hochgebirge (Spullersee, Stubach- und Vermuntwerk) und haben damit die Eigenheiten des letzteren: knappes Wasser im Winter und reiche Wasserführung durch Schnee- und Gletscherschmelze im Sommer. Dabei ist zu beachten, daß im Westen, in den alpinen Quertälern, in einer Höhenlage von etwa 2000 m gute Speichermöglichkeiten zur Verfügung stehen, die zur Erzeugung von Spitzenkräften sehr wohl geeignet und teilweise auch schon nutzbar gemacht sind, wenn sie auch etwas entfernt von den Verbrauchsmittelpunkten liegen. Sie bestehen zum Teil in der Regelung natürlicher Seen (Achensee, Spullersee, Lünersee) im Hochgebirge, Millstätter-, Weißensee, Wörthersee, Neusiedlersee in Mittelhöhe, teils unter Herstellung künstlicher Speicher, wie beim Vermunt- und Stubachwerk und bei dem geplanten Tauernkraftwerk (Abb. 2 u. 3), wo solche am Tauernmoos-, Moser- und Wasserfallboden in

Zahlentafel 1. Neuere Großwasserkraftanlagen in Österreich.

Land, Ort	Betriebsart	Gefälle m	Ausbauleistung PS	Jahresmittelleistung PS	Jahreserzeugung Mill kWh	Verwendungszweck	Bemerkungen
Kärnten							
Mallnitzwerk	Laufwerk	320	20 000 (bei Vollausbau)	8 600	50,0	Bahnkraftwerk	Z. Öst. Ing. 1922, S. 122. Z. Z. sind 10 000 PS ausgebaut. Der Vollausbau soll zugleich mit der geplanten Elektrisierung des Bahnbetriebes im Tauerntunnel erfolgen
Mühldorf II	„	460	12 000	7 000	41,0	Fabrikbetrieb	
Niederösterreich							
Opponitz (Ybbs)	„	115	15 000	9 200	55,0	Überlandversorgung	mit bemerkensw. Dükeranlage. Wasserwirtsch. 1925, S. 48 u. 245
Gaming	„	188	11 600	5 050	32	„	2. Wiener Hochquellenwasserleitung
Oberösterreich							
Partenstein (Mühl)	„	170	45 000	14 700	85,0	Stromverkauf an Großabnehmer	Z. Öst. Ing. 1923, S. 228
Steeg	„	190	18 000	9 000	50,0	Bahnkraftwerk	einschl. Erweiterung
Salzburg Ranna	„	182	8 000	6 000	36,0	„	auf 19 000 PS erweiterungsfähig
Bärenwerk	„	280	10 700	7 400	46	Überlandversorgung	
Stubachwerk	Speicherwerk	522,3	48 000	7 900	44,0	Bahnkraftwerk f. Linie Innsbruck—Wörgl—Salzburg	Wasserspeicher $I = 21{,}4$ Mill m³, arbeitet gemeinsam mit Mallnitz- und Achenseewerk. Wasserwirtsch. 1928, S. 224. Wasserkr. u. Wasserwirtsch. 1929, S. 129 u. 319
Lend	Laufwerk	95	20 000	5 200	30,0	chem. Produktion	
Strubklammwerk	Speicherwerk	105	10 500	4 200	24,0	„	Wasserwirtsch. 1925, S. 7
Wiestal	Laufwerk	85,3	6 350	6 000	35,0	Überlandversorgung	
Tirol							
Rützwerk	„	176	8 000	6 700	40,0	Überlandversorgung	gemeinsam mit den Sillwerken, erbaut 1909/12, erweitert v. 1920. Schwieriger Stollenbau. Wasserwirtsch. 1923, S. 71 u. 183
Achenseewerk	Speicherwerk (Seeabsenkg.)	380	70 000 (Vollausbau 120 000 kW)	14 900	86,0 (Vollausbau 160)	„ und Bahnkraftwerk Linie Innsbruck—Hall—Schwatz	Stromausfuhr nach Bayern. Durch Seeabsenkung können bis 66 Mill m³ Stau gewonnen werden. Wasserkr. u. Wasserwirtsch. 1928, S. 271
Wiesberg	Laufwerk	84	16 000	7 500	43,0	chemische Produktion	
Vorarlberg							
Bregenzer Ache		62	11 200	5 100	30	Industrieversorgung	
Spullerseewerk	Speicherwerk (überwiegend Tagesspeicherung)	800	24 000, später 48 000	4 400	25,0	Bahnkraftwerk Linie Innsbruck—Lindau	Wasserwirtsch. 1926, S. 597 Speicher 13,5 Mill m³. Sperrmauer v. 20 u. 3 m Höhe, arbeitet gemeinsam mit dem Rützwerk
Lünerseewerk	„	1300	150 000	15 000	92,0	Winterkraftwerk zur Stromerzeugung	1929 im Bau. Mit Seeausgleichung 1940
Vermuntwerk	„	680	120 000	24 000	140,0		m ü. M. Wasserwirtsch. 1924, S. 287
Gampadel I u. II	„ (Jahresspeicher)	1000	20 000	7 100	39,0	Stromabgabe nach Deutschland	Wasserwirtsch. 1928, S. 303. VDI-Nachr. 1929, Nr. 40
Steiermark							
Teigitschwerk	Speicherwerk	240 (12)	32 000	8 700	55,0	Überlandversorgung	2 Speicher v. 300 000 bzw. 16 Mill m³. Wasserwirtsch. 1924, S. 168; 1926, S. 549. 720 m ü.M.
Peggau-Deutsch-Feistritz	Laufwerk	11,6	11 500	9 400	55,0	Überlandversorgung	

[10] Näheres Ornig, Wasserwirtsch. 1925, S. 359.

[11] S. a. Wasserwirtsch. Wien 1929, S. 229. S. a. Vas, wie Fußnote 1, S. 30.

[12] S. a. Zentralbl. Bauverw. Bd. 50, S. 383 (1930).

Digitized by Google

2000 m Meereshöhe mit bedeutendem Speicherraum hergestellt werden sollen. Erwähnt seien auch die hochgelegenen Karseen, die den Eis- und Gletscherbewegungen ihre Entstehung verdanken und deren Regelung mit der Erschließung erheblicher Gefälle verbunden werden kann. In den größeren Längs- (Haupt-) Tälern sind Speichermöglichkeiten, wie bemerkt, meist nicht gegeben. Hier kommen im allgemeinen nur Laufwerke in Betracht, ebenso wie an den meisten Gewässern der Hochgebirge. Eher finden sich Speicherräume in den Flüssen außerhalb der Alpen, z. B. an der Großen Mühl (linksseitiger Donauzufluß; Partensteinwerk[13], Abb. 4). Speicher und hohe Gefälle liefern Spitzenwerke, die für die Deckung des Winterspitzenbedarfs besonders geeignet sind, und damit findet ein guter Ausgleich mit den Mittelgebirgs-, den Donau- und Wärmekraftwerken statt. Winterspitzen (Tages-) liefern z. B. das Achenseewerk (Abb. 5 u. 6), das neue Stubach-Kraftwerk am Enzingerboden, das Spullersee- und Vermuntwerk, worin sich ein neuzeitlicher Zug der Energiewirtschaft zeigt. Die heutige österreichische Wasserkraftwirtschaft geht in das alpine Hochgebirge. Hier liegen noch große Wasserschätze brach, die mit hohen Gefällen erschlossen werden können, und z. T. durchaus neue Wege stehen dem Ingenieur hier offen. Ganzen Strömen gleich kann bei geschickter Ausnutzung das Wasser zusammengeführt werden, und das gibt bei Vorhandensein entsprechender Speichermöglichkeiten, wie sie auch das Hochgebirge vielfach bietet, bei der Ableitung des Wassers nach den Hauptlängstälern Kraftmassen von bisher ungeahnter Fülle, wie z. B. beim Tauernwerk. Ein Gepräge der neuen Wasserwirtschaft ist also nicht nur der Bau ganz großer Staubecken, sondern es kennzeichnet sich gegenwärtig auch das Vordringen der Speicher in das alpine Hochgebirge.

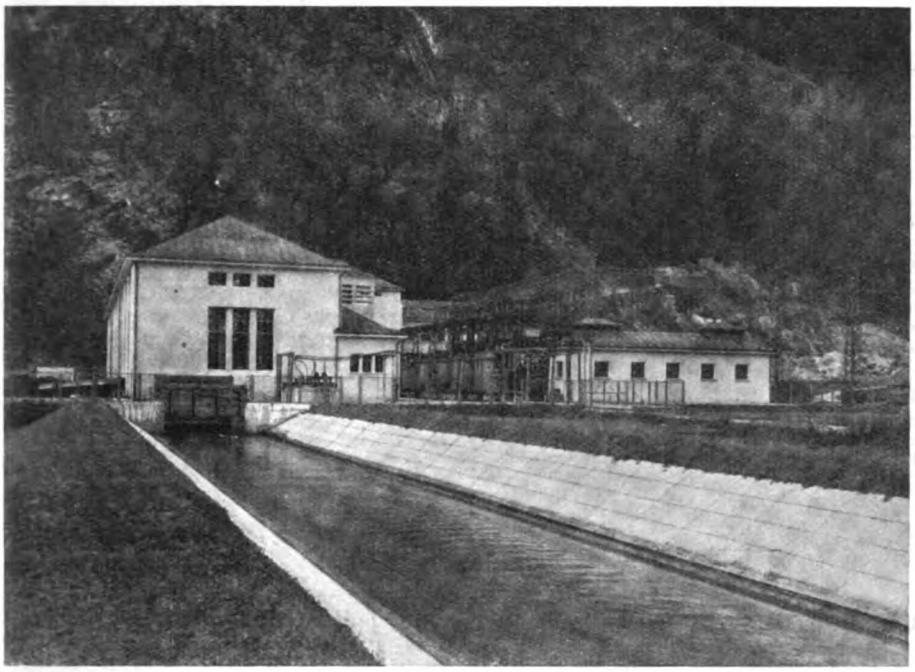


Abb. 5. Achensee-Kraftwerk der Tiroler Wasserkraftwerke AG.

Über den Stand des Ausbaues der österreichischen Staubeckenanlagen gibt der Bericht 1821 (Kühnelt) der zweiten Weltkraftkonferenz, Berlin 1930, Aufschluß.

Abb. 6. Achensee-Kraftwerk mit Unterwasserkanal zum Inn, gegen den den Zuleitungstollen und Druckschacht führenden Berg gesehen.

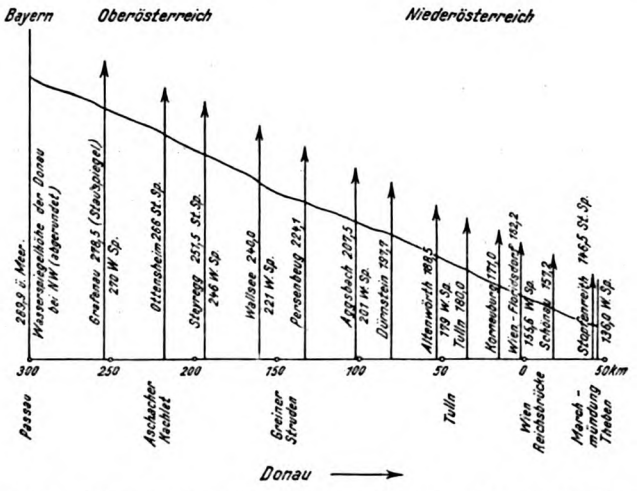


Abb. 7. Höhenplan der österreichischen Donau von Passau bis Theben mit den geplanten 13 Kraftwerken.

6. Donau-Wasserkräfte.

Neben den Alpenwasserkräften ist die Nutzbarmachung der Donau als Kraftwasser- und Schiffahrtsstraße in den letzten Jahren viel untersucht worden. Man kann durch Stauwerke die der Schiffahrt ungünstigen Felsstrecken besser als durch Flußbettregelung überwinden. Nachdem auf der deutschen Strecke die Kachletstufe ausgebaut ist, kommen weiterhin an der Donau das Achacher Kachlet, die Wallseestrecke, der Struden bei Grein und die Felsstrecken in der Kasanenge und am Eisernen Tor in Betracht. Weiterhin ist der Hochwasserschutz und Kraftgewinn in Verbindung mit Hafenanlagen bei Wien in den Vordergrund gerückt, eine

[13] ETZ 1926, S. 1078.

Digitized by Google

besonders schwierig zu lösende Frage. Wichtig ist hierbei die Geschiebeführung der Donau und die Erörterung, ob sie Versandung der Stauhaltungen oder im Strome in kurzer Zeit erwarten läßt. Über die Geschiebeführung und Versandung hat man an anderen österreichischen Flüssen, z. B. an der Drau bei dem Kraftwerk Fala, keine guten Erfahrungen gemacht[14]; auch der Stauweiher des bayerischen Saalach-Kraftwerkes ist in 20 Jahren fast ganz zugelandet.

Schiffahrt, Kraftnutzung und Landeskultur sprechen bei der Regelung der Donau mit; der Ausbau ist für den 1200 t-Kahn geplant (Schleusen 230 m lang, 24 m breit).

Die österreichische Donau ist rd. 343 km lang, ihr Gefälle auf dieser Strecke 153 m; 200 km sind davon breites Flußtal und 143 km Engpaß zwischen Bergen. Es kommt je nach der Örtlichkeit der Ausbau durch Stauwehre im Strome mit hohem Stau durch Wehr, Krafthaus und Schiffahrtschleuse oder die Gefällerschließung durch einen Seitenkanal in Betracht. Es scheint, daß man im ersteren Falle die durch die Bauwerke hervorgehobene Stromversperrung durch seitliche Geländeabgrabungen ersetzen will, so daß der Hochwasser-Abflußquerschnitt durch den Bau sich nicht ändert. Wie man durch größere Fließgeschwindigkeiten im Wehre unter Verringerung des Hochwasserquerschnitts erhebliche Kostenersparungen erreichen kann, ohne Schiffahrt, Landwirtschaft und Landeskultur zu schädigen oder den Bestand der Bauanlagen zu gefährden, hat die Kraftanlage von Mettlach a. d. Saar gezeigt. Darüber hat der Verfasser bereits nähere Mitteilungen gemacht, worauf Bezug genommen sei[15]. Man sollte doch auch in Österreich ernstlich prüfen, ob dieses Vorgehen nicht an die Stelle des alten, kostspieligen und zeitraubenden Abgrabeverfahrens zu setzen wäre.

Eine Reihe von Entwürfen für den Ausbau der Donau ist bearbeitet worden. Nach dem neuesten Stande sind 13 Kraftwerke mit einer Höchstleistung von zusammen 1 140 000 PS und 5,5 Mrd jährlichem Arbeitsvermögen geplant. Das ist eine erhebliche Kraftquelle, die heute noch ungenutzt ist. Der Höhenplan, Abb. 7, gibt eine Übersicht über die Lage der Kraftwerke und ihre Stauspiegelhöhe. Die erschließbaren Gefälle liegen etwa zwischen 4.50 und 13,50 m. Die ständigen 10monatigen Einzelleistungen betragen zwischen 33 000 und 126 000 PS. Die Höchstleistungen sind bei 6monatiger Leistung und u. a. für Wallsee etwa 186 000, Persenbeug 165 000, Ottensheim 142 000, Grafenau 115 000, Aggsbach 109 000 PS. Es scheint, daß einige dieser Werke ihrer Verwirklichung entgegengehen, da ihre staatliche Genehmigung und Finanzierung gesichert sein soll[16].

[14] Wasserwirtsch. 1929, S. 409.

[15] Zentralbl. Bauverw. Bd. 47, S. 52 (1927).

[16] Weiteres über die Donauwasserkräfte s. Wasserwirtsch. Wien 1924, S. 345; 1927, S. 236 u. 293; 1929, S. 33 u. 631; 1930, S. 1 u. 269. Wasserkraftjahrbuch 1928/29, S. 161 u. Bericht 310 zur zweiten Weltkraftkonferenz, Berlin 1930.

Die Auswertung von Auslaufmessungen durch die Teilzeitlinie.

Von Dipl.-Ing. **J. Wicher**, Berlin.

Übersicht. **Das nachfolgend beschriebene neue Verfahren der Auswertung von Auslaufmessungen mit Hilfe der Teilzeitlinie ist als Ersatz gedacht für die bisher übliche Auswertung dieser Messungen durch die Zeichnung von Auslaufkurven und ihrer Tangenten, da das Ziehen von Tangenten an diese Kurven recht ungenau ist. Die Teilzeiten werden über der Drehzahl aufgetragen und durch geeignetes Hindurchlegen der Teilzeitlinie ausgeglichen. Die Form der Teilzeitlinie läßt ohne weiteres erkennen, innerhalb welches Drehzahlbereiches die Verluste sich linear, quadratisch bzw. kubisch mit der Drehzahl ändern. Aus der Teilzeitlinie können die Tangentenwerte ohne Zeichenarbeit nach einem einfachen mathematischen Ausdruck genau berechnet werden. Die Anwendung des Verfahrens wird an mehreren Beispielen gezeigt.**

1. Kritik der bisher üblichen Methode und Forderungen an die neue.

Wird eine Kraftmaschine mit umlaufenden Schwungmassen von ihrem Antrieb abgetrennt, dann wird die in den Schwungmassen aufgespeicherte Arbeitsmenge durch die aufzubringenden Reibungsverluste allmählich aufgezehrt und die Maschine kommt schließlich zum Stehen. Wird beim Auslaufen eine größere Anzahl von Wertepaaren der Zeit und der Drehzahl aufgenommen und der durch diese Punkte bestimmte Verlauf beider als Funktion der Drehzahl über der Zeit aufgetragen, dann entsteht die Auslaufkurve, durch deren Auswertung auf den Prüfständen verschiedene Meßgrößen festgestellt und im praktischen Betriebe die Reibungsverluste überwacht werden. Bei diesen Auslaufmessungen wird meist auch der Schnellschluß des Antriebsmaschinenreglers zum Ansprechen gebracht.

Bei der Auswertung der Auslaufmessungen zwecks Erlangung der verschiedenen Meßgrößen spielen die Tangenten an die Auslaufkurven eine große Rolle. Es gilt $\operatorname{tg}\alpha = \mathrm{d}\,n/\mathrm{d}\,t$. Diese Tangentenwerte geben also die Drehzahländerung in einem bestimmten Zeitelement an. Der Wert $\frac{100\ \mathrm{U/min}}{7\ \mathrm{s}}$ bedeutet also, daß die Maschine in 7 s z. B. von der Drehzahl 1000 auf die Drehzahl 900 U/min gefallen ist. Es gilt für jede Drehzahl folgende Beziehung zwischen den drei Größen GD^2 (Schwungmoment), $\operatorname{tg}\alpha$ und V (Verluste bei dieser Drehzahl):

$$V = GD^2 \frac{\pi^2}{3600}\, n \operatorname{tg}\alpha.$$

Sind zwei dieser Größen für eine Drehzahl bekannt, dann kann daraus die dritte berechnet werden. Dies wird z. B. bei Dampfturbinen angewendet, die man am Prüfstand vielfach nur leer laufen läßt. Da das Schwungmoment bekannt ist oder berechnet werden kann und auch die Auslaufkurve leicht aufgenommen werden kann, aus der sich $\operatorname{tg}\alpha$ ergibt, kann man daraus die Verluste bei der Nenndrehzahl bestimmen. Ausgehend von solch einem bekannten Punkte kann auch der Verlauf der Verluste über den ganzen Drehzahlbereich des aufgenommenen Auslaufes berechnet werden nach der Formel:

$$V_x = V_n \frac{n_x}{n_n} \frac{\operatorname{tg}\alpha_x}{\operatorname{tg}\alpha_n},$$

n Index für Betriebsdrehzahl, x für den zu suchenden Punkt.

Die Hauptvorteile dieser Methode liegen in der Schnelligkeit der Aufnahme (die meisten Großmaschinen kommen in weniger als 30 min zum Stehen) sowie in der geringen Anzahl und leichten Beschaffbarkeit der erforderlichen Meßmittel. Als Drehzahlmesser kann zur Not der an allen Antriebsmaschinen vorhandene Maschinen-Drehzahlmesser, als Zeitmesser eine Uhr mit Sekundenzeiger dienen. Mit Präzisions-Drehzahlmesser und Stoppuhr kann man schon größere Genauigkeit erzielen, mit Drehzahldynamo und Oszillograph mit selbsttätiger Zeitschreibung die größte. Der Hauptnachteil liegt in der nur geringen Genauigkeit, mit der die Tangenten an die Auslaufkurve graphisch gewonnen werden, weshalb diese Methode immer mit einer gewissen Unsicherheit behaftet bleibt, die durch das nachstehend beschriebene Verfahren beseitigt werden soll, zu dem man durch folgende Überlegung gelangt: Die Unsicherheit bei der Auswertung der Auslaufkurve liegt nicht nur in den Meßungenauigkeiten der Aufnahme begründet, sondern auch in den Eigenschaften der Auslaufkurve selbst, aus der die erstrebten Tangentenwerte x erst auf einem Umwege, durch Legen der Tangenten an die Kurve, also durch Bestimmung des Winkels α gewonnen werden. Nun läßt sich die Funktion $x = \operatorname{tg}\alpha$ nicht einmal für einen begrenzten Bereich durch eine Gerade ersetzen, daher übertragen sich die im Winkelmaß gemachten unvermeidlichen Zeichenfehler in ganz verschiedenem Maße auf den Tangentenwert. Da das Differential von $\operatorname{tg}\alpha$ gleich $\frac{1}{\cos^2\alpha}$ ist, werden diese Übertragungsfehler gerade bei $\alpha = \pi/2$ am größten, das ist am Beginn der Auslaufkurve bei der Normaldrehzahl, wo man am meisten Wert auf die genaue Tangente legt. So erklärt sich die Erfahrungstatsache, daß sich die Auslaufkurve in der unteren Hälfte ohne Schwierigkeit mit der gewöhnlich verlangten Genauigkeit auswerten läßt, daß diese Genauigkeit aber im Bereiche der Betriebsdrehzahl durchaus ungenügend wird. Daraus ergibt sich die Forderung, daß die zu entwickelnde Methode von der Verwendung der Auslaufkurve abgeht und auf einer solchen Funktion auf-

Digitized by Google

gebaut wird, die dem Tangentenwert inhaltlich näher steht als die Auslaufkurve.

Ferner kann man sagen, daß sich die Methode der Auslaufkurve recht gut für linearen Verlauf der Verluste über der Drehzahl eignet, dagegen weniger gut für den quadratischen Verlauf und gar nicht für den kubischen. Gerade deshalb, weil die Verluste bei der Betriebsdrehzahl fast ausnahmslos quadratischen bis kubischen Verlauf haben, eignet sie sich für den Bereich der Betriebsdrehzahl so schlecht. Wäre nun die zu suchende Methode besonders dem kubischen Verlauf angepaßt, dann wäre sie wieder für den linearen Verlauf ungeeignet, weshalb jene Darstellungsweise am meisten Aussicht hat, sich in der Praxis zu bewähren, die dem quadratischen Verlustverlauf besonders angepaßt ist.

In diesem Sinne wurde das Verfahren der Teilzeitlinie entwickelt. Ausgangspunkt hierfür ist eine elementare Betrachtung der geometrischen Verhältnisse bei der Auslaufkurve.

2. Entwicklung der Methode der Teilzeitlinie.

Wenn man beim Auslauf einer Maschine festgestellt hat, daß sie sich beim Zeitpunkt Null auf der Drehzahl 1500 U/min befand, nach 10 s aber den Drehzahlwert 1420 U/min durcheilte, daß sie also für das Durchlaufen dieser 80 Umdrehungen 10 s Zeit brauchte, dann ist nach Abb. 1 der Wert $\frac{80\ \mathrm{U/min}}{10\ \mathrm{s}}$ bereits der gesuchte Tangentenwert für die mittlere Drehzahl von 1460 U/min. Die Zuordnung des Tangentenwertes $\Delta n/\Delta t$ zur mittleren Drehzahl $n - \Delta n/2$ ist dabei eine Annahme, deren Zulässigkeit erst noch bewiesen werden muß, was nachfolgend geschieht durch den Nachweis, daß durch diese Annahme zwei einander entgegenwirkende Einflüsse vernachlässigt werden. Wenn man die Annahme macht, daß sich der Krümmungsradius der Auslaufkurve im betrachteten Bereiche Δn nicht ändert, dann ist der Tangentenwert jenem Punkte zuzuordnen, der erhalten wird als Schnittpunkt der Sehnensymmetrale mit der Auslaufkurve, das ist der Punkt *1*. Die Drehzahl dieses Punktes ist aber $n - \Delta n/2 - y$. Da wir es aber nicht mit unendlich kleinen, sondern mit endlich kleinen Größen zu tun haben, trifft die Annahme eines konstanten Krümmungshalbmessers über den ganzen Bereich von Δn nicht mehr zu. Da nun die Verluste sämtlicher Maschinen sich bei höherer Drehzahl stets mit höherer Potenz der Drehzahl ändern als bei niedrigerer, ist der Krümmungsradius der Auslaufkurve bei der Betriebsdrehzahl klein und wird allmählich größer, d. h. dem Tangentenwert ist ein Kurvenpunkt zuzuordnen, der um den Betrag z höher liegt als der Punkt *1*, also der Punkt *3*. Die Drehzahl dieses Punktes aber lautet $n - \Delta n/2 - y + z$. Wählt man statt dessen den Mittelwert $n - \Delta n/2$, also den Punkt *2*, dann beträgt die Vernachlässigung $y - z$. Nun ist schon jede der gemachten Vernachlässigungen klein, um so mehr ihre Differenz. Der Tangentenwert $\Delta n/\Delta t$ ist daher der mittleren Drehzahl $n - \Delta n/2$ im Punkte *2* zuzuordnen. Dieser Wert wurde nur durch Rechnung erhalten, weder die Auslaufkurve noch ihre Tangenten waren hierzu nötig.

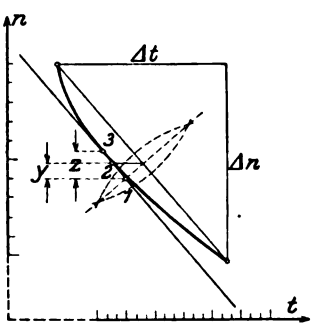


Abb. 1. Ausschnitt aus einer Auslaufkurve.

Die Verfolgung der zweiten Möglichkeit, diesen Tangentenwert nicht der Drehzahl, sondern der Auslaufzeit zuzuordnen, wird dadurch verbaut, daß sich in diesem Falle die zwei Vernachlässigungen nicht mehr entgegenwirken, sondern verstärken.

Den so gewonnenen Tangentenwerten haften jedoch noch zwei schwere Mängel an: Einmal kommen bei Aufnahme des Auslaufes Mißweisungen der Instrumente sowie Ablesefehler vor, die den Tangentenwert fälschen, außerdem aber werden durch eine derartige Berechnungsweise die Tangentenwerte nur für die Mittelwerte der abgelesenen Drehzahlen gewonnen, nicht aber für irgendwelche anderen gerade gewünschten Drehzahlen. Es muß daher vor allem ein Ausgleich der Meßgenauigkeiten angestrebt, dann aber auch die Möglichkeit geschaffen werden, die Tangentenbeträge für jede gewünschte Drehzahl ohne Schwierigkeit ermitteln zu können.

Sollen die in der Messung steckenden Ungenauigkeiten durch die darauf folgende Auswertung nach Möglichkeit ausgeglichen werden, dann muß berücksichtigt werden, wie sie zustande kommen und wie sie in den aufeinanderfolgenden Meßwerten erscheinen. Gewöhnlich wird der Auslauf so vorgenommen, daß ein Mann aufeinander folgende gleiche Zeitabschnitte angibt, z. B. von 10 zu 10 s, während der Drehzahlnehmer die dazugehörigen Drehzahlen abliest, die vom Zeitnehmer notiert werden. Es wurde etwa notiert bzw. die Teildrehzahlen nachträglich berechnet:

Sekunden	0	10	20	30	40
Drehzahl . . . . U/min	1500	1420	1350	1290	1240
Teildrehzahlen . U/min		80	70	60	50

Wäre nun beim Ablesen der Drehzahl in der 20. Sekunde ein Fehler von 10 Umdr. gemacht worden, dann wären die Drehzahldifferenzen in der gleichen Reihenfolge: 80, 60, 70, 50 U/min, d. h. der Fehler von 10 U/min erscheint nicht nur in der zweiten Drehzahldifferenz, wo er negativ ist, sondern auch in der dritten, wo er positiv vorkommt, also die Differenz vergrößert; dies deshalb, weil man es beim Auslauf nicht mit einer Reihe voneinander unabhängiger Punkte zu tun hat, bei denen die gemachten Fehler beliebig liegen können, sondern mit voneinander abhängigen Meßpunkten, so zwar, daß etwa gemachte Fehler unmittelbar hintereinander positiv und negativ erscheinen. Dieser Umstand schafft die Grundlage, nachträgliche Korrekturen mit viel größerer Sicherheit durchzuführen als bei den meisten der üblichen Meßverfahren.

Bei der Aufnahme selbst hat man zwei Möglichkeiten: entweder, der Zeitnehmer gibt bestimmte, gleichbleibende Zeitabschnitte an und der Drehzahlnehmer liest die zugehörigen Drehzahlen ab, oder aber der Drehzahlnehmer gibt das Durchlaufen runder, ganzzahliger Drehzahlen an und der Zeitnehmer liest die zugehörigen Zeiten ab. Die zweite Methode ist vorzuziehen, da die Ablesefehler geringer sind, denn es ist beim stets vorhandenen Schwanken des Drehzahlzeigers schon schwierig genug, eine runde Drehzahl wie 250 oder 240 abzulesen, während das Ablesen einzelner Sekunden selbst an einer Taschenuhr möglich ist und an einer Stoppuhr halbe Sekunden ohne Schwierigkeit abgelesen werden können. Diese zweite Methode ist ferner vorzuziehen wegen der vorhin entwickelten Notwendigkeit, den Tangentenwert $\Delta n/\Delta t$ der mittleren Drehzahl zuzuordnen. Bildet man nun die Differenzen aufeinander folgender Zeitpunkte, also die Teilzeiten, die benötigt werden, um die gewählte konstante Drehzahldifferenz von 100 oder 10 Umdr. nacheinander zu durchlaufen, dann müssen diese Teilzeiten eine stetige Folge von Zahlen ergeben; Meßfehler machen sich daher am unregelmäßigen Verlauf dieser aufeinander folgenden Teilzeiten bemerkbar.

Den Ausgleich dieser unvermeidlichen Meßfehler wird man nun nicht in der Zahlenreihe selbst vornehmen, sondern man wird sich diese Zahlenreihe graphisch auftragen und durch die meist ziemlich regellos durcheinander fallenden Meßpunkte eine glatte Kurve legen, welcher Vorgang allerdings nicht rein gefühlsmäßig erfolgen darf, sondern nach erst noch zu entwickelnden Grundsätzen. Eine Mehrarbeit gegenüber der bisherigen Methode entsteht dabei nicht, da man die Aufzeichnung der üblichen nichtssagenden Auslaufkurve unterlassen kann, die in ermüdender Eintönigkeit stets im Anfang rasch herabfällt und im weiteren Verlaufe langsamer dem Stillstand zustrebt, ohne daß sie uns durch die Verschiedenheiten ihrer äußeren Form irgendwelche Aufschlüsse über das Verhalten der Reibungsverluste usw. geben würde.

Nun könnte man daran denken, die Teilzeiten einfach über den Drehzahlen aufzutragen. Beim eben geschilderten allgemeinen Verlauf der Auslaufkurve würde aber eine derartige Teilzeitlinie mit kleinen Werten der Teilzeit beginnen und später allmählich bis zu mehrfach größeren Werten ansteigen. Dabei wäre der Verlauf dieses Ansteigens fast ebenso unübersichtlich wie die Auslaufkurve selbst. Bei den unteren Drehzahlen würde der Ausgleich versagen, weil die relative Drehzahländerung bei konstantem Δn prozentual wesentlich größer ist als bei den oberen Drehzahlen, was beim Ausgleich irgendwie mitberücksichtigt werden muß. Bei den oberen Drehzahlen aber würde der Ausgleich versagen, weil die Teilzeitwerte numerisch klein sind und sie bei linearem Zeitmaßstab daher auch nur kleine Ordinaten ergeben, so daß die Streuung der Meßwerte kaum in Erscheinung tritt, und doch hat gerade bei den oberen Drehzahlen jede Sekunde merkbaren Einfluß. Versuche mit dieser Ausgleichmethode beweisen auch sofort deren Aussichtslosigkeit, daher muß für die Aufzeichnung und Ausgleichung der Teilzeiten erst noch die geeignete Darstellungsweise gefunden werden. Im Sinne der vorhin an der Auslaufkurve geübten Kritik soll daher

Digitized by Google

versucht werden, sie aus der Annahme quadratischen Verlustverlaufes abzuleiten.

Man kann versuchen, die Aufzeichnungen und den Ausgleich der Teilzeiten in einer solchen Funktion durchzuführen, die bei quadratischem Verlauf der Verluste über der Drehzahl für die Teilzeitlinie eine Gerade parallel zur Drehzahlachse ergibt. Eine solche Funktion läßt sich auch tatsächlich ableiten. Die während des Auslaufes zu tragenden Verluste werden von der in den Schwungmassen aufgespeicherten Arbeitsmenge aufgebracht. Die Verminderung dieser Schwungmassenenergie durch die Verringerung der Drehzahl ist gleichzusetzen der aufzuwendenden Verlustleistung mal der Zeit. Da die Schwungenergie gleich $c_1 n^2$ ist, ist die

$$\left.\begin{matrix}\text{Verringerung der Schwungenergie}\\ \text{in der Zeit } \mathrm{d}t\end{matrix}\right\} = 2 c_1 n \,\mathrm{d}n . \quad . \quad (1)$$

Quadratischen Verlauf der Verluste über der Drehzahl vorausgesetzt, sind die Verluste gleichzusetzen dem Ausdruck $c_3 n^2$, daher sind die

$$\text{Verluste in der Zeit } \mathrm{d}t = c_3 n^2 \,\mathrm{d}t. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Ebensogut gilt auch $n\,\mathrm{d}t/\mathrm{d}n = c$, oder, da wir es mit endlichen Größen zu tun haben, schreiben wir besser $n\,\Delta t/\Delta n = c$. Würde man also für jedes Teilstück der Aufnahme (zwischen je zwei aufeinander folgenden Meßpunkten) den numerischen Wert dieses Ausdruckes berechnen und über n auftragen, dann würden wir eine mehr oder weniger flache Kurve mit ungefähr horizontalem Verlauf erhalten. Die aus den Meßfehlern stammende Streuung der Meßpunkte wäre sehr augenfällig und daher auch gut auszugleichen, doch wäre die Methode in dieser Form noch ungeeignet für den genauen Ausgleich der Meßungenauigkeiten und hätte wegen der damit verbundenen Rechenarbeit keine besondere Zukunft.

Um diese Rechenarbeit zu ersparen, wird man den Teilzeitmaßstab nicht konstant wählen, sondern proportional der Drehzahl, d. h., hat man bei der normalen Drehzahl für 1 s das Maß 10 mm gewählt, dann beträgt es bei der halben Drehzahl nur 5 mm. Die Linien Δt = konst., Teilzeitstrahlen genannt, sind also Gerade durch den Anfangspunkt des Drehzahlmaßstabes und nicht, wie es sonst der Fall wäre, Gerade parallel zur Drehzahlachse. Der so entstehende Teilzeitmaßstab braucht nicht für jede Auslaufkurve neu gezeichnet zu werden, sondern er wird ein für allemal auf Millimeterpapier vorbereitet, sei es, daß man zur Aufzeichnung der Teilzeitlinie einfach ein Pauspapier über den Teilzeitraster legt, sei es, daß man sich vom leeren Raster entsprechend viele Abzüge machen läßt. Vor der Einzeichnung der Meßpunkte wird der Drehzahlmaßstab eingezeichnet und die Teilzeitstrahlen werden nach Bedarf bezeichnet.

Die Ausgleichung der in einen solchen Raster eingetragenen Meßpunkte geht am einfachsten in der Weise vor sich, daß zuerst die aufeinanderfolgenden Meßpunkte durch einen mehr oder weniger gebrochenen Linienzug miteinander verbunden werden, dann wird die Teilzeitlinie selbst so gezogen, daß sie von der Zickzacklinie auf beiden Seiten Flächen gleichen Inhaltes abschneidet. Will man aber möglichst große Genauigkeit erzielen, dann wird man unter Vergleich mit der gezeichneten Teilzeitlinie bei jedem einzelnen Meßpunkt feststellen, um wieviele Sekunden er zu korrigieren wäre, wird diese Korrekturwerte notieren und zusehen, daß sie, in kleine Gruppen eingeteilt, einander aufheben; dann wird auch theoretisch nichts dagegen eingewendet werden können.

Eine in dieser Weise aufgezeichnete Teilzeitlinie hat voraussetzungsgemäß die Eigenschaft, mit der Drehzahlachse parallel zu laufen, wenn die Reibungsverluste dem Quadrat der Drehzahl proportional sind. Wenn sich die Verluste aber proportional der Drehzahl verhalten, lautet Gl. (2):

$$V\,\mathrm{d}t = c_3 n \,\mathrm{d}t.$$

Wird dies mit Gl. (1) gleichgesetzt, erhält man nach Umformung $\Delta t / \Delta n$ = konst.; d. h., die Teilzeitlinie verläuft in diesem Falle parallel mit den benachbarten Teilzeitstrahlen. Verhalten sich die Verluste aber proportional dem Kubus der Drehzahl, dann lautet die Gl. (2)

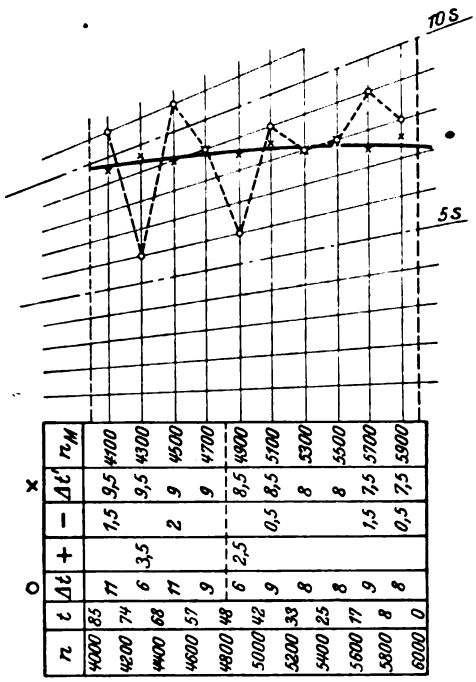
$$V\,\mathrm{d}t = c_3 n^3 \,\mathrm{d}t;$$

Gl. (1) gleichgesetzt, erhält man nach Umformung $\Delta t/\Delta n = c/n^2$; die Teilzeitlinie verläuft also in diesem Falle nach einem Hyperbelast.

Die numerischen Tangentenwerte werden aus der Teilzeitlinie gewonnen, indem man deren Schnittpunkt mit jenen Drehzahlordinaten aufsucht, deren Tangentenwerte gebraucht werden, und in diesen Punkten die zugehörige Teilzeit abliest. Die Tangentenwerte x sind dann gleich der konstant gehaltenen Teildrehzahl in Umläufen je Minute, geteilt durch die eben abgelesenen Teilzeiten. Werden nur die Verhältnisse der gesuchten Tangentenwerte gebraucht, wie z. B. bei der Ermittlung der Verluste über der Drehzahl, dann rechnet man einfach mit den Teilzeiten als Umkehrung der Tangentenwerte; braucht man aber die absoluten Werte, wie z. B. zur Berechnung des Schwungmomentes aus den Verlusten und dem Tangentenwert, dann muß der Tangentenwert noch auf 60 s reduziert werden, um Umläufe geteilt durch (Minuten)^2 zu erhalten.

3. Anwendung der Teilzeitlinie, Diskussion mehrerer Beispiele.

Abb. 2 zeigt den Auslauf einer Kondensationsturbine von 500 kW und 6000 U/min. Der besseren Anschaulichkeit wegen sind in diesem Falle noch die vollständige Aufschreibung und Zeichnung übereinander gesetzt. Die beim Auslauf konstant gehaltene Drehzahldifferenz betrug



	n_M	4100	4300	4500	4700	4900	5100	5300	5500	5700	5900		
x	$\Delta t'$	9,5	9,5	9	9	8,5	8,5	8	8	7,5	7,5		
	−	1,5			2			0,5			1,5	0,5	
	+			3,5			2,5						
0	Δt	11	6	11	9	6	9	8	8	9	8		
	t	85	74	68	57	48	42	33	25	17	8	0	
	n	4000	4200	4400	4600	4800	5000	5200	5400	5600	5800	6000	

Abb. 2. Teilzeitlinie einer Kondensationsturbine.

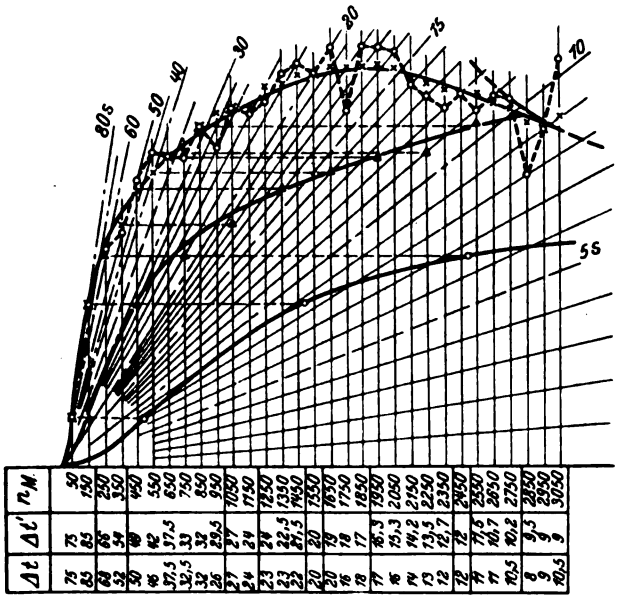
200 U/min, was für diesen Fall wohl das Minimum bedeutet, da die Teilzeiten hierbei nur rd. 8 s betrugen und zu geringe Teilzeiten die Ablesegenauigkeit verringern. Die Zahlen in den Reihen n und t sind das Ergebnis des Auslaufes; die Teilzeiten Δt in der nächsten Spalte sind daraus berechnet. Nun wird der Teilzeitraster gezeichnet oder der vorhandene Raster mit Drehzahl- und Zeitmaßstäben bezeichnet. Dabei ist allgemein zu beachten, daß der Nullpunkt der Drehzahl zugleich Anfangspunkt der Teilzeitstrahlen sein muß sowie daß die Teilzeitstrahlen in dem von den gemessenen Teilzeiten verlangten Umfange bezeichnet werden, in unserem Falle müssen also die Teilzeitstrahlen von 0 bis 11 s vorhanden sein. Man wird ferner den Drehzahlmaßstab normalerweise horizontal legen und den Drehzahlnullpunkt nach links; auf diese Weise erhalten die Teilzeitlinien ungefähr die Form der bekannten Spannungskennlinien: sie beginnen links unten mit Null und steigen nach rechts allmählich an, oder besser, sie fallen beim Auslauf von rechts oben nach links unten. Nun werden die Teilzeiten über den mittleren Drehzahlen aufgetragen und die benachbarten Punkte fortlaufend verbunden.

Sind die Ansprüche an die Genauigkeit nicht zu hoch und die Streuung der Meßpunkte nicht zu groß, dann wird es genügen, die Teilzeitlinie einfach nach dem Gefühl einzuzeichnen. Sie wird schon in dieser Form genauere Ergebnisse bringen als die Auslaufkurve. Soll aber die größtmögliche Genauigkeit angestrebt werden, dann muß die eingezeichnete Teilzeitlinie noch rechnerisch überprüft werden. Die Teilzeitlinie wird durch passend gewählte senkrechte Striche in einzelne Gruppen zerlegt, die nach Möglichkeit nur wenige Meßpunkte umfassen sollen. Jede

Digitized by Google

Gruppe soll zu große und zu kleine Teilzeiten enthalten. In unserem Beispiel wurden zwei Gruppen gebildet mit den mittleren Drehzahlen 4100 ... 4700 und 4900 ... 5900. Nun wird in den nächsten zwei Spalten (Plus- und Minuskorrekturen) nach Bedarf zu jedem Meßpunkt diejenige Korrektur eingetragen, die nötig wäre, um ihn auf die Teilzeitlinie zu bringen. Es muß dann in jeder Gruppe die Summe der Pluskorrekturen gleich sein der Summe der Minuskorrekturen. Ist das nicht der Fall, dann muß die Teilzeitlinie entsprechend verlegt werden. Es ist jedoch nicht nötig, daß jeder einzelne richtiggestellte Meßpunkt genau auf der Teilzeitlinie liegt. So entstehen die korrigierten Teilzeitwerte $\Delta t'$, die ebenfalls eingetragen sind. Durch diese schon viel weniger streuenden Punkte wird nun die endgültige Teilzeitlinie mitten durchgelegt. Die Abweichungen der $\Delta t'$-Werte von dieser Teilzeitlinie betragen meist nur geringe Bruchteile von Sekunden, eine weitere Steigerung der Auswertungsgenauigkeit hätte keinen Zweck mehr, da die Genauigkeit der meist verwendeten Präzisions-Drehzahlmesser geringer ist.

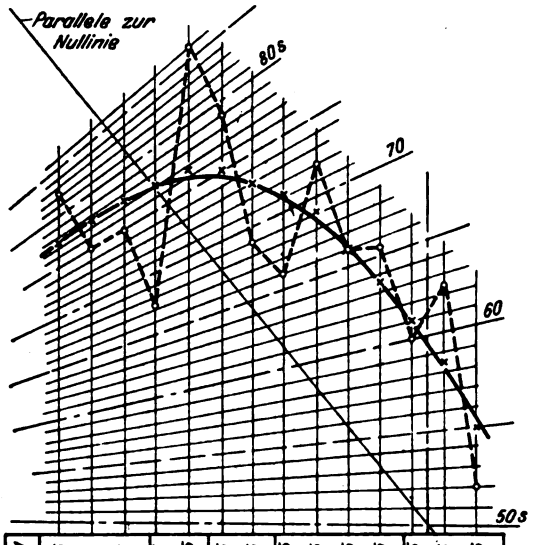
Die Teilzeitlinie ist bei der Betriebsdrehzahl zur Drehzahlachse parallel, die Verluste verlaufen hier also quadratisch. In der Gegend von 4000 U/min dagegen ist der Potenzexponent von 2 bereits auf rd. 1,6 gefallen. Die Lagerreibungsverluste spielen hier infolge der geringen Dampfreibung eine ziemliche Rolle, während das Verhältnis bei Gegendruckmaschinen gerade umgekehrt ist. In den folgenden Beispielen sind der Teitzeitlinie an Zahlen nur die mittleren Drehzahlen, die aufgenommenen und die ausgeglichenen Teilzeiten beigegeben; außerdem sind die für den Ausgleich gebildeten Gruppen eingezeichnet. Sämtliche Beispiele sind unveränderte Aufnahmen aus der Praxis.



n_M	50	150	250	350	450	550	650	750	850	950	1050	1150	1250	1350	1450	1550	1650	1750	1850	1950	2050	2150	2250	2350	2450	2550	2650	2750	2850	2950	3050
$\Delta t'$	75	83	84	88	92	97,5	93	89,5	77	74	74	74	74	72,5	73,5	71,5	70	68	67	66,5	66,5	65	63,5	62,5	61	60,5	60,5	59,5	59,5	59,5	59,5
Δt	75	83	83	88	92	92,5	96	89,5	77	74	73	73	73	73	73	71	70	68	67	66,5	66,5	65	63,5	62,5	61	60,5	60,5	59,5	59,5	59,5	59,5

Abb. 3. Teilzeitlinie eines Turbosatzes.

Abb. 3 zeigt den Auslauf eines Turbogenerators von 4500 kVA und 3000 U/min. Der Auslauf wurde von übernormaler Drehzahl bis zum Stillstand aufgenommen. Die konstante Drehzahldifferenz beträgt hier 100 U/min. Meist richtet sich das Interesse hauptsächlich auf die Werte bei der Betriebsdrehzahl, weshalb in vielen Fällen der Auslauf auch nur bis zur halben Betriebsdrehzahl aufgenommen wird. Hier soll aber die Teilzeitlinie bis zum Stillstand aufgezeichnet werden. Um die Genauigkeit des Ausgleiches auch im unteren Bereich möglichst hoch zu treiben, wurden Teile der Teilzeitlinie in vergrößertem Maßstab wiedergegeben: das untere Drittel des Drehzahlbereiches wurde 3fach und das unterste Zehntel wurde 10fach vergrößert in den Gesamtbereich eingefügt. Um in den vergrößerten Teilzeitlinien die gleichen Ordinatenwerte für die Meßpunkte zu erhalten, wurden die gemessenen Teilzeiten durch 3 bzw. durch 10 geteilt. So tritt z. B. der Meßpunkt bei der mittleren Drehzahl von 50 U/min in der 3fachen Drehzahlvergrößerung auf als 150 U/min und 25 s und in der 10fachen Vergrößerung als 500 U/min und 7,5 s Teilzeit. Die dreifache Vergrößerung diente zur Ausgleichung der Meßpunkte im unteren Drittel, die 10fache Vergrößerung zur Sichtbarmachung des Wendepunktes in der Teilzeitlinie bei etwa $n = 25$, der verursacht wird durch das allmähliche Schwächerwerden und schließliche Reißen des Ölfilmes in den Lagern bei der sog. Ausklinkdrehzahl. Der Bereich der Teilzeitlinie von 3000 bis 2500 U/min zeigt ungefähr kubischen, der von 2000 bis ungefähr 1500 U/min angenähert quadratischen und der von 150 bis 50 U/min linearen Verlauf, während in den übrigen Zonen der Übergang vom einen zum anderen Bereich vor sich geht.



n_M	135	145	155	165	175	185	195	205	215	225	235	245	255	265
$\Delta t'$	77,5	77,5	77,5	77	76,5	75	73	71	69	68	63,5	67	58,5	55
Δt	82,5	75	75	67,5	86	79	69	66	72	66	65,5	60	62,5	52

Abb. 4. Teilzeitlinie eines Wasserkraftgenerators mit waagerechter Welle.

Abb. 4 soll zeigen, daß man auch mit der Bezifferung der Teilzeitstrahlen ziemliche Freiheit hat. Es handelt sich um einen langsamlaufenden Wasserkraftgenerator mit waagerechter Welle für 230 kVA und 250 U/min. Es kommen bei einer konstanten Drehzahldifferenz von 10 U/min Teilzeiten von 50 ... 80 s vor. Um nun einen möglichst großen Maßstab für die Teilzeit zu erreichen, wurden die Strahlen von der Drehzahlachse ab nicht mit 0 s, sondern mit 50 s fortlaufend bezeichnet, da die niedrigeren Teilzeiten doch nicht gebraucht werden. Zur Beurteilung der fertigen Teilzeitlinie in bezug auf ihren Verlustverlauf darf nunmehr aber nicht mehr die Drehzahlachse, sondern muß eine erst noch aufzusuchende Nullinie verwendet werden, die man erhält, wenn man die Teilzeitstrahlen unter die Drehzahlachse von 50 bis 0 s fortsetzt. Der Teilzeitstrahl von 0 s ist dann für die Beurteilung des Verlustverlaufes als Nullinie zu verwenden. Die erhaltene Teilzeitlinie zeigt quadratischen Verlauf zwischen 245 und 215 U/min, über 245 wird der Verlustverlauf allmählich kubisch, unterhalb von 215 geht er sehr schnell in linearen Verlustverlauf über.

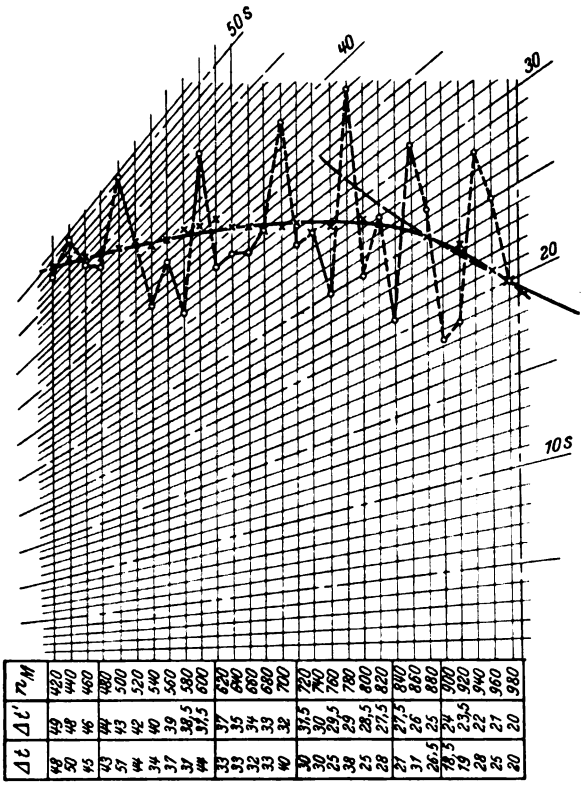
Abb. 5 zeigt die Teilzeitlinie eines großen vertikalen Schwungradgenerators mit Turbinenlaufrad im leeren Rohr. Die angegebenen Drehzahlen sind an der Antriebswelle des Reglers abgelesen. 1000 U/min an dieser Welle entsprechen der Betriebsdrehzahl von 166⅔. Von 830 bis 610 U/min haben wir es mit quadratischem Verlustverlauf zu tun, bei der Betriebsdrehzahl wieder mit angenähert kubischem, unterhalb $n = 610$ neigt sich die Teilzeitlinie allmählich zum linearen Verlauf. An der starken Streuung der einzelnen Meßpunkte kann man auch einsehen, warum die Auswertung des Auslaufs mit Hilfe der Auslaufkurve häufig wegen der Meßungenauigkeiten versagt. Wenn z. B. die Meßpunkte von 920 bis 790 unausgeglichen in die Auslaufkurve verarbeitet werden, kann es gar nicht ausbleiben, daß die Auslaufkurve an dieser Stelle eine für das Auge allerdings unsichtbare, aber doch vorhandene und bei Aufzeichnung der Verluste über der Drehzahl in die Erscheinung tretende Ausbuchtung erhält.

Dieses Beispiel zeigt ferner den gar nicht so seltenen Fall, daß man den Auslauf nur von der Betriebsdrehzahl, nicht aber von einer um 10 % höheren Drehzahl aus beginnen konnte. In jedem solchen Falle war die Konstruktion der Tangente bei der Betriebsdrehzahl an die Aus-

Digitized by Google

laufkurve eine sehr problematische Angelegenheit. Die Verlängerung der Teilzeitlinie von 980 bis 1000 ist hingegen durchaus vertretbar. Sie ergibt bei 1000 U/min eine Teilzeit von 19 s. Da die konstante Drehzahldifferenz 20 U/min beträgt, ist der Tangentenwert bei $n = 1000$: $\frac{20 \text{ U/min}}{19 \text{ s}} =$ 63 U/min².

Diese Teilzeitlinie mit ihrem für diese Maschinengattung typischen Verlustverlauf gibt auch eine gute Handhabe, um eine neue Methode zur Bestimmung der Tangente im Betriebspunkt zu beurteilen, die von A. Engler und A. Zeindler veröffentlicht wurde[1] und darauf beruht, daß vom Augenblick des Abschaltens ab die Umläufe gezählt werden und zusammengehörige Werte der Umläufe und der Drehzahl fortlaufend aufgenommen und aufgetragen werden, die Drehzahlen als Ordinaten und die Umläufe als Abszissen. Die entstehende Kurve ist scheinbar eine Gerade, die vom Beginn des Auslaufes bei der Normaldrehzahl ausgeht, zum Schluß die Abszissenachse



n_M	420	440	460	480	500	520	540	560	580	600	620	640	660	680	700	720	740	760	780	800	820	840	860	880	900	920	940	960	980
$\Delta t'$	49	48	46	44	43	42	40	39	38,5	37,5	37	35	34	33	32	31,5	30	29,5	28,5	27,5	27	26	25	24	23,5	22	21	20	
Δt	49	50	45	43	57	44	34	37	37	44	33	33	32	33	40	30	30	25	38	25	28	27	31	26,5	18,5	19	28	25	20

Abb. 5. Teilzeitlinie eines Wasserkraftgenerators mit senkrechter Welle.

schneidet und in diesem Punkte die Gesamtzahl der Umläufe seit Beginn des Auslaufes markiert. Die Neigung dieser Geraden wird bestimmt und in analoger Weise verwertet wie die Tangenten an die Auslaufkurve, nur ist die Tangente an die Auslaufkurve gleichzusetzen dem Ausdruck $\mathrm{d}\,n/\mathrm{d}\,t$, während die Neigung dieser Geraden dem Ausdruck $\mathrm{d}\,n/n\,\mathrm{d}\,t$ entspricht. Das bedeutet, daß der Tangentenwert nachher in der Rechnung noch mit n vervielfacht werden muß, um $\mathrm{d}\,n/\mathrm{d}\,t$ zu erhalten. Fehler, die bei der Bestimmung der Neigung gemacht werden, gehen also ver-n-facht in die Rechnung ein, womit die Genauigkeit der Methode ungefähr der der Auslaufkurve vergleichbar wird. Außerdem aber gelten die dort gemachten Ableitungen und Formeln nur für den Fall von sich mit der Drehzahl quadratisch ändernden Verlusten, nur in diesem Falle nämlich wird die Funktion Drehzahl über den Umläufen wirklich zu einer Geraden. Nun zeigt unsere Teilzeitlinie — als ein Muster für viele —, daß auch bei Wasserkraftgeneratoren, für die die Methode wohl in erster Linie bestimmt ist, der Verlustverlauf nur in einem bestimmten Drehzahlbereich quadratisch ist, welcher Bereich bei dieser Maschine und bei vielen anderen nicht bis zur Betriebsdrehzahl reicht. Um der Sache noch näher zu kommen, ist in der Zeichnung der Teilzeitlinie noch die Hyperbel für kubischen Verlauf der Verluste angegeben, die zeigt,

[1] A. Engler u. A. Zeindler, Bull. SEV Bd. 20, S. 217 (1929).

daß diese bei der Betriebsdrehzahl ungefähr kubischen Verlauf haben. Daher ist der Verlauf Drehzahl über Umläufen auch keine Gerade mehr, sondern eine flache Kurve. Der richtige Wert der Tangente im Betriebspunkte wäre in der Zeichnung durch die Tangente im Punkte n zu erhalten, wenn sie ohne Rücksicht auf den übrigen Verlauf der flachen Kurve gezogen würde. In Wirklichkeit würde sie aber in einem solchen Falle gewiß so gezogen, daß sie die langgestreckte Kurve am anderen Ende wieder erreicht, was zwar psychologisch verständlich, geometrisch aber falsch wäre.

Die Gesamtumläufe des Auslaufvorganges sind übrigens auch in der Teilzeitlinie in einfacher Form enthalten. Man kann sie bestimmen, wenn man jede Teilzeit mit der zugehörigen mittleren Drehzahl multipliziert und die Summe dieser Produkte im verlangten Drehzahlbereich bildet. Da die Ordinatenhöhe jeder einzelnen Teilzeit ohnehin dem Werte $n\,\Delta t$ proportional ist, kann man die Fläche auch im verlangten Drehzahlbereich planimetrieren. Der Flächenwert wird aus der Gleichung $n\,\Delta t$ (im Drehzahl- und Sekundenmaßstab) $= c \times$ Fläche dieses Rechteckes (in cm²) berechnet.

In Abb. 6 wurden die vier gezeigten Fälle zwecks besseren Vergleiches in der Weise vereinigt, daß sie —

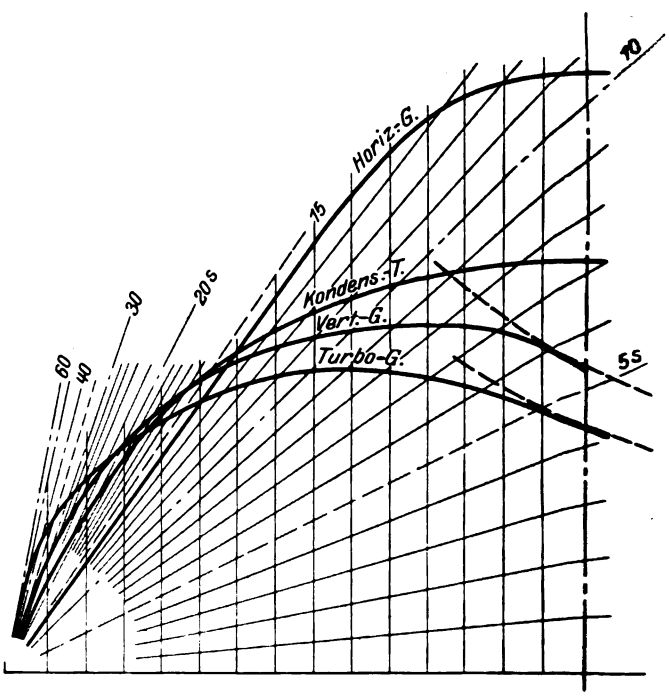


Abb. 6. Teilzeitlinien verschiedenen Verlustverlaufes.

unter Beibehaltung ihrer Eigenart — auf gleiche Drehzahl und Auslaufzeit reduziert wurden. Die Abbildung zeigt deutlich die Anpassungsfähigkeit der Teilzeitlinie gegenüber den verschiedenen Verlustverhältnissen. Ferner wurden aus den vier behandelten Teilzeitlinien die Verluste über der Drehzahl berechnet. Zwecks besseren Vergleiches wurden die Verluste bei der Nenndrehzahl jedesmal gleich Hundert gesetzt und die Verluste bei 90, 80, 70 % usw. der Nenndrehzahl berechnet. Die eingangs erwähnte Formel konnte für diesen Fall noch vereinfacht werden auf

$$V_x = 100\,\frac{n_x}{n_n}\,\frac{\Delta t_n}{\Delta t_x}.$$

Wollte man die Verluste einfach über der Drehzahl auftragen, so erhielte man Kurven, die genau so nichtssagend sind wie die Auslaufkurven selbst. Wünscht man daher die Verluste über der Drehzahl in einer solchen Darstellungsform, die auch den Grad der Funktion einigermaßen zu beurteilen gestattet, dann muß man die Verluste über dem Quadrat der Drehzahl auftragen, wie in Abb. 7 geschehen. Die Verluste verlaufen in jenen Punkten proportional dem Quadrat der Drehzahl, deren Tangente durch den Anfangspunkt $n = 0$ geht. Oberhalb dieses Punktes nähert man sich dem kubischen, unterhalb dem linearen Verlauf. In dieser Darstellungsweise lassen sich gut Vergleiche ziehen zwischen verschiedenen Maschinen und der

Digitized by Google

Zusammensetzung ihrer Verluste aus Luft- und Lagerreibung.

Es ließen sich noch interessante Teilzeitlinien von anderen Maschinengattungen wie auch von ganzen Maschinensätzen bringen, doch ist das Wesentliche an den gebrachten Beispielen gezeigt. Schon bei Einzelmaschinen und erst recht bei ganzen Maschinensätzen sind bei der Aufnahme des Auslaufes eine Reihe von Einflüssen nach Möglichkeit konstant zu halten, die sonst das Ergebnis trüben würden. Die Temperatur des zufließenden Öles soll konstant bleiben wie auch das Vakuum von Kondensationsturbinen und der Gegendruck bei Gegendruckmaschinen usw.; besonders bei Auslaufaufnahmen zwecks Betriebskontrolle ist darauf zu achten. Die benutzten Instrumente

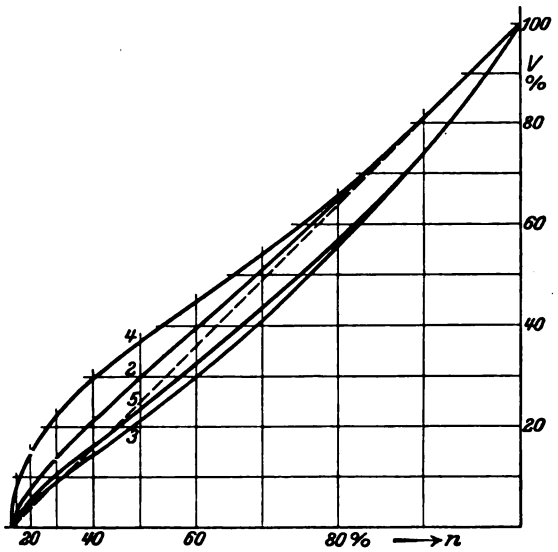


Abb. 7. Verluste der in Abb. 2...5 untersuchten Maschinen über n^2.

wie Drehzahlmesser und Stoppuhren, sind zu notieren, um Fehler an ihnen nachweisen zu können. Auch wird man bei der Aufnahme des Auslaufes nicht nur gerade so viele Punkte aufnehmen wie man zu verwenden gedenkt, sondern so viele wie man ohne Übereilung ablesen kann, weil auf diese Weise Fehlmessungen aufgefunden werden können. Übrigens kann die Teilzeitlinie auch aus solchen Auslaufmessungen ermittelt werden, bei denen Δn nicht konstant gehalten worden ist. Braucht man z. B. die Zeit bei $n = 380$ und hat man sie nur bei $n = 390$ mit 187 s und bei $n = 360$ mit 202 s aufgenommen, dann teilt man die Zeitdifferenz von 15 s in drei gleiche Teile und hätte daher bei $n = 380$ 297 s seit Beginn des Auslaufes.

4. Vergleich beider Methoden.

Vorausgesetzt daß ein Teilzeitraster bereits vorhanden ist und einige Übung in seiner Benutzung vorliegt, wird die aufzuwendende Arbeitszeit kaum größer als nach der alten Methode. Sie wird selbst dann nicht wesentlich größer, wenn der Raster neu angefertigt werden muß. Man kann ferner rechnen, daß die Auslaufzeit bei der Aufzeichnung der üblichen Auslaufkurve auf dem normalen Kurvenblatt kaum länger ausfallen kann als 250 mm, daß dagegen bei der Aufzeichnung der Teilzeitlinie und Einteilung von n in rd. 25 Teilzeiten der durchschnitliche Abstand der Teilzeitlinie von der Drehzahlachse etwa 10 cm betragen kann, so daß die addierten Teilzeiten, also die Auslaufzeit, eine Länge von 2500 mm haben mögen. Das Maßstabverhältnis ist daher 1 : 10.

Dieser Unterschied wird sofort augenfällig, wenn man von einem Auslauf beide Kurven aufzeichnet. Es ergibt sich, daß die Meßpunkte in der Auslaufkurve nur um Bruchteile von Millimetern streuen, in der Teilzeitlinie dagegen um mehrere Zentimeter. In der Tat genügte für die bisherige Auslaufkurve schon eine nur mittelmäßige Genauigkeit, während sie bei der Teilzeitlinie gar nicht groß genug sein kann. Die Auswertung mit Hilfe der Auslaufkurve war eben noch ungenauer als die Messung, während die Auswertung mit Hilfe der Teilzeitlinie genauer ist als die Aufnahme, wie es ja auch stets sein soll.

Wenn man ferner an einem in Betrieb befindlichen Maschinensatz gelegentlich Auslaufmessungen vornimmt und verschiedene dieser Messungen miteinander vergleichen will, dann würde das Übereinanderzeichnen der verschiedenen Auslaufkurven noch nichts augenfällig machen, wohl aber der Vergleich der verschiedenen Teilzeitlinien auf einem Raster, da ja die Teilzeiten bereits Maße für die Verluste sind. — Wie schon erwähnt, hat man in beschränktem Umfange die Möglichkeit, die Teilzeitlinie über den Anfangspunkt zu verlängern, während man das gleiche Verfahren bei der anderen Methode nicht mehr als technisch einwandfrei bezeichnen kann.

Die zwanglose Leichtigkeit, mit der die Diskussion der Teilzeitlinie in bezug auf die Reibungsverluste erfolgt, deren Verlauf mit der Drehzahl der Kernpunkt der Auslaufmessungen ist, ist ferner der beste Beweis dafür, daß diese Darstellung inhaltlich dem energetischen Haushalt der Maschinen wesentlich näher steht als die Auslaufkurve.

Die Darstellung des Auslaufes in der Teilzeitlinie hat weiter den Vorteil, daß die Genauigkeit der Darstellung gerade im oberen Bereiche der Drehzahl, der am meisten auszusagen hat, auf die Spitze getrieben ist, während die Auslaufkurve im unteren Drehzahlbereich ihre größte Genauigkeit hat. Daher kann die Auslaufkurve im Bereich der Betriebsdrehzahl nicht mitkonkurrieren, ist aber dafür im unteren Drehzahlbereich der Teilzeitlinie überlegen, was sich am besten darin zeigt, daß das Abreißen des Ölfilmes bei der Ausklinkdrehzahl und die dadurch verursachte Verlustvergrößerung in der Auslaufkurve besser zu sehen ist als in der Teilzeitlinie. Es ist daher anzunehmen, daß sich die Teilzeitlinie wenigstens das Gebiet der Betriebsdrehzahl erobern wird.

Polens Elektrizitätswirtschaft in den Jahren 1926 und 1927.

Von **W. Rosental**, Warschau.

Anfangs 1928 war der Stand der Elektrizitätswirtschaft Polens nach dem kürzlich erschienenen statistischen Jahrbuch des Ministeriums für öffentliche Arbeiten[1] folgender: Insgesamt gab es 742 Elektrizitätswerke (ohne Berücksichtigung der 333 Werke für den Privatbedarf mit einer installierten Leistung unter 100 kW), deren Leistung im ganzen 932 658 kW betrug, und deren Jahreserzeugung 2.320 Mrd kWh ausmachte. Die gesamte Produktion wird auf etwa 2,343 Mrd kWh geschätzt. Auf den Einwohner entfielen 76,8 kWh und 30,9 W installierte Leistung der Elektrizitätswerke.

Den allgemeinen Charakter des Standes der Elektrisierung 1926/27 kann man an Hand der Zahlentafel 1 beurteilen. Diese berücksichtigt die Einteilung der Elektrizitätswerke, wie sie in der Statistik des Ministeriums durchgeführt ist, u. zw. a) Elektrizitätswerke öffentlicher Nutzung, d. h. solche, die sich gewerblich mit der Abgabe elektrischer Arbeit befassen; b) solche, die zu Industrieunternehmen gehören und elektrische Arbeit an Dritte nur nebenbei liefern; c) Werke privater Nutzung, die nur ihren Eigentümern zum privaten Gebrauch dienen und den Eigenbedarf der Industriewerke decken.

Zieht man die Elektrizitätswerke der beiden ersten Gruppen in Betracht, so erhält man 500 Werke mit einer Erzeugung von 1318 Mill kWh und einer installierten Leistung von 519 272 kW, d. s. 43,6 kWh und 17,2 W je Einwohner und 3394 kWh bzw. 1,33 kW je 1 km².

Aus Zahlentafel 2 ergibt sich, daß auf Elektrizitätswerke mit über 1000 kW installierter Leistung etwa 20 % aller Werke, 90 % der Leistung und 93 % der Erzeugung entfallen.

Während diese Ziffern eine erst beginnende Entwicklung der Elektrisierung erkennen lassen, tritt in den letzten Jahren eine immer stärkere Zunahme der Erzeugung in Erscheinung, die von steten Fortschritten auf diesem

[1] Statistik der Elektrizitätswerke in Polen 1926 und 1927, Ministerium für öffentliche Arbeiten, Warschau 1929.

Digitized by Google

Zahlentafel 1.

Elektrizitätswerke	Jahreserzeugung insgesamt		Jahreserzeugung je Einwohner		Jahreserzeugung je Elektrizitätswerk		Installierte Leistung kW insgesamt		Installierte Leistung kW je 1000 Einwohner		Installierte Leistung kW je Elektrizitätswerk	
	1926	1927	1926	1927	1926	1927	1926	1927	1926	1927	1926	1927
	Mill kWh		kWh		Mill kWh							
Alle Werke	1961[1]	2320	65,6	76,8	2,81	3,24	870 369	932 658	29,1	30,9	1248,7	1304.4
Werke öffentlicher Nutzung. . .	700	877	23,4	29,0	1,85	2,26	304 522	344 079	10,2	11,4	810,9	886,5
Werke privater Nutzung mit teilweise öffentlichem Charakter .	397	441	13,3	14,6	4,96	5,19	175 076	175 193	5,8	5,8	1963,4	2061,0
Werke rein privater Nutzung .	864	1002	28,9	33,2	3,62	4,14	390 771	413 386	13,1	13,7	1635,0	1705,2

[1] Schätzungsweise betrug die Erzeugung der Werke privater Nutzung von weniger als 100 kW etwa 21 Mill kWh im Jahre 1926 und etwa 23 Mill kWh im Jahre 1927. Die Gesamterzeugung der polnischen Elektrizitätswerke kann man 1926 auf 1982 Mill kWh und 1927 auf 2343 Mill kWh schätzen.

Zahlentafel 2.

Elektrizitätswerke	Gesamtzahl		Zahl der Werke mit bekannter Leistung		Installierte Leistung kW		Zahl der Werke mit bekannter Erzeugung		Jahreserzeugung 1000 kWh	
	1926	1927	1926	1927	1926	1927	1926	1927	1926	1927
Alle Werke[1]	731	742	697	715	870 369	932 658	620	648	1 930 856	2 301 810
Werke mit über 1000 kW	136	143	134	138	770 479	830 544	131	137	1 770 376	2 135 424
Werke von 100 bis 1000 kW	287	291	280	289	88 948	90 824	250	261	150 745	156 314
Werke öffentlicher Nutzung bis 100 kW . . .	308	308	283	288	10 942	11 290	240	250	9 735	10 072
Werke privater Nutzung bis 100 kW	314	333	312	331	8 186	9 002	149	158	7 409	7 814

[1] Ohne die Werke privater Nutzung bis 100 kW.

Zahlentafel 3.

Jahr	Werke mit einer installierten Leistung von je über 5000 kW[1] Jahreserzeugung			Installierte Leistung		Alle Elektrizitätswerke		
	Mill kWh	Zunahme gegen das Vorjahr %	Verhältnis zur gesamten polnischen Elektrizitätserzeugung %	kW	Benutzungsstunden	Jahreserzeugung Mill kWh	Installierte Leistung kW	Benutzungsstunden
1925	1256	—	75,3	587 770	2137	1800	824 213	2184
1926	1460	16,2	75,6	589 081	2478	1961	870 369	2250
1927	1753	20,1	76,1	624 191	2808	2320	932 658	2487
1928	1916	9,3	(76,1)	—	—	(2518)	—	—
1929	(2231)	(16,4)	(76,1)	—	—	(2931)	(1 270 000)	(2360)

[1] 50 Elektrizitätswerke. Die eingeklammerten Zahlen sind geschätzt.

Gebiet zeugt. Nach vorläufigen Berechnungen betrug die Gesamtproduktion im Jahr 1928 etwa 2,5 Mrd kWh, die Zunahme der Elektrizitätsgewinnung also etwa 9 %. Im Jahr 1929 wird letztere (auf Grund der Berechnungen für das erste Halbjahr) aller Voraussicht nach die Höhe von 3 Mrd kWh erreicht haben, das wären etwa 16 % mehr.

Zahlentafel 3 zeigt die Entwicklung der installierten Leistung, der Jahreserzeugung und der Ausnutzung ersterer in den Jahren 1925 bis 1929; die fünf ersten Spalten beziehen sich auf 50 Elektrizitätswerke mit einer installierten Leistung von je über 5000 kW. Die mittlere Benutzungsdauer der gesamten installierten Leistung betrug im Jahr 1927 28 % oder 2487 h. Auf ein Elektrizitätswerk entfielen im Durchschnitt 1304 kW installierte Leistung und etwa 3,2 Mill kWh Erzeugung; das größte Werk in Polen, die Überlandzentrale Chorzow O.K., verfügte über 81 000 kW und lieferte 423 Mill kWh.

An Überlandzentralen bestanden 26 mit einer installierten Leistung von zusammen 223 851 kW (etwa 24 % der Gesamtleistung) und einer Jahreserzeugung von im ganzen 749,2 Mill kWh (etwa 33 % der Gesamterzeugung).

Wenn vorstehende Angaben auch die besten Hoffnungen für die Zukunft rechtfertigen, so ist doch festzustellen, daß noch sehr viel zu tun übrig bleibt, um mit der Elektrisierung in anderen Ländern, die vielfach unter erheblich besseren Bedingungen arbeiten als Polen, auf gleicher Höhe zu stehen.

Wie aus Zahlentafel 4 zu ersehen ist, stellt sich das Gebiet der Republik Polen in bezug auf die Elektrisierung sehr uneinheitlich dar. Besonders kraß treten die Unterschiede zwischen dem Osten, der diesbezüglich noch in den gröbsten Anfängen steckt, und Oberschlesien, dem am stärksten elektrisierten Landesteil, hervor. Die Zahlentafel zeigt auch, daß zwischen der gegenwärtigen Stromerzeugung und dem Verbrauch elektrischer Arbeit eine erhebliche Spanne besteht, da der Bedarf selbst bei vorsichtiger Schätzung etwa 5,2 Mrd kWh und etwa 1,7 Mill kW bzw. etwa 190 kWh und 63 W je Einwohner erreicht.

Zahlentafel 4.

Woiwodschaften	Jahreserzeugung kWh (1927) je Einwohner	Jahreserzeugung kWh (1927) je 1 km² Oberfläche	Voraussichtl. Bedarf kWh je Einwohner	Voraussichtl. Bedarf kWh je 1 km² Oberfläche
Polen	76,8	5 973,4	190,0	13 388,6
Hauptstadt Warschau	110,5	856 099,1	84,0	8 701,2
Warschau	21,7	1 567,9		
Lodz	76,1	9 010,9	127,8	15 128,3
Kielce	114,4	11 267,9	326,7	32 184,3
Lublin	5,6	377,3	42,4	2 844,4
Bialystok	12,9	517,4	63,8	2 561,3
Wilna	7,7	264,4	39,8	1 375,1
Nowogrodek	1,6	56,2	21,3	750,7
Polesien	2,5	52,1	19,2	399,3
Wolhynien	1,5	72,7	43,4	2 058,9
Posen	40,1	2 975,8	141,2	10 471,9
Pommerellen	32,8	1 875,4	108,7	6 205,6
Oberschlesien . . .	1148,6	305 487,2	2238,5	595 333,8
Krakau	90,9	10 383,3	196,1	22 349,3
Lemberg	20,7	2 083,4	88,1	8 858,4
Stanislau	5,9	435,7	36,3	2 649,1
Tarnopol.	0,9	85,6	39,7	3 491,4

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Elektromaschinenbau.

Nutenlose oder Hochspannungs-Synchronmaschine. — Betrachtet man die heute übliche Art der Umwandlung mechanischer in hochgespannte elektrische Energie, so werden im wesentlichen hierzu drei Wicklungen verwendet, wovon zwei am Transformator zur Umspannung dienen, während die Wicklung der Maschine zur eigentlichen Energieumwandlung dient. Wichtig für den Transformator ist hierbei sein einfacher Aufbau, so daß es möglich wird, ihn bei hohen Spannungen mit einem Ölkessel zu umgeben. Die Maschinenwicklung erzeugt nun in der Primärwicklung des Transformators einen Strom, dessen zeitliche Änderungen ebensolche Änderungen des magnetischen Widerstandes bedingen, welche dann in der Sekundärwicklung die gewünschte EMK induzieren. Es liegt nun der Schluß nahe, die beiden ersten Wicklungen überhaupt wegzulassen und die erwähnten Feldänderungen direkt in einer (Sekundär-) Wicklung zu erzeugen. Diese Möglichkeit wurde von B. Kudrna näher untersucht.

Allgemein ergeben sich zunächst zwei Gesichtspunkte, nämlich: a) ruhende Feldwicklung, b) rotierende Feldwicklung, von welchen jedoch mit Rücksicht auf die Forderungen der heutigen Baustoffwirtschaft nur die letztere von Bedeutung ist. Man kommt dabei vielfach zu historischen Maschinentypen (Oerlikoner Maschinentyp von Charles Brown[1] oder Maschinentyp von Fricker[2], Sulcher Company), welche eben von diesem Gesichtspunkt, der Erreichung möglichst hoher Spannungen, eine Umkonstruktion erfahren müßten. Man hat sich ja schon bemüht, Dynamomaschinen aus Kühlungsrücksichten mit Ölkessel auszuführen, doch stößt dies bei Verwendung von Nuten begreiflicherweise auf Schwierigkeiten, während bei der nutenlosen Wicklung, die ja in ihrem Aufbau einer Transformatorwicklung ähnlich ist, bedeutend geringere Schwierigkeiten zu erwarten und daher voraussichtlich zu überwinden sind. Dies ist für das gestellte Problem wesentlich, da man für hohe Spannungen Anordnungen mit Ölkessel vorzieht.

Bevor man jedoch zu einem praktischen Versuch schreitet, ist es notwendig, die theoretischen Grundlagen für diese Wicklungsart festzulegen, um über das elektrische Verhalten ein klares Bild zu bekommen. Man kommt dabei zu ganz interessanten Ergebnissen, welche kurz angeführt werden sollen.

1. Die EMK-Kurve läßt sich im Leerlauf ohne besondere Schwierigkeiten ziemlich sinusförmig erreichen.
2. Ankerrückwirkung und Spannungsabfälle liegen, wie auch zwei Berechnungsbeispiele gezeigt haben, innerhalb der normalen Grenzen.
3. Der Streuspannungsabfall kann von einer unteren Grenze an durch geeignete Konstruktion beliebig erhöht werden, was von Vorteil im Kurzschlußfall ist. Es wird dadurch der Einwand, daß man die Reaktanz des Transformators für den Kurzschlußfall benötigt, hinfällig, da diese direkt in die Maschine gelegt werden kann.
4. Der Einfluß der Belastung auf die Form der EMK wird vernachlässigbar klein.
5. Bezüglich des Materialverbrauches wäre zu sagen, daß die nutenlosen Maschinen im allgemeinen mehr Eisen, dafür aber weniger Kupfer benötigen. Beispielsweise ergab ein Berechnungsbeispiel 23 % Eisenmehrverbrauch und 46 % Kupferersparnis gegenüber der analogen normalen Maschine.
6. Der elektrische Wirkungsgrad ist relativ groß, da sich sehr geringe Kupferverluste ergeben und auch die Wirbelstromverluste relativ klein zu erwarten sind.

Als Hauptvorteile der nutenlosen Maschinen wären anzuführen: Möglichkeit der Erreichung höchster Spannungen direkt in der Maschine; einfacherer Aufbau infolge Wegfalls der Nuten, dadurch Verbilligung; durch Wegfall des Transformators größere Gesamtwirtschaftlichkeit und besserer Gesamtwirkungsgrad. (B. Kudrna, Arch. El. Bd. 23, H. 5, S. 522.)

Apparate.

Starkstromkondensatoren[3]. — Die Starkstromkondensatoren der schwedischen Firma Sieverts Kabelwerk, Sundbyberg, bestehen aus dünnen, mit getränktem Papier voneinander isolierten Metallfolien. Die so aufgebauten Kondensatorenelemente werden in vollständig verschweißte Blechzylinder eingeschlossen, die mit einem besonderen Ölkompound gefüllt sind. Die Durchführungen befinden sich im Deckel des Zylinderrohres und werden mit einer patentierten Gummi-Blei-Packung abgedichtet, so daß der ganze Kondensator und das Tränkmittel luftdicht eingekapselt sind (Abb. 2). Die so hergestellten Zylinder werden zu Kondensatoren für maximal je 400 BkW und Spannungen von 220 ... 15 000 V verwendet und in eisernen Gestellen zu Gruppen der gewünschten Größe zusammengestellt, so daß man bei Änderungen der erforderlichen Kapazitätsleistung einfach eine Anzahl von Zylindern ein- oder

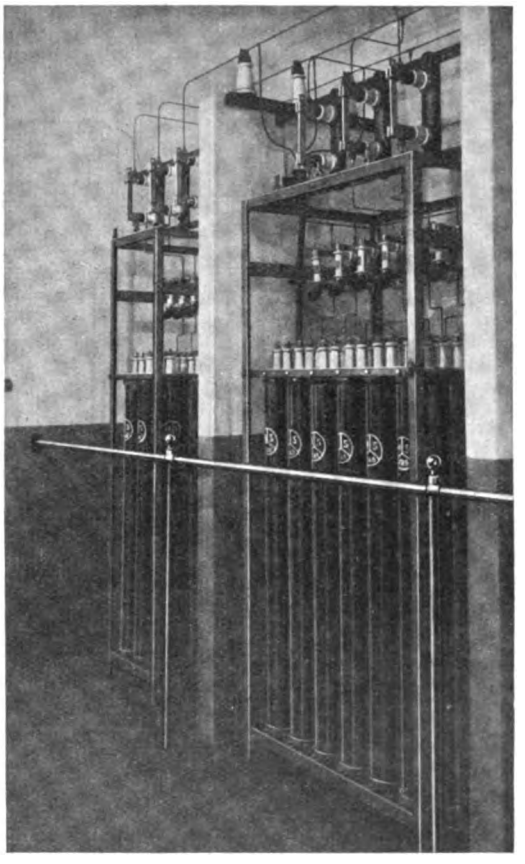


Abb. 1. Kondensatorenbatterie, 110 BkW, 3150 V bei Klippans Elektrizitätswerk, Schweden.

ausschalten kann. Außerdem hat sich gezeigt, daß die Zylinderkonstruktion den Bau betriebsicherer Zylinder bis zu 15 000 V Spannung für direkten Anschluß an das Netz ermöglicht, und voraussichtlich wird diese Zahl bald überschritten werden. Der Abstand zwischen den einzelnen Zylindern wird so gewählt, daß die Luft frei dazwischen zirkulieren kann, wodurch eine wirkungsvolle Kühlung erzielt wird. Gruppen von Zylindern werden bei höheren Spannungen normalerweise mit Schmelzsicherungen ausgestattet, wie es bei anderen elektrischen Geräten üblich ist, auf Wunsch werden sie aber auch ohne Schmelzsicherungen hergestellt, falls andere Schutzvorrichtungen für sie vorhanden sind, z. B. ein selbsttätiger Ölschalter. Diese Gruppen werden dann, falls Drehstrom zur Verwendung kommt, in Stern- oder Dreieckschaltung miteinander verbunden. Abb. 1 zeigt den Einbau der Kondensatoren in einer Schaltanlage.

Besonders beachtenswert ist die benutzte Gummi-Blei-Packung, die eine luftdichte Abdichtung gewährleistet und praktisch unverwüstlich ist. Bekanntlich ist vulkanisiertes Gummi wegen seiner Elastizität ein geeignetes

[1] Kapp, Dynamomaschinen, 4. Aufl.
[2] Kapp, Dynamomaschinen, 1. Aufl.
[3] Vgl. a. ETZ 1930, S. 1227.

Digitized by Google

Material für Packungen, hat aber die Nachteile, daß es durch Öl zerstört wird, an der Luft trocknet und spröde wird. Bei vorliegender Konstruktion ist jedoch das Gummi durch zwei bleierne Hülsen vor der Berührung mit Öl und Luft geschützt. Das Gummi hat die Form eines Ringes, der an beiden Enden mit Blei bekleidet ist. *fi*

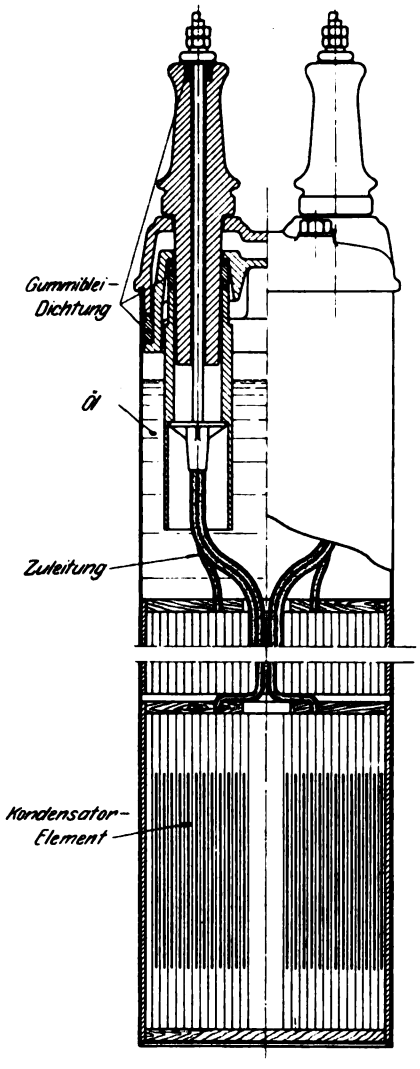


Abb. 2. Kondensatorenzylinder, Type CJ.

Temperaturregler für Kühlschränke. — Entsprechend den Schwankungen der Temperatur in Haushaltungs-Kühlschränken und ähnlichen Kühlanlagen ist es notwendig, die eingebaute Kompressoranlage selbsttätig in Betrieb oder stillzusetzen. Dazu dienen Schaltapparate, die vom Druck oder von

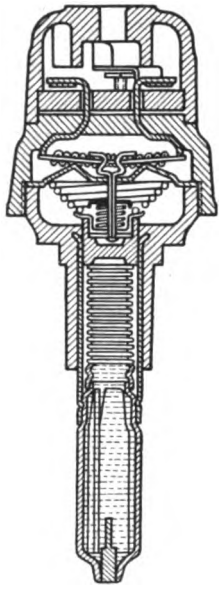


Abb. 3. Ranco-Temperaturregler.

der Temperatur beeinflußt werden und den Motor, der den Kompressor antreibt, ein- und ausschalten. Diese Schaltapparate sollen zuverlässig und trotzdem nicht teuer sein. Einen derartigen kleinen und einfachen Apparat baut die Circuit Breaker Co., Chicago. Er ist unter dem Namen Ranco-Apparat durch die Concordia G. m. b. H., Stuttgart, in Europa eingeführt worden und durch diese zu beziehen. Abb. 3 zeigt einen Schnitt. Im oberen Teil in einem Gehäuse aus bestem Isolationsmaterial befindet sich die notwendige Kontakteinrichtung, zum Ein- und Ausschalten ausgebildet als Sprungschalter, vollständig abgedichtet gegen Feuchtigkeit und Dämpfe. Diese Kontakteinrichtung wird durch ein Gefäß gesteuert, das mit einer Alkohollösung gefüllt ist und sich bei Temperaturänderungen ausdehnt oder zusammenzieht. Zu diesem Zweck ist der obere Teil des Gefäßes als Wellrohr ausgebildet, das entsprechend der Temperaturänderung den Schaltmechanismus beeinflußt.

Der Apparat wird nun so montiert, daß er mit seinem unteren Teil, also bis zu der eingeschnürten Stelle, in eine Metallklammer gesetzt wird, die am Kühlrohrsystem des Kühlschrankes angelötet ist. Auf diese Weise wird zuverlässige Temperaturübertragung gewährleistet. Der Apparat ist nach kleinen festgelegten Temperaturdifferenzen typisiert und dementsprechend in verschiedenen Größen lieferbar. Es kann auch der gleiche Apparat für verschiedene Temperaturdifferenzen einstellbar und von der Außenseite des Schrankes aus bedienbar geliefert werden. *fi*

Meßgeräte und Meßverfahren.

Kontrollschaltung für Hochspannungszähler. — Wenn bei Hochspannungszählern in Aron-Schaltung die Hochspannungsicherung eines Spannungswandlers durchbrennt, so zeigt der Zähler vollkommen falsch; man kann auch dann keine einwandfreie Korrektur anbringen, wenn man den Zeitpunkt kennt, zu welchem der Fehler eingetreten ist. Deshalb geht man mehr und mehr dazu über, die Spannungswandler ohne Sicherungen direkt an die Hochspannung anzuschließen, womit man zugleich das Auftreten von gefährlichen Kippspannungen vermeiden will. Behält man die Sicherung der Spannungswandler bei, so ist die folgende Schaltung mit zwei Nullspannungsrelais und einem Kontrollzähler in Spezialschaltung für eine Korrektur der Angaben im Falle des Ausbleibens einer Spannung brauchbar: Der Hauptzähler ist normal in Aron-Schaltung angeschlossen; der Kontrollzähler ist nach Abb. 4 geschaltet. Er hat zwei Triebsysteme *1* und *2*, die auf einen Zweischeibenanker arbeiten. Das Triebsystem *1* hat $2n$ Windungen, die vom Strom I_R, und n Windungen, die vom Strom I_T durchflossen werden; seine Spannungspule liegt zwischen *R* und *S*. Das Triebsystem *2* hat entsprechend n Windungen für I_R und $2n$ Windungen für I_T, seine Spannungspule liegt an *T* und *S*. Der Zähler ist so angeschlossen, daß er anzeigt

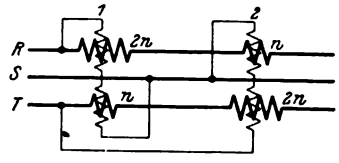


Abb. 4. Schaltung des Kontrollzählers.

$$A_K = \frac{1}{2}\left[U_{RS}\left(\overline{2I_R + I_T}\right)\cos\varphi + U_{TS}\left(\overline{2I_T + I_R}\right)\cos\varphi\right] t$$

$$= \frac{1}{2}\left[U_{RS} I \sqrt{3}\cos\varphi + U_{TS} I \sqrt{3}\cos\varphi\right] t$$

$$= 3\, U I \cos\varphi \,.\, t.$$

Der Zähler zeigt dann den Verbrauch im Netz richtig an, wenn alle Phasen gleich belastet sind und das Spannungsdreieck symmetrisch ist; letzteres betont auch der Verfasser. Unter normalen Verhältnissen zeigt also der Zähler etwa den gleichen Wert an wie der Hauptzähler. Beim Ausbleiben der Spannuug U_{RS} schaltet ein Nullspannungsrelais die Spannung U_{TS} am Hauptzähler ab, so daß dieser stehen bleibt. Ebenso wird, wenn U_{TS} ausbleibt, U_{RS} durch ein zweites Nullspannungsrelais vom Hauptzähler abgeschaltet. Am Kontrollzähler bleibt nur eine der beiden Spannungen liegen, er zeigt also etwa $A_K/2$ an, weil jedes Triebsystem die halbe Arbeit zählt. Die Angaben während einer Ableseperiode, in der eine Störung aufgetreten ist, kann man nach folgenden Überlegungen ermitteln: Der Hauptzähler zeigt den Verbrauch A_H vom Anfang der Ableseperiode bis zum Eintritt der Störung an; der Verbrauch nach der Störung bis zum Ende der Ableseperiode sei A_X. Die Angaben des Kontrollzählers während der ganzen Ableseperiode sind $A_K = A_H + A_X/2$, woraus sich $A_X = 2(A_K - A_H)$ und der Gesamtverbrauch während der ganzen Ableseperiode zu $A = A_H + A_X = 2(A_K - A_H)$ berechnet. Außer dieser Methode sind noch einige Varianten angegeben. (G. Alemany, Rév. Gén. de l'El. Bd. 26, S. 295.) *Schm.*

220 kV-Meßwandler der Westinghouse Co. — H. M. Sanders beschreibt 2 von der Westinghouse Co. gebaute Meßwandler, bei denen für jede Phase ein Spannungswandler mit einem Stromwandler in einem gemeinsamen Gehäuse zusammengebaut ist, um an Kosten zu sparen. Es handelt sich um einfache Topftypen von Spannungswandlern mit normalen 220 kV-Durchführungen. Bei der Ausführung für die Station Plymouth Meeting hat der Spannungswandler nur eine einzige Durchführung für die volle Spannung und ist gegen Erde geschaltet, bei dem Meßwandler für die Station Danville, Va., sind zwei Durchführungen für die volle Spannung vorhanden. Der Sternpunkt des Netzes ist jeweils fest geerdet, die Nennspannung der Wandler ist 132 kV. Angaben über die Prüfspannung sind nicht gemacht, sie dürfte etwa 400 kV betragen. Jeder dieser vereinigten Strom- und Spannungswandler hat ein Gewicht von 19 000 bzw. 22 600 kg, die Ausrüstung für die drei Phasen wiegt also 57 000 bzw. 68 000 kg. Der Spannungswandler leistet etwa 500 VA in der Klasse E, der Stromwandler etwa 60 VA gleichfalls in der Klasse E. Der Kesseldurchmesser ist etwa 2600 mm, die gesamte Bauhöhe der Meßwandler einschließlich Durchführung 6,2 bzw. 6,7 m.

Digitized by Google

Zum Vergleich sei erwähnt, daß die von Siemens & Halske für das RWE gelieferten Meßeinrichtungen für 220 kV ein sehr viel kleineres Gewicht haben, nämlich der Stromwandler mit einer Prüfspannung von 460 kV und einer Durchschlagspanung von mehr als 700 kV ein solches von 3000 kg, der Kaskadenspannungswandler 2000 kg. Allerdings ist die Leistung des Spannungswandlers wesentlich kleiner, aber sie reicht doch für die Speisung der anzuschließenden Instrumente vollkommen aus. Die gesamte Höhe dieser Meßwandler ist nur 4 m für den Stromwandler, 3,50 m für den Spannungswandler. Die Gewichtsersparnis bei einem Meßsatz für alle drei Phasen beträgt etwa 40 000 kg im Vergleich zu der amerikanischen Ausführung. (H. M. Sanders, El. World Bd. 94, S. 1168.) *Kth.*

Ein elektrisches Mikrometer. — Zur genauen Kontrolle von Bohrungen in der Massenfabrikation hat die General Electric Co. ein elektrisches Tastmikrometer entwickelt, das aus einer mit 500 Hz gespeisten Wechselstrombrücke besteht mit einem Gleichstrom-Galvanometer, das über ein Thermogalvanometer gespeist wird und als Nullinstrument in die Diagonale geschaltet ist. Der Anzeigebereich des Instrumentes geht von 0,7509 bis 0,7512 Zoll (rd. 19 + 0,0075 mm), so daß Unterschiede von 1 μ sehr deutlich zu erkennen sind. Abb. 5 zeigt einen schematischen Querschnitt durch das eigentlich Tastorgan, das in einer Fassung zwei feste Saphirlager *d* enthält, eine bewegliche Diamantspitze *a*, die mit einem Eisenstück *b* verbunden ist, so daß das elektrische Gleichgewicht der Wechselstrombrücke sich ändert, wenn sich das Eisenstück *b* im Felde der Spule *c* hin und her bewegt. Durch Drehen des Tastkörpers in der Bohrung kann man auch ohne weiteres unrunde Löcher ausmessen. (A. W. Mershon, J. W. Matthews u. B. C. Waite, Gen. El. Rev. Bd. 32, S. 674.) *Kth.*

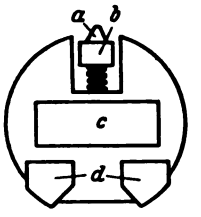


Abb. 5. Tastorgan des Induktions-Mikrometers.

Beleuchtung.

Die Berechnung der mittleren Beleuchtungstärke von Straßenbeleuchtungsanlagen. — Die Arbeit stellt einen Beitrag der französischen Kommission auf dem internationalen beleuchtungstechnischen Kongreß 1928 in den V. S. Amerika dar, in welchem ein schnelles Verfahren zur Berechnung der mittleren Straßenbeleuchtung angegeben wird oder nach welchem umgekehrt aus einer geforderten mittleren Beleuchtungstärke Lampenabstand oder Aufhängehöhe bestimmt werden können. Zunächst werden zwei Formeln abgeleitet, welche für die Berechnung notwendig sind. Ein Rechteck mit den Seiten x_0 und y_0 sei durch eine nach allen Seiten gleichmäßig strahlende Lichtquelle der Intensität I, welche sich in der Höhe h über der einen Ecke befindet, beleuchtet. Für den in das Rechteck fallenden Lichtstrom ergibt sich

$$\varphi = I \operatorname{arc\,tg} \frac{x_0 y_0}{h\sqrt{h^2 + x_0^2 + y_0^2}} \quad \ldots\ldots (1)$$

und die mittlere Beleuchtungstärke

$$e_m = \frac{I}{x_0 y_0} \operatorname{arc\,tg} \frac{x_0 y_0}{h\sqrt{h^2 + x_0^2 + y_0^2}}. \quad \ldots\ldots (2)$$

Wird die eine Seite x_0 gegenüber y_0 und h unendlich groß (eine unendlich ausgedehnte Straße), so nimmt die Gleichung die Form an:

$$e_m = \frac{I}{x_0 y_0} \operatorname{arc\,tg} \frac{y_0}{h} = \frac{I \omega_0}{x_0 y_0}. \quad \ldots\ldots (3)$$

Eine Straße von der Breite y_0 sei durch untereinander gleichartige Lichtquellen beleuchtet, welche in Abständen L und der Aufhängehöhe h am Straßenrande angebracht sind. Unter der Annahme, daß sich die Straße nach beiden Seiten hin unendlich weit fortsetzt, berechnet sich die mittlere Beleuchtungstärke für einen Straßenabschnitt der Länge L zu

$$e_m = \frac{2 I \omega_0}{L y_0}, \quad \ldots\ldots (4)$$

wobei wieder ω_0 den Wert $\operatorname{arc\,tg} y_0/h$ bedeutet. Befinden sich die Lampen nicht am Straßenrande, sondern über der Straße in den Abständen y und y' von den Straßenrändern, so wird die Straßenfläche in zwei Abschnitte rechts und links von den Lampen aufgeteilt und es berechnet sich der in den Straßenabschnitt der Länge L fallende Lichtstrom zu

$$\Phi = 2 I \omega + 2 I' \omega' \quad \ldots\ldots (5)$$

und die mittlere Beleuchtungstärke zu

$$e_m = \frac{2 I \omega + 2 I' \omega'}{L (y + y')}, \quad \ldots\ldots (6)$$

wobei I und I' die mittleren Intensitäten der Lichtquellen in den beleuchteten Elementarrechtecken mit den Seiten L und y bzw. L und y' bedeuten.

Bei der praktischen Lösung einer bestimmten Aufgabe der Straßenbeleuchtung muß zunächst ein passender Elementarabschnitt auf der Straße derart abgegrenzt werden, daß er sich in bezug auf Anordnung, Aufhängehöhe und Lichtverteilung der Beleuchtungskörper fortlaufend längs der Straße wiederholt. Befinden sich in diesem Elementarabschnitt n Lampen gleicher Aufhängehöhe, gleicher Intensität und Lichtverteilung und von gleichem Abstand y und y' von den Straßenrändern, so ist der von diesen n Lampen in den betreffenden Abschnitt fallende Lichtstrom Φ nach Gl. (5) $\Phi = n\,(2 I \omega + 2 I' \omega')$, der von sämtlichen Lampen verschiedener Höhe, Abstände und Intensität herrührende Lichtstrom $\sum \Phi$ und die gesamte mittlere Beleuchtungstärke

$$e_m = \frac{\sum \Phi}{L (y + y')} = \frac{\sum n\,(2 \quad \omega + 2 I' \omega')}{L (y + y')}. \quad \ldots (7)$$

Die in diese Gleichung eingehenden Intensitäten I und I' müssen nun aus den Lichtverteilungskurven der entsprechenden Lampen bestimmt werden. Hierzu denke man sich um den Punkt auf der Straßenoberfläche senkrecht unterhalb einer Lampe als Mittelpunkt Kreise gezogen, deren Radien so bemessen sind, daß die von der Lampe aus gerechneten Raumwinkel der einzelnen durch die Kreise und die Straßenseiten begrenzten Zonen einander gleich sind. Sind die Zonen hinreichend klein, so können die Intensitäten innerhalb jeder Zone als konstant angesehen und den für die Mitten der Zonen geltenden Intensitäten gleichgesetzt werden. Die in Gl. (7) einzusetzende Intensität I ergibt sich dann als das arithmetische Mittel aus den mittleren Intensitäten der einzelnen Zonen. Für die Abhängigkeit des Raumwinkels ω_p vom Radius x eines Zonenkreises ergibt sich

$$\omega_p = \frac{\pi}{2} - \sqrt{\frac{1}{\frac{x^2}{h^2} + 1}} \operatorname{arc\,sin} \frac{y}{x} - \operatorname{arc\,tg} \sqrt{\frac{x^2 - 1}{\frac{y^2}{x^2} + 1}}. \quad (8)$$

Wird diese Funktion $\omega_p = f(x)$ graphisch dargestellt, welche sich für $x = \infty$ dem Grenzwert $\omega_p = \omega = \operatorname{arc\,tg} y/h$ asymptotisch nähert, und trägt man auf der Ordinate ω_p gleiche Abschnitte ab, so ergeben die zugehörigen Abszissenwerte x die Grenzen der Zonen gleicher Raumwinkel. Sucht man aus der Kurve die x-Werte auf, welche zu den Mitten der auf der Ordinate abgeteilten gleichen Abschnitte gehören, so sind dies die Punkte auf der Straßenoberfläche, für welche die Intensitäten aus der Lichtverteilungskurve entnommen werden müssen und deren arithmetisches Mittel die in die Gl. (7) eingehende Intensität I bedeutet. Die zu den x-Werten gehörenden Ausstrahlungswinkel Θ der Lichtverteilungskurven ergeben sich aus $\Theta = \operatorname{arc\,tg} x/h$.

In der Praxis wird die Einteilung in 10 Zonen meist genügen. Um bei der Anwendung der Methode die jedesmalige Konstruktion der durch Gl. (8) gegebenen Kurve zu ersparen, sind für 4 Werte von $\omega = \operatorname{arc\,tg} y/h$, nämlich $\omega = \frac{\pi}{8}, \frac{\pi}{4}, \frac{3\pi}{8}$ und $\frac{\pi}{2}$ die zugehörigen Werte von Θ bestimmt worden, so daß sich durch Interpolation leicht auch für andere Werte von ω die entsprechenden Θ-Werte finden lassen:

Zahlentafel 1. Abhängigkeit der Zonenwerte Θ von ω.

ω	Θ_1	Θ_2	Θ_3	Θ_4	Θ_5	Θ_6	Θ_7	Θ_8	Θ_9	Θ_{10}
$\frac{\pi}{8}$	10,0	17,5	22,6	27,4	32,7	39,6	47,0	55,5	65,7	80,5
$\frac{\pi}{4}$	14,0	25,0	32,1	38,5	43,5	48,2	53,7	60,5	69,2	82,5
$\frac{3\pi}{8}$	17,5	30,5	39,5	47,2	54,0	60,1	65,8	70,2	77,0	85,5
$\frac{\pi}{2}$	20,2	35,3	46,0	55,0	62,9	70,3	77,2	83,9	90,4	96,8

Digitized by Google

An einem Beispiel wird die Überlegenheit gegenüber älteren Methoden gezeigt. Eine 30 m breite Straße soll durch abwechselnd auf der linken und rechten Seite in 5 bzw. 10 m von den Straßenrändern entfernt angebrachten Lichtquellen bei 6 m Aufhängehöhe mit einer mittleren Beleuchtungstärke von 10 Lux beleuchtet werden. Gefragt wird nach dem erforderlichen Lampenabstand. Der abzugrenzende Elementarabschnitt auf der Straße enthält je 1 Lampe der beiden Straßenseiten. Nach Gl. (7) ergibt sich $L = \frac{\sum \Phi}{e_m (5+15+10)}$. Hierin ist nach Gl. (5) der Lichtstrom einer Lampe $\Phi = 2\,I\,\omega + 2\,I'\,\omega'$. Die Werte für $\omega = \operatorname{arc\,tg}\, y/h$ ergeben sich aus h und den 4 Werten von y (5 und 25 bzw. 20 und 10). Aus Zahlentafel 1, Gl. (8) oder nach einem angegebenen graphischen Verfahren ergeben sich die 10 Zonenwinkel, für welche aus den Lichtverteilungskurven der Lampen die Intensitäten entnommen werden, deren arithmetisches Mittel die Größen I der Gl. (5) darstellen. Aus Lichtstrom, mittlerer Beleuchtungstärke und Straßenbreite ergibt sich dann ohne weiteres der erforderliche Lampenabstand. (A. Gouffé, Rev. Gén. de l'El. Bd. 24, S. 849.) *Schb.*

Heizung. Öfen.

Elektrischer Kleinofen für Kupfer-, Messing-, Silber-, Gold-, Aluminium-, Blei- und Weißmetallschmelzen. — Durch die Verwendung amerikanischer Globar-Heizstäbe in glatt zylindrischer Form, die infolge großer Stabdurchmesser genügend Festigkeit für einen rauhen Betrieb besitzen, ist es gelungen, einen Schmelzofen für Temperaturen bis rd. 1200° herzustellen, der neben hoher Betriebsicherheit noch einen im Verhältnis zu dem kleinen Fassungsvermögen äußerst günstigen Wirkungsgrad aufweist.

Der um die Gießschnauze mittels 1-Mann-Winde kippbare Ofen, Abb. 6, ist mit einem nichtzundernden, leicht auswechselbaren Metalltiegel ausgerüstet, der für Aluminiumschmelzen gegen einen Spezialtiegel oder gegen Tiegel aus Graphit oder aus keramischer Masse ausgetauscht werden kann. Die Beheizung erfolgt durch käfigartig um den Tiegel angeordnete und die von federnden Einspannklemmen getragenen Heizstäbe. Der Heizraum ist von Wärmeisolationssteinen umgeben, die außen durch ein kräftiges Eisenblech ummantelt sind. Die den gegen Wärme isolierten Heizraum oben und unten abschließenden Gußplatten dienen gleichzeitig zur Befestigung der Einspannklemmen. Sie werden einerseits gegen Berührung geschützt durch den Ofenabschlußdeckel mit der durch Wärmeleitung vom Tiegel aus angewärmten Gießschnauze, anderseits durch den Ofenabschlußboden mit den Schaltmessern. Der kippbare Ofen ruht in dem abschraubbaren Vordergestell des Schaltschrankes, der zur Aufnahme der selbstthemmenden Winde, des Hauptschalters, der Regel- und Schutzwiderstände, des Amperemeters, der Sicherungen und der Anschlußtafel dient.

Die Regelung erfolgt für die Typen bis 13 dm³ Schmelzgutvolumen fünfstufig durch Vorschaltwiderstände, für größere Volumina durch Schaltregelung oder durch Anzapf-Spartransformatoren. In Serie zu den Heizstäben liegen die Schutzwiderstände, die bei neuen Stäben auf ihren Gesamtwiderstand eingestellt und nach längerer Betriebszeit nach und nach abgeschaltet werden, so daß selbst beim Altern der Stäbe, d. h. bei Widerstandserhöhung durch chemische Zersetzung des Stabmateriales dem Ofen noch genügend Energie zugeführt werden kann.

Durch die nichtzundernden Metalltiegel, die sich für Messingguß gut bewährt haben, ist der Temperatur eine Grenze von 1200° gesetzt, während bei Verwendung von keramischen Tiegeln Ofentemperaturen bis 1300° erreicht werden können.

Die Ofentype SOG. 7 mit 7 dm³ Schmelzgutvolumen besitzt eine Anschlußleistung von 20 kW, die Type SOG. 13 mit 13 dm³ eine Leistung von 42 kW. Der praktisch erforderliche Energiebedarf beträgt für den kalten Ofen etwa das 4,32fache, für den warmen Ofen etwa das 2,65fache der theoretischen Schmelzenergie in kWh.

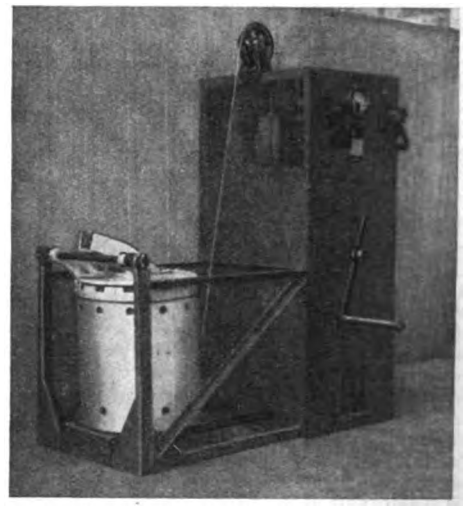


Abb. 6. Elektrischer Klein-Schmelzofen.

Der Gesamtverbrauch einschl. Kosten für den Stab- und Tiegelverbrauch beträgt im Mittel bei einem Kilowattstundenpreis von

	5 Pf	7,5 Pf	10 Pf
für Aluminium . .	5,07 ... 4,6	7,0 ... 6,5	8,8 ... 8,2 Pf
„ Blei	0,32	0,45	0,6 „
„ Kupfer . . .	3,85 ... 4,0	5,6 ... 5,4	7,0 ... 6,8 „
„ Messing . . .	3,6 ... 3,4	4,8 ... 4,5	6,0 ... 5,7 „
„ Zink	1,63	2,3	3,0 „

wobei tägliches Anheizen und 8stündiger Betrieb vorausgesetzt wurde. Die größeren Typen mit Schaltregelung oder Spartransformator ergeben noch günstigere Resultate.

Die elektrischen Kleinöfen, die auch als Salzbäder Verwendung finden, werden für Volumina von 3, 5, 7, 13 und 25 dm³ zum Anschluß an Gleich-, Wechsel- oder Drehstrom von der Firma Elektro-Schaltwerk AG., Göttingen, hergestellt. Kirsch.

Hebezeuge und Massenförderungen.

Elektrohängebahn mit schwenkbarer Lagerplatzbrücke. — Im Westkraftwerk der städtischen Elektrizitätswerke Dresden wurde, um die Kohle aus offenen Güterwagen rasch entladen und stapeln bzw. dem Kesselhaus zuführen und auch die gestapelte Kohle leicht und sicher ins Kesselhaus befördern zu können, von den Mitteldeutschen Stahlwerken AG, Lauchhammer, eine Elektrohängebahn mit schwenkbarer Lagerplatzbrücke ausgeführt (Abb. 7). Die Anlage besteht aus einem

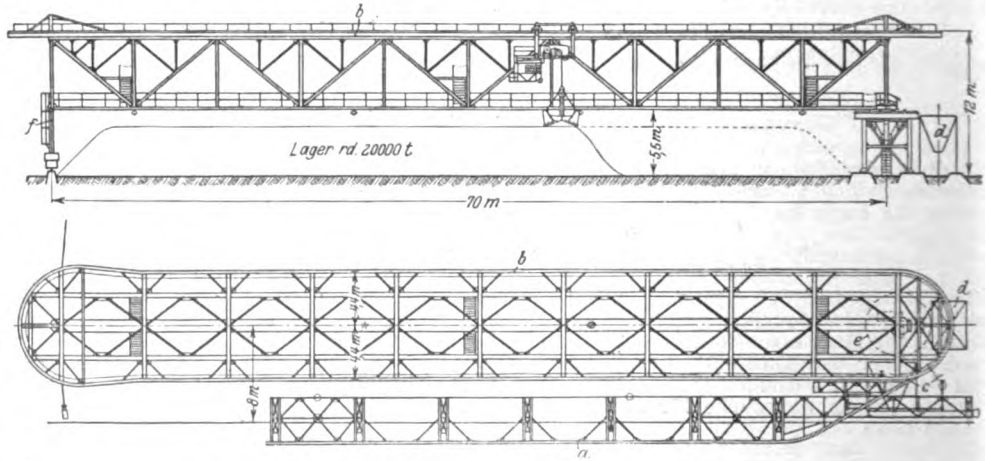


Abb. 7. Elektrohängebahn mit schwenkbarer Lagerplatzbrücke.

Digitized by Google

festen Strang *a* über dem Aufstellgleis für die Reichsbahnwagen, der um einen Punkt schwenkbaren Lagerplatzbrücke *b*, die durch eine Weiche *c* mit dem festen Strang verbunden ist, und einem ebenerdigen Transportband, das über einen Bunker *d* am Drehpunkt der Brücke beschickt wird. Während die Brücke am Drehpunkt auf 4 Rollen ruht, die in einem geschlossenen Schienenkranz *e* laufen, fährt die Pendelstütze *f* mit 4 Rädern im Bogen auf einer Schiene (Abb. 8); je 2 Räder werden von einem 21 PS-Motor angetrieben, wobei die Fahrgeschwindigkeit auf dem Bogen 25 m/min beträgt. Beim Ausschalten fallen 2 elektromagnetische Backenbremsen ein. Die Steuerwalze ist in der Mitte des Brückenträgers eingebaut; der Führer tritt aus der Katze auf ein Podest und

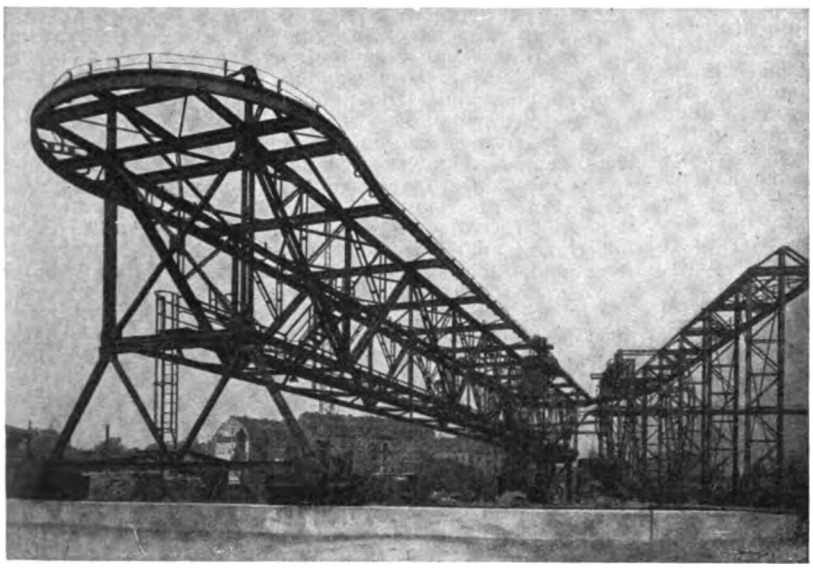


Abb. 8. Ansicht der Lagerplatzbrücke.

betätigt das Handrad. Zur Verbindung des festen Stranges mit der Brücke dient eine aufklappbare Weiche, deren Betätigung von Hand durch den Führer, entweder von der Katze oder von einem Laufsteg aus, erfolgt. Die Weiche ist durch elektrische Schalter blockiert, so daß die Greiferkatze bei nicht ganz geschlossener oder unvollständig geöffneter Weiche keinen Strom erhält. Die Weiterfahrt ist erst möglich, nachdem der selbsttätige Hauptschalter mit Nullspannungsauslösung von Hand eingelegt worden ist. Bis zum Schaltschrank im festen Turm der Brücke erfolgt die Stromzuführung durch ein Erdkabel. Von dort führt die Zuleitung durch den Drehzapfen der Brücke über Schleifring-Stromabnehmer zu den Schleifleitungen. *fi*

Fernmeldetechnik.

Die neuere Entwicklung von Betrieb und Technik im amerikanischen Fernsprech-Weitverkehr. — Die Gesamtzahl der Ferngespräche im Bereich der American Telephone and Telegraph Co. (ATT) hat in den letzten Jahren außerordentlich zugenommen, durchschnittlich um 16 % im Jahr. Das ist im wesentlichen durch die großen Verbesserungen erreicht worden, durch die die Gesellschaft es ermöglicht hat, 70 % aller Ferngespräche sofort nach der Anmeldung herzustellen und die mittlere Wartezeit im Fernverkehr (ohne Nahverkehr) auf 2,1 min herabzudrücken. Bei ganz großen Entfernungen, z. B. New York—San Francisco, ist die Wartezeit etwas länger, sie beträgt aber im Mittel auch nur 10,5 min. Solche Ergebnisse sind natürlich nur auf Kosten der Ausnutzung der Leitungen und nur gegen entsprechend höhere Gebühren möglich. Als Durchschnittsziffer der täglichen Belastung einer Leitung werden 35 Gesprächsverbindungen angegeben, d. i. etwa halb so viel wie in Deutschland.

Um bei Weitverbindungen, die die Zusammenschaltung mehrerer Leitungen erfordern, die Zahl der mitwirkenden Stellen möglichst zu beschränken, sind die am Fernverkehr mitwirkenden Dienststellen ähnlich wie in Deutschland in (etwa 2600) Endfernämter (secondary outlets), 147 Verteilerfernämter (primary outlets) und 8 Durchgangsfernämter (regional centers) gegliedert. Die 8 Durchgangsfernämter befinden sich in New York, Chicago, St. Louis, Denver, San Francisco, Los Angeles, Dallas und Atlanta. Jedes Endfernamt kann mit höchstens einer Durchschaltung (über das Verteilerfernamt) das nächste Durchgangsfernamt und, da alle Durchgangsfernämter unmittelbar miteinander verbunden sind, mit höchstens vier Durchschaltungen jedes beliebige andere Endfernamt erreichen.

Der Fernsprech-Weitverkehr wird vorwiegend auf Vierdrahtleitungen aus schwach pupinisierten Adern von 0,9 mm Dmr. abgewickelt. Man hält für größere Entfernungen nur die schwache Pupinisierung für geeignet und wird voraussichtlich die mittelstarke Pupinisierung überhaupt aufgeben. Gegen das neue deutsche Pupinisierungsystem mit erhöhter Grenzfrequenz und mit Phasenentzerrung wird eingewendet, daß seine Fortpflanzungsgeschwindigkeit zwar für Entfernungen von mehreren tausend Kilometern, aber nicht für transkontinentale Entfernungen ausreiche und daß außerdem das übermittelte Frequenzband bis 2400 Hz zwar für die Gegenwart, aber nicht für die höheren Ansprüche der Zukunft genüge. Für internationale Verbindungen auf solche Entfernungen stehen aber auch im deutschen Netz schwach pupinisierte Leitungen zur Verfügung.

Im Mehrfachsprechbetrieb mit hochfrequenten Strömen hat die ATT zwei neue Systeme entwickelt, das sog. C-System für große Entfernungen und das D-System für Entfernungen von 110 ... 200 km, u. U. bis 320 km. Ersteres gestattet, auf eine Doppelleitung drei Zusatzverbindungen mittels Hochfrequenz-Trägerbetriebs zu legen; beim letztgenannten System wird nur eine Zusatzverbindung auf die Doppelleitung gelegt. Die mit diesen Systemen erzielten Ergebnisse sind ausgezeichnet.

An die Lautstärke im Orts- und Fernverkehr stellt der amerikanische Fernsprechbetrieb ziemlich hohe Anforderungen; besonders fallen die geringen Verluste in den Teilnehmerleitungen auf. Überhaupt wird dem Begriff der Übertragungsgüte allgemein große Aufmerksamkeit gewidmet, was sich u. a. in der Anstellung zahlreicher Übertragungsingenieure (transmission engineers) im Betriebe äußert.

Die ATT verwendet in neuen Ämtern Endverstärker an Stelle der Schnurverstärker; sie schließt die Zweidrahtleitungen durch Endverstärker ab und ergänzt die Leitung amtseitig durch Verlängerungsleitungen von etwa 0,35 Neper, die bei Durchgangschaltungen selbsttätig ausgeschaltet werden. Die Vorteile sind: Vereinfachung der Durchgangsplätze, bessere Überwachung der Güte der Nachbildungen der Zweidrahtleitungen, erhöhte Betriebssicherheit. Ein wesentlicher Nachteil ist der große Bedarf an Verstärkern an Durchgangsorten und die entsprechend hohen Kosten.

Der Unterhaltung der Leitungen mit ihren Verstärkern wird sorgfältige Pflege gewidmet. Namentlich wird eine außerordentlich rege Meßtätigkeit geübt, die z. T. über die Anforderungen des CCI noch weit hinausgeht. Die Übertragung von Rundfunkdarbietungen über Leitungen ist technisch gut durchgebildet und gut organisiert. Es steht ein Übertragungsnetz von rd. 50 000 km zur Verfügung. Eine der regelmäßig betriebenen zusammengeschalteten Leitungsketten ist beispielsweise 16 600 km lang und verbindet 41 Rundfunksender. Beim Edison-Jubiläum am 21. X. 1929 waren etwa 140 Sender mit dem Festsaal in Detroit verbunden. Die Rundfunkleitungen übertragen gegenwärtig ein Frequenzband von 5000 Hz, das auf 8000 Hz ausgedehnt werden soll. Den transatlantischen Funkfernsprechdienst versieht die Kurzwellen-Sendestation in Lawrenceville zusammen mit der Empfangstelle in Netcong. Sie ist für vier Fernsprechkanäle eingerichtet, davon drei für den Verkehr mit England und einer für den Verkehr mit Südamerika. (K. Höpfner, Europ. Fernspr. 1930, H. 17, S. 148.) *Bkm.*

Zur Theorie der kurzen Siebketten. — Die Siebketten werden mit Hilfe von zwei verschiedenen Methoden betrachtet: als gekoppelte Schwingungskreise und als homogene Leitungen. Die beiden Theorien sind in der Literatur in einer Form gegeben, die für den Leser viele scheinbare Widersprüche bedingt. Die beiden Theorien benutzen ganz verschiedene Grundbegriffe und Koeffizienten: Die Leitungstheorie hat mit dem charakteristischen Widerstand zu tun und die Theorie der gekoppelten Kreise zieht

Digitized by Google

die Kopplung und die Dämpfung der Kreise in Betracht. Es ist nötig, diese beiden Theorien zusammenzufassen. Man kann den charakteristischen Widerstand (Z_c) einer symmetrischen T-Zelle durch den Begriff der „charakteristischen Dämpfung" $\left(D_c = \frac{Z_c}{\varrho};\ \varrho = \sqrt{L/c}\right)$ ersetzen; dieser Parameter hat eine allgemeine Bedeutung und gilt auch für unsymmetrische T-Zellen. Man erhält ganz einfache Formeln, welche die Übereinstimmung der beiden Theorien klar machen. Diese Formeln geben auch die Möglichkeit, bei der Berechnung der Siebketten die Ergebnisse beider Theorien auszunutzen. Mit Hilfe der Theorie der gekoppelten Schwingungskreise kann man die Form der Resonanzkurven verschiedener Typen von Siebketten betrachten. In der hier besprochenen Arbeit sind die sog. schneidenden Siebketten betrachtet, d. h. solche Siebe, welche alle Frequenzen durchlassen, die höher oder niedriger als die gegebene Grenzfrequenz liegen. Auch die aus T-Zellen mit gemischter Kopplung bestehenden Siebe werden behandelt und ihre Resonanzkurven gegeben. Beim praktischen Aufbau von Siebketten kommen auch ihre anderen Eigenschaften, z. B. der Wirkungsgrad, in Betracht. Der Wirkungsgrad wird als Funktion des praktischen Parameters — derjenigen Dämpfung der Kreise, welche durch Verlustwiderstände bedingt ist — für viele brauchbare Schemata ausgedrückt. Die ungünstigen Dämpfungen der Kopplungselemente bedingen die Verzerrungen der Resonanzkurven. Für einfache Fälle werden auch diese Verzerrungen analytisch betrachtet. (A. Lurje, Arch. El. Bd. 23, H. 5, S. 486.)

Kleine Selbstanschlußämter neuer Ausführung der Deutschen Reichspost. — Die Einführung der neuen kleinen Dreh- und Hebdrehwähler M 27 in Verbindung mit Flachrelais hat ebenso wie bei den großen so auch bei den kleinen SA-Ämtern der Deutschen Reichspost zu einer weitgehenden Umgestaltung geführt. Ziel der Umgestaltungsarbeiten war bei den kleinen SA-Ämtern neben der Anpassung der Einrichtungen an die auf dem Lande oft beschränkten Räumlichkeiten besonders die Vereinfachung der Aufbauarbeiten durch Zusammenfassung bisher getrennter Aufbauteile. Die neuen Wählergestelle mit Dreh- und Hebdrehwählern M 27 und einem Fassungsvermögen für 50 Anschlüsse enthalten im oberen Teil 5 Leitungswähler mit auswechselbaren Relaissätzen, darunter 5 Zehnerreihen von Gesprächszählern kleiner Form sowie den Relaisunterbrecher und im unteren Teil 50 Vorwähler mit ihren Anruf- und Trennrelais in fünf 10teiligen Einzelrahmen. Die zu einem 100-SA-Amt gehörenden beiden derartigen Wählergestelle sind vollständig gleichartig, da alle für beide Gestelle gemeinsamen Teile wie Signale usw. an einem besonderen Zusatzgestell untergebracht werden. Dieses für die kleinen SA-Ämter neuer Ausführung kennzeichnende Zusatzgestell nimmt bisher getrennt voneinander untergebrachte Teile auf, nämlich den Hauptverteiler, die Speisebrücken, den Gleichrichter mit Ladeschalttafel und die Ruf- und Signalmaschine, dazu die Relais für Signale und Übertragungen und die Signallampen. Der Hauptverteiler mit einem Fassungsvermögen für 150 Außen- und 100 Innenleitungen nimmt den unteren Teil des Zusatzgestells ein, Speisebrücken (bis zu 20) sowie Relais für Signale und Übertragungen besetzen den oberen Gestellteil. Im Mittelteil des Gestells sind der Gleichrichter nebst Ladeschalttafel und die Ruf- und Signalmaschine untergebracht. An Stelle des bisherigen Argonal-Gleichrichters ist ein Glühkathoden-Gleichrichter (Vollweg-Gleichrichter) gewählt, der mit zwei parallelgeschalteten Rektronröhren eine Gleichspannung von 60 V bei 2.4 A liefert, und dessen Transformator netzseitig zum Anschluß an 125 oder 220 V geeignet ist. Der Gleichrichter ist zusammen mit den nötigen Schaltern, Meßgeräten, Widerständen, Sicherungen usw. auf der Ladeschalttafel untergebracht. An Stelle des bisher bei kleinen SA-Ämtern verwendeten Polwechslers, des Schrittschaltwerks und der Summerplatte tritt jetzt eine Ruf- und Signalmaschine, ein Einankerumformer mit einer Leistung von 5 VA, der Rufstrom von 25 Hz und Summerstrom von 150 und 450 Hz liefert und mit einem Signalkontaktwerk für das Amtszeichen und den selbsttätigen Ruf versehen ist. Der hohe Summerton dient als Amts- und Freizeichen, der tiefe Summerton als Ortsbesetztzeichen und Abschaltzeichen (kein Leitungswähler frei).

Die Schaltung der neuen SA-Ämter weicht in einigen Punkten von der bisherigen Schaltung ab. So ist z. B. im Vorwähler die Schaltung des Anrufrelais geändert und an Stelle der Fortschaltung des Vorwählers durch Selbstunterbrechung ist Fortschaltung durch Relaisunterbrecher wie bei großen Ämtern getreten; der Leitungswähler besitzt keinen Auslösemagneten mehr und muß daher bei Aufhebung der Verbindung auf der Höhenstufe durchgedreht werden, das Auftreten von Dauerstrom bei den Hebe- und Drehmagneten wird signalisiert u. a. m. Für die Aufstellung eines kleinen SA-Amts der neuen Bauart genügt ein Raum von 8,25 m² und 2,20 m Höhe; bei Verwendung besonders niedriger Gestellfüße reicht auch eine Raumhöhe von 2,10 m aus. An Batterien ist nur eine erforderlich, da Pufferschaltung vorgesehen ist. (K. Schwender, Tel. u. Fernspr.-Techn. Bd. 18, S. 269.) *Bur.*

Werkstatt und Baustoffe.

Beitrag zur Kenntnis der Ausgußmassen für Transformatoren. — In einer beachtlichen Veröffentlichung beschäftigt sich W. Hammerschmidt mit Fragen, denen im Hinblick auf die zahlreich hergestellten und in der Technik verwendeten Massewandler eine hohe praktische Bedeutung zukommt, zumal der Verfasser sich nicht nur auf die Eigenschaften derartiger Massen beschränkt sondern auch einige Gesichtspunkte für ihre praktische Anwendung erwähnt. Die in der Arbeit behandelten Ausgußmassen setzen sich aus Kolophonium, amerikanischem Asphalt und einem Harzöl zusammen, für die durch umfangreiche Mischungsreihen der Einfluß der Zusammensetzung auf die Durchschlagspannung, auf den Tropfpunkt und die Säurezahl bestimmt wird. Die Verwendung von Harzöl wurde aus dem Grunde gewählt, da die mit Harzöl angesetzten Massen weniger zum Entmischen neigen als solche mit Mineralölzusatz. Zur Bestimmung der Durchschlagspannung wurde ein näher beschriebenes Prüfgefäß verwendet, dessen Wandungen aus 6 mm starkem Hartpapier bestehen, und das zwecks leichter Reinigung auseinanderzunehmen ist. Die ebenfalls auswechselbaren Messingelektroden haben einen Durchmesser von 5 mm und sind zu Halbkugeln abgedreht; ihre Einstellung erfolgt mittels eines Endmaßes auf 0,5 mm Abstand. Das Einfüllen der Masse in das Prüfgefäß sowie die Durchführung der Spannungsprobe werden ausführlich beschrieben. Die Ergebnisse der Prüfungen sind in der für Dreistoffsysteme bekannten graphischen Darstellung durch Linien gleicher Wertigkeit anschaulich gemacht. So zeigt sich, daß schon ein geringer Harzölzusatz die Durchschlagspannung sowohl des reinen Kolophoniums wie auch des verwendeten Asphalts bedeutend herabsetzt. Für die Bestimmung des Tropfpunktes der Massen wird das von Ubbelohde angegebene Verfahren benutzt, unter Einhaltung einer bei allen Proben gleichen Temperatursteigerung von 1 ° in 45 s.

Ein Vergleich der graphischen Darstellungen läßt erkennen, daß Ausgußmassen gleicher Durchschlagspannung recht verschiedene Tropfpunkte haben können. Der Wert für die Säurezahl wurde vom Verfasser zunächst rechnerisch aus der gewählten Zusammensetzung ermittelt und dann durch die chemische Analyse bestätigt. Es zeigt sich, daß aus der Angabe der Säurezahl in keiner Weise ein Schluß auf die elektrischen Werte dieser Ausgußmassen gezogen werden kann. Angaben über die Wärmeausdehnungszahl der oben genannten Ausgangsmaterialien vervollständigen den Inhalt der Arbeit; der Schwund dieser Massen zwischen der gewählten Ausgußtemperatur von 135 ° und Zimmertemperatur wird vom Verfasser zu 6,0 ... 6,5 % angegeben. (W. Hammerschmidt, Z. angew. Chemie Bd. 42, S. 523.) *Rtw.*

Verschiedenes.

Vorträge des Hauses der Technik in Essen. — Von den Vorträgen, die im Wintersemester 1930/31 im Haus der Technik, Essen, Rathenaustraße (Eingang Kapuzinergasse 8) gehalten werden, sind nachstehend diejenigen genannt, die den Elektrotechniker besonders interessieren werden.

D. Gábor, Die ultravioletten Strahlen, ihre biologischen Wirkungen u. Anwendungen (9. X.).

F. zur Nedden, Ergebnisse u. Ziele der Weltkraftkonferenz (14. X.).

W. Rogowski, Kathodenoszillograph, Wanderwellen u. Überspannungen (27. XI.).

F. Wever, Anwendung der Röntgenstrahlen im Betriebe u. in der Forschung (11. u. 12. XII.).

H. Gerdien, Forschung u. ihre Auswirkung in der Elektrotechnik (16. I.).

M. Feuerhahn, Neuzeitliche Entwicklung der Telegraphentechnik für den amtlichen u. privaten Nachrichtenaustausch (19. u. 20. I.).

F. Banneitz, Über den gegenwärtigen Stand des Fernsehens (4. II.).

Digitized by Google

Die vorstehend genannten Vorträge finden abends von 7 bis 9 h an den jeweils eingeklammert angegebenen Tagen statt. Außer den Vorträgen ist u. a. noch die Abhaltung einer „Physikalischen Fortbildungswoche" geplant. Hörerkarten werden von der Geschäftstelle des Hauses der Technik (Essen, Rathenaustraße), von führenden Buchhandlungen in größeren Städten des rheinisch-westfälischen Industriegebietes sowie an der Abendkasse ausgegeben.
of

Elektroinstallateur-Fortbildungskurse in Bielefeld[1]. — Das Städtische Betriebsamt Bielefeld veranstaltete im dortigen Haus der Technik vom 12.VI. bis 11. VII. in Verbindung mit den Elektroinstallateuren einen Lehrkursus, der die gesamte Installationstechnik in 20 Vortragsabenden mit je 3 Kurzstunden von 50 min behandelte. Die Leitung des Kursus lag in den Händen des Herrn Betriebsing. Leber. Der Lehrplan umfaßte folgende Gebiete: Grundlagen der Elektrotechnik, Beleuchtungstechnik, Meßkunde, elektrische Kraftübertragung, Installationskunde, Elektrowärme, Werbung. Den Teilnehmern wurde eine Bescheinigung über die Teilnahme an den Vorträgen ausgestellt. Die Kurse, zu denen auch Besichtigungen gehörten, waren so gut besucht, daß für das Jahr 1931 in den Monaten März und April ein weiterer ähnlicher Lehrgang geplant wird.

Energiewirtschaft.

Die Elektrowirtschaft Finnlands. — Eine vor kurzem veröffentlichte Statistik über die Elektrizitätswerke im Jahre 1926[2] gibt zum erstenmal nach dem Krieg ein Bild der Elektrowirtschaft Finnlands, das ebenso wie Schweden und Norwegen zahlreiche Wasserfälle und Stromschnellen besitzt, die schon verhältnismäßig frühzeitig für die Elektrisierung des Landes ausgenutzt worden sind, da Kohlen ja vollständig fehlen. 1926 bestanden in Finnland 783 Elektrizitätswerke mit 1197 Kraftmaschinen von zusammen rd. 0,365 Mill PS (durchschnittlich 305 PS/Maschine), die sich wie folgt auf die verschiedenen Antriebsmittel verteilten:

Kraftmaschinen	Anzahl	%	Leistung in PS insgesamt	Leistung in PS je Maschine
Wasser-	683	57,1	149 017	214,6
Dampf-	398	33,2	204 818	514,6
Verbrennungs- .	116	9,7	11 193	96,5
Summe	1197	100	365 028	305

1929 hat auch das große Kraftwerk am Imatra[3], das die südlichen Landesteile mit Elektrizität versorgt, zu arbeiten begonnen, ein sehr erheblicher Fortschritt in der Elektrisierung. An Generatoren waren im Berichtsjahr 1173 vorhanden, u. zw. 610 oder 52 % Gleichstromerzeuger und 563 oder 48 % Drehstromgeneratoren, deren installierte Leistung sich zusammen auf 282 735 kVA, also auf durchschnittlich rd. 241 kVA je Maschine, belief. Das gesamte Freileitungsnetz hatte eine Ausdehnung von 16 322 km und ist wegen des Reichtums an Wäldern fast ausschließlich auf Holzmasten verlegt. Das Kabelnetz umfaßte insgesamt nur 718 km. Was den Verbrauch an elektrischer Arbeit betrifft, so erzeugten die 783 Werke 1926 zusammen 651,5 Mill kWh, von denen 404,2 Mill kWh zur Verteilung gelangten. 281,3 Mill kWh betrug der Eigenverbrauch der Werke, 122,9 gingen an Konsumenten und von diesen wieder 98,3 Mill kWh direkt an diese, 24,6 durch Unterverteilung. Von den unmittelbar an die Abnehmer verkauften Arbeitsmengen entfielen auf:

Industrie und Wasserwerke	55,5 Mill kWh	=	56,4 %
Straßenbahnen	8,1 „ „	=	8,2 „
Straßenbeleuchtung usw. .	2,5 „ „	=	2,6 „
Landwirtschaft	3,7 „ „	=	3,8 „
Hausbedarf	28,5 „ „	=	29,0 „

In den Städten wurden 21,9 Mill kWh für Beleuchtungs- und Haushaltungszwecke verwendet, u. zw. 10,6 allein in Helsingfors, auf dem Lande 6,6 Mill kWh, also je Stadtbewohner 35,7 und je Landbewohner 2,7 kWh. Die Industrie benutzte 21 727 Elektromotoren von zusammen 176 085 PS, die Landwirtschaft und der Haushalt 6418 Motoren mit 53 615 PS. An sonstigen Verbrauchsapparaten zählte man 1926 insgesamt 15 061, an elektrischen Lampen 2,173 Mill. u. zw. in den Städten 1,356, davon in Helsingfors rd. 0,548 Mill. Die Zahl der elektrischen Meßapparate belief sich auf 156 210, von denen 140 715 für Beleuchtung, 14 966 für Kraft und 529 für andere Zwecke dienten. Dr. R. Weisflog.

[1] ETZ 1930, S. 948.
[2] Tilastokatsanksia julkaissut Tilastolinnen Päätoimisto, Helsingfors 1930.
[3] Vgl. ETZ 1929, S. 1757.

Aus dem Geschäftsbericht der Elektrobank[1]. — Die Elektrizitätswirtschaft scheint, wie die Bank für elektrische Unternehmungen, Zürich, in ihrem Bericht über das Jahr 1929/30 sagt, von der herrschenden Wirtschaftskrisis zunächst nur in beschränktem Maß getroffen zu werden. Der Verbrauch motorischer Kraft hängt zwar auch von den Schwankungen der industriellen Tätigkeit ab, daneben bestehen aber für die Elektrizität zahlreiche andere Verwendungsmöglichkeiten auf Gebieten, wo sich die Entwicklung mehr oder weniger unabhängig von der Konjunkturgestaltung vollzieht. Auch kann die aus der Erweiterung ihres Anwendungsbereichs sich ergebende Absatzsteigerung den etwaigen Rückgang des Stromkonsums zu industriellen Zwecken weitgehend ausgleichen. Angesichts dieser in der gegenwärtigen Stockung von Handel und Industrie neu erwiesenen geringeren Konjunkturempfindlichkeit der Elektrowirtschaft glaubt die Bank der Zukunft weiterhin mit Vertrauen entgegensehen zu dürfen, zumal in diesem Wirtschaftszweig die Erkenntnis der Notwendigkeit planmäßiger und kostenersparender Betriebsführung sich immer allgemeiner durchzusetzen vermöge. Der Verwaltungsrat erinnert an die Zweite Weltkraftkonferenz, bei deren Verhandlungen mit Nachdruck immer wieder auf die Notwendigkeit wirtschaftlichen Arbeitens hingewiesen worden sei, ein Grundsatz, der bei der besonderen Verantwortung der Elektrizitätswerke gegenüber der gesamten Volkswirtschaft für die Versorgung der Bevölkerung mit Energie oberstes Gebot sein müsse. Dank der im Berichtsjahr erzielten technischen und organisatorischen Fortschritte hätten sich die finanziellen Ergebnisse der Konzerngesellschaften mindestens auf der Höhe des Vorjahres gehalten, obgleich die Entwicklung des Elektrizitätsgeschäfts infolge des sich immer weiter ausbreitenden Konjunkturniedergangs in einzelnen Ländern langsamer geworden sei.

Aus den Mitteilungen über die Unternehmungen, an denen die Elektrobank beteiligt ist, sei angeführt, daß sich der Stromabsatz der Compañia Hispano-Americana de Electricidad S. A., Madrid, um 15,2 % auf 625,5 Mill kWh und der Anschlußwert von 743 541 auf 830 759 kW erhöht habe. Die Leistungsfähigkeit der Kraftwerke erreichte nach Erweiterung der Superzentrale von Buenos Aires insgesamt 427 980 kW. In Frankreich nehmen die Bauten der Energie Electrique du Rhin, Mülhausen, für die Wasserkraftanlage Kembs einen programmmäßigen Verlauf. Zum Transport der Elektrizität in das Innere von Frankreich soll demnächst eine 220 kV-Leitung nach Troyes in Angriff genommen werden. Zwecks Verbindung der Zentralen im Elsaß wurde die Société de Transport d'Energie Electrique d'Alsace et de l'Est (Tredal) gegründet, die eine 150 kV-Leitung von Straßburg nach Mülhausen herstellt und eine Leitung von Kembs nach Nancy und dem Norden Frankreichs plant. Die Dampfzentrale der Compagnie Centrale d'Energie Electrique, Paris, in Grand-Quevilly erzeugte 1929 117,1 Mill kWh (105,5 i. V.) und wird um 15 000 kW verstärkt. Nach Fertigstellung des Dampfkraftwerks der der Gesellschaft nahestehenden Société Algérienne d'Eclairage et de Force dürfte diese in der Lage sein, den steigenden Strombedarf im Departement Algier zu befriedigen. Die Oran belieferndе Wärmezentrale Mers-el-Kébir wird vergrößert. Infolge nicht sehr günstiger Wasserverhältnisse hat die Compagnie d'Electricité Industrielle, Paris, 1929/30 nur 122,4 Mill kWh erzeugt (131,2 i. V.), den Fremdstrombezug aber von 23 auf 40 Mill kWh erhöht. Die Leistungsfähigkeit des Kraftwerks d'Oo wird nach weiterem Ausbau anfangs 1931 rd. 37 000 kW betragen, und nach Vollendung der an den Seen von Portillon und Oo in Arbeit befindlichen Bauten kann die Gesellschaft in ihren Wasserreservoirs 40 Mill kWh aufspeichern und bei 52 000 kW in den drei Zentralen jährlich insgesamt 140 Mill kWh produzieren. Die Wasserkraftanlage St. Marc am Taurion (13 000 kW) der Société des Forces Motrices de la Vienne, Paris, ist betriebsbereit; eine zweite, „de Chatelus" (9000 kW), dürfte in diesem Winter fertig werden, und an einer dritten, „de la Châtre" (6500 kW) wird z. Z. gebaut. Der Konsum im Versorgungsgebiet der Società Adriatica di Elettricità, Venedig, hat sich von 727 auf 802 Mill kWh erhöht. Die von der Gruppe 1928 in Brüssel errichtete Compagnie Italo-Belge pour Entreprises d'Electricité et d'Utilité Publique (Cibe) hat in Athen die „Galileo" Compagnie Hellénique d'Electricité und zwecks Finanzierung von Unternehmungen in Spanien und Portugal die Iberian Electric Ltd., Montreal, gegründet, wo 1930 auch die European Electric Corporation, Ltd. als Holdinggesellschaft entstand. Die Stromerzeugung des Achensee-Kraftwerks der Tiroler Wasserkraftwerke AG., Innsbruck, (81 500 kW) belief

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1818.

Digitized by Google

sich in der Berichtszeit auf 101 Mill kWh (74 i. V.). und an Fremdstrom wurden 31,6 Mill kWh bezogen (10,6 i. V.). Die nutzbare Abgabe ist von 90,8 auf 125,5 Mill kWh gestiegen. Im Interesse der Verbundwirtschaft wird die Gesellschaft zwecks Lieferung von Winterenergie eine Sammelschiene durch das Unterinntal bauen. Mit den Zillertaler Kraftwerken kam eine Vereinbarung über Energieverwertung zustande. Der Anschlußwert der Lodzer Elektrizitätsgesellschaft AG. ist 1929 von 74 617 auf 86 680 kW gewachsen und die nutzbare Stromabgabe um 13,7 %. Die neue Zentrale dieses Unternehmens (vorläufig 22 000 kW) wird in diesem Herbst den Betrieb aufnehmen. Der Elektrizitätsverkauf der Compagnies Réunies Gaz et Electricité S.A., Lissabon, hat sich 1928/29 auf 67,9 Mill kWh erhöht. Ihre Anlage Tajo wird um 16 000 kW verstärkt. Die Centralschweizerischen Kraftwerke, Luzern, haben die Erweiterung des Kraftwerks Lungernsee begonnen, dessen Leistung auf 70 000 PS gebracht werden soll. Die Compañia Sevillana de Electricidad, Sevilla erzeugte 1929 mit 124,5 Mill kWh rd. 20 % mehr als im Vorjahr und sicherte sich größere Energiemengen von benachbarten Werken, so daß der Bau einer Wasserkraftanlage am Viar hinausgeschoben werden konnte. Ferner hat sie den größten Teil des Aktienkapitals der Hidroeléctrica de Badajoz erworben.

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Einladung

zur Fachsitzung für elektrisches Nachrichtenwesen (EVN) am Dienstag, dem 14. Oktober 1930, 7½ Uhr abends, in der Aula der Technischen Hochschule zu Charlottenburg.

Tagesordnung:

Vortrag des Herrn Hans Vogt (Phys. Laboratorium) über das Thema: „Der tönende Kondensator".

Inhaltsangabe:

Die Arten elektrischer Schallerzeugung. Das elektrostatisch erregte System. Die für seine Wirkungsweise wesentlichen Faktoren. Geschichtlicher Überblick. „Das Statophon", der erste Tonfilmlautsprecher. Die Ursachen seines Versagens. Das doppelseitig erregte System: „Oszilloplan". Sein Aufbau, Antrieb. Akustisch-elektrische Eigenschaften. Vergleich mit anderen Lautsprechern. Schaltungsarten. Verwendung in Radio- und Schallplatten-Geräten. Zonen-Oszilloplan. Schallerzeugung durch elektrostatische Strahler unterschiedlicher Frequenzbereiche.

Mit Rücksicht auf den zu erwartenden starken Besuch werden die Mitglieder gebeten, ihre Mitgliedskarten beim Eintritt vorzuzeigen. Gastkarten für einzuführende Gäste sind bei der Geschäftstelle (Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II) in Empfang zu nehmen. Ohne Karten kein Zutritt.

Nachsitzung im „Grand-Hotel am Knie", Charlottenburg, Bismarckstr. 1.

Fachausschuß für elektrisches Nachrichtenwesen.

Der Vorsitzende:
Arendt.

Vorläufige Anzeige.

Der Elektrotechnische Verein wird in Gemeinschaft mit dem Außeninstitut der Technischen Hochschule Berlin im kommenden Winter eine Vortragsreihe aus dem Gebiete der

„Akustik"

veranstalten.

Beginn: 27. Oktober, Ende: 15. Dezember.

Zeit: Montags 18½ ... 20 Uhr.

Ort: Aula der Technischen Hochschule zu Berlin. Voraussichtlicher Preis für sämtliche Vorträge:

für Mitglieder des Elektrotechnischen Vereins .	8 RM
für deutsche Studenten	4 „
für andere Teilnehmer	12 „

Die näheren Festsetzungen werden rechtzeitig bekanntgegeben werden.

Fest der Technik.

Vorläufige Anzeige.

Die technisch-wissenschaftlichen Vereine in Berlin veranstalten auch in diesem Jahre das

„Fest der Technik"

in sämtlichen Räumen des Zoologischen Gartens in Berlin

am Freitag, dem 7. November 1930.

Das Fest bildet eine Wohltätigkeits-Veranstaltung; sein Überschuß wird bestimmungsgemäß den Vereinen zu Unterstützungen zugeführt.

Nähere Bekanntmachungen folgen in einer der nächsten Nummern der ETZ.

Elektrotechnischer Verein.

Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 7 Pallas 7286.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Neu erschienene VDE-Vorschriften-Sonderdrucke.

Folgende VDE-Vorschriften-Sonderdrucke sind neu erschienen:

VDE 454 a	Neuer Wortlaut des § 58 c zu „Vorschriften, Regeln und Normen für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial bis 750 V Nennspannung (K.P.I./1928)".
VDE 482	Übersicht über die Beschlüsse der mit den Vollmachten einer Jahresversammlung ausgestatteten Ausschußsitzung vom 15. Juni 1930 in Berlin.
VDE 483	Leitsätze für die Lieferung und Prüfung von Rollenpreßspan.

Die Sonderdrucke können vom VDE, Abt. Verlag, Berlin W 57, Potsdamer Straße 68, bezogen werden.

Neu erschienene DIN VDE-Normblätter.

Folgende DIN VDE-Normblätter sind neu erschienen:

DIN VDE 717	Schaltzeichen und Schaltbilder für Starkstromanlagen; Innen-Installationen.
DIN VDE 3145	Elektrische Bahnen: Fahrdrahtklemmen: Drehbolzen.

Alle Anfragen bezüglich Lieferung und Versand der Normblätter sind an die Beuth-Verlag G. m. b. H., Berlin S 14, Dresdener Straße 97, zu richten. Lieferung von VDE-Sonderdrucken durch den VDE, wie oben angegeben.

Verband Deutscher Elektrotechniker

Der Generalsekretär:
P. Schirp.

Digitized by Google

SITZUNGSKALENDER.

Elektrotechn. Verein Chemnitz. 16. X. 1930, abds. 7½ h, Staatl. Akademie für Technik, Hörsaal 199: Vortrag Dipl.-Ing. Ehlers, „Die Entwicklung des elektrischen Nachrichtenverkehrs in den letzten Jahren".

Pomm. Elektrotechn. Verein, Stettin. 17. V. 1930, abds. 8¼ h, Konzerthaus: Vortrag Dir. Schendell, „Versuche mit Überspannungen und neueren Überspannungsableitern im Netz der Überlandzentrale Pommern.

Württ. Elektrotechn. Verein, Stuttgart. 15. X. 1930, abds. 8 h, Vortragsaal des Landesgewerbe-Museums, Eingang Lindenstraße: Lichtbilder- und Filmvortrag Dr. Königswerther, „Wirkungsweise und Fabrikation der Wechselstromzähler."

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

Auszeichnungen. — Die Deutsche Maschinentechnische Gesellschaft hat Herrn Baurat Dr.-Ing. E. h. Gustav de Grahl anläßlich seines 65. Geburtstages zum Ehrenmitglied ernannt in Anerkennung der zahlreichen Verdienste, die sich Dr.-Ing. de Grahl, der von 1921 bis 1924 auch erster Vorsitzender der Gesellschaft war, um diese erworben hat.

Jubiläum. — Der Direktor der Städt. Gas-, Elektrizitäts- und Wasserwerke in Diez a. d. Lahn, Herr Ing. H. Schuff, feierte vor kurzem sein 25jähriges Dienstjubiläum.

BRIEFE AN DIE SCHRIFTLEITUNG.

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Schriftleitung und ohne deren Verbindlichkeit.)

Arbeitspeicher in den Alpen.

Herr Dr. KRAUSS hat sich mit seinem Aufsatz ETZ 1930, S. 525 ff. ein Verdienst erworben durch die folgerichtige und klare Art, in der er unter Benutzung der kavalierperspektivischen Belastungsdarstellung die Richtlinien für die Lastverteilung in Verbundbetrieben allgemeinsten Aufbaues entwickelt hat. Bei aller Zustimmung im Sachlichen sehe ich mich aber in Hinblick auf einige in seinem Artikel enthaltene Wendungen veranlaßt, festzustellen, daß entgegen seiner Annahme viele der entwickelten Grundsätze nicht mehr neu sind, wenn sie auch gewiß noch nicht überall in der Praxis durchgedrungen sein mögen:

Daß Jahresspeicher- und Spitzenwerk nicht notwendig zusammenfallende Eigenschaften sind, vielmehr die nur tagspeicherfähigen, unregulierten Fließkraftwerke vorzugsweise als Spitzenwerke geeignet sind, ist ein schon lange, zuerst wohl von dem verstorbenen Oberbaurat Stahl in den Aufbauplan des Murg-Schwarzenbachwerkes eingeführter (und heute längst verwirklichter) Gedanke. (s. Lit. 2, S. 125 ff.) Die hier schon im Keime liegende Idee, eine hohe (und gleichzeitig genügend billig zu erstellende) Volleistung von Flußkraftwerken in der Wassermangelzeit durch Tagesspeicherung zur Spitzendeckung und damit zur Beschränkung der Gesamtinstallation der Wärmekraft und Wassergroßspeicherwerke in einem großen Verbundnetz doppelt wirtschaftlich zu machen, wurde später unter anderen von mir weiter ausgebaut, speziell auch dahin, eine möglichst weitgehende „Durchlauf-Tagesspeicherung" selbst in großen Flüssen, wie Aare, Rhein, als erstrebenswertes Ziel aufzustellen (s. Lit. 4 und meine Diskussionsausführungen zu dem Vortrag von Münch im E. V. Berlin im Winter 1928/29).

In Lit. 1., 2. und 3. habe ich weiterhin bereits die Methode der „Arbeitspitzensummenlinie" angegeben, die Herr Dr. KRAUSS als „aus der amerikanischen Tarifliteratur bekannte" kWh-kW-Kurve anführt.

In Lit. 3 ist ferner gezeigt, wie man mit Hilfe von zwölf monats-typischen oder drei saison-typischen Belastungskurven nebst ihren Spitzen-, Tal- usw. -Summenlinien selbst schwer durchsichtige und zeitlich mehrdimensionale Betriebswirtschaftspläne mit praktisch vollkommen befriedigender Genauigkeit analysieren und aufbauen kann. Für die Projektierungspraxis scheint mir die Methode des Arbeitens an solchen nebeneinanderliegenden Typenkurven das Zweckmäßigere zu sein, während ihr Zusammenbau zum „Belastungsgebirge" hauptsächlich als Mittel der nachträglichen (oder allenfalls kontrollierend nebenhergehenden) Veranschaulichung vorteilhaft sein kann. Hierbei hat man dann noch die Wahl zwischen der von Herrn Dr. KRAUSS gewählten Darstellung in Kavalierperspektive oder der Darstellung im Grundriß mit Linien gleicher Leistung als Höhenkurven der Spitzensummenfläche.

In sachlicher Beziehung ist noch darauf hinzuweisen, daß die Kombination des Belastungsgebirges mit dem „Dargebotsgebirge" lediglich eines „normalen" (meist durch Monats- usw. -Mittelbildung abgeleiteten) Jahres für andere als nur generelle Studien nicht ausreicht. Zur richtigen Erfassung des Einflusses der Überjahresperioden im Wasserenergiedargebot muß man mindestens noch ein „trockenes" und ein „nasses" Wasserjahr mit in Untersuchung nehmen (besser: mehrere oder die ganze hydrographisch erfaßbare Reihe). Erst dabei kann der Ausbau der Jahresspeicherwerke und ihrer natürlichen Gegenspieler, der Wärmekraftwerke, sowie die wirtschaftliche Zulässigkeit etwa möglicher Überjahresspeicher erfaßt werden.

Z. Zt. Montevideo, 25. V. 1930. Dr. Ludin.

Literaturverzeichnis.

1. Ludin, Ausbau der Niederdruckwasserkräfte nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten, Dissertation Karlsruhe 1908/10.
2. Ders., Die Wasserkräfte, ihr Ausbau uud ihre wirtschaftliche Ausnutzung. Verlag Julius Springer, Berlin 1913.
3. Ders., Betriebs- und Ausbaupläne für Wasserkraftanlagen mit Tagesspeichern. Z. f. Bauwesen, 1917.
4. Ders., Durchlaufspeicherung in Kraftstaffelflüssen. Schweiz. Wasserwirtsch. 1924, H. 5.

Erwiderung.

Der Inhalt der in vorstehender Zuschrift genannten Arbeiten war mir leider nicht bekannt, sonst hätte ich mich gern auf diese berufen; denn tatsächlich kann man nicht oft genug auf die darin dargelegten Verhältnisse hinweisen, weil, wie auch in vorstehendem Brief angemerkt, auch heute noch manches ernste und aktuelle Projekt es an einer strengen Durcharbeitung der Speicherwirtschaft ganz offenbar fehlen läßt. Darum bin ich Herrn Prof. Dr. LUDIN wie für seine sachliche Beistimmung so auch für den Hinweis auf seine Arbeiten dankbar, weil beide den Zweck meiner Veröffentlichung unterstützen.

Zum letzten Absatz der Zuschrift wäre zu bemerken: Die ganze Darstellung in meiner Arbeit durfte nur qualitativ sein, um möglichst anschaulich zu zeigen, auf was es bei einem Verbundbetrieb ankommen wird, der die gesamten Alpenwasserkräfte im Rahmen einer gesamtdeutschen Energiewirtschaft verwertet. Früher oder später wird dieser Verbundbetrieb zustande kommen, oder die Alpenwasserkräfte werden unausgenützt bleiben; man muß sich daher je früher desto besser darauf einstellen. Ein Überjahresausgleich, der bei eng begrenzten Gruppen, die nur aus Wasserkraftwerken bestehen, wichtig ist, kommt nun in dem gedachten Verbundbetrieb für die Wasserkraftwerke überhaupt nicht in Betracht, weil man für ihre Gesamtheit nicht einmal die für den einfachen Jahresausgleich erforderliche Speicherarbeit bereitstellen kann. Er wird daher, wie unter 3 meiner Arbeit (ETZ 1930, S. 527) ausgeführt, mit Hilfe der Dampfkraftwerke bewirkt. Damit verlieren auch die unvermeidlichen Fehler, die jeder Ermittlung eines „Normaljahres" anhaften, ihre Gefährlichkeit, zumal zunehmende Erfahrungen über die Eigenschaften des benutzten Einzugsgebietes, die während des Betriebes selbst gewonnen werden, zusammen mit Niederschlags-, Schnee- und Abflußmessungen es gestatten werden, die in der nächsten Zeit an den einzelnen Kraftwerken verfügbaren Wassermengen vorauszubestimmen und da nach den Lastverteilungsplan zu regeln.

Wien, 20. VIII. 1930. Krauß.

Über die Baadersche Bestimmung der Alterungsneigung von Isolierölen.

Im Verfolg der unter obiger Überschrift in der ETZ 1930, S. 1154, veröffentlichten Briefwechsel bemerke ich:

Auf Arbeitsfehler lassen sich, einerlei ob die Annahme, daß die Außentemperatur einen Einfluß hat, richtig ist oder nicht, die von uns gefundenen großen Differenzen nicht zurückführen.

Ich möchte nur noch bemerken, daß inzwischen auch von Prof. FRANK auf die Unzulänglichkeit der Baaderschen Methode in ihrer damaligen Ausführungsform, u. zw. bezüglich des Katalysators hingewiesen worden ist. (Erdöl u. Teer 1930, S. 393, Elektrizitätswirtsch. 1930, S. 356.)

Berlin, 29. VIII. 1930. Typke.

Digitized by Google

Erwiderung.

FRANK wiederholt in seiner von TYPKE angezogenen Arbeit[1] inhaltlich nur das, was ich selbst schon vorher in der Sitzung des Deutschen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik, Ausschuß 9, am 10. XII. 1929 bekanntgegeben hatte. Dagegen sagt FRANK nichts, was die hohen Unterschiede in der Kupfer-Verseifungszahl rechtfertigen würde, die TYPKE in seiner ersten Veröffentlichung[2] angibt, nämlich bis zu 0,62 (bei der an 10. Stelle aufgeführten Ölprobe). Übrigens fand TYPKE auch für die Glas-Verseifungszahl Meßunterschiede bis zu 0,50 (ebenfalls bei der 10. Probe), obwohl die angestellten Vergleichsprüfungen zwischen verschiedenen Laboratorien die Reproduzierbarkeit der Glas-Verseifungszahl einwandfrei ergeben haben. Auf die Beschaffenheit des alten Kupferdrahtes allein kann daher TYPKE die großen von ihm gefundenen Meßunterschiede nicht zurückführen.

Köln, 6. IX. 1930. Baader.

Wir schließen hiermit diese Erörterung. D. S.

LITERATUR.

Besprechungen.

Technische, wirtschaftliche und rechtliche Grundlagen für die Bewertung und den Verkauf elektrischer Arbeit. Von Ing. G. W. Meyer. Mit 57 Textabb., zahlr. Rechnungs-Beispielen u. 289 S. in 8°. Meyer's techn. Verlag, Bodenbach a. Elbe u. Schöna (Sächs. Schweiz) 1930. Preis geb. 9,60 RM.

Als Zweck und Ziel des vorliegenden Buches bezeichnet der Verfasser im Vorworte: das Verständnis der Abnehmerschaft für die Preisgestaltung der elektrischen Energie zu wecken und ein planmäßiges Zusammenarbeiten zwischen Elektrizitätswerk und Abnehmer anzubahnen. An der Lösung dieser beiden wichtigen Aufgaben mitzuarbeiten, mag verlockend erscheinen; mit den vom Verfasser angewendeten Mitteln ist dieses Ziel aber nicht zu erreichen.

Die elektrische Energie ist heute in der kleinsten Stadt- und Landwohnung wie im größten Fabrikbetrieb und Verkehrsunternehmen unentbehrlich geworden. Will man diesen so verschiedenartigen Abnehmerkreisen das Werden und Wirken des elektrischen Stromes und die Grundlagen seiner Tarifgestaltung und Verrechnung näher bringen, so muß der umfangreiche Stoff für sie besonders eingeteilt und die Ausführung der einzelnen Kapitel der Vorbildung angepaßt werden, welche diese Kreise für die einschlägigen Fragen mitbringen. Das vorliegende Buch aber behandelt auf 280 Seiten nicht weniger als 80 voneinander z. T. weit abliegende Themen, z. B. die Grundbegriffe der Elektrizitätslehre, die Verwendung von Diamanten für die Spurlager der Elektrizitätszähler, die Kupplung zwischen Heiz- und Kraftbetrieb, amerikanische Haushalttarife, Lastausgleichrelais u. a. m. Dem einzelnen Stromabnehmer wird das Buch daher kaum Nutzen bringen. Die in ihm enthaltenen Ausschnitte aus der elektrotechnisch-wirtschaftlichen Literatur und die eingehenden Literaturnachweise dürften aber für alle diejenigen von Wert sein, deren Aufgabe die Aufklärung der einzelnen Abnehmerkreise über Wirtschaftlichkeits- und Tariffragen der Elektrizitätsversorgung ist. Thierbach.

Der industrielle Wärmeübergang für Praxis u. Studium mit grundlegenden Zahlenbeisp. Von Dr.-Ing. A. Schack. Mit 41 Abb., 37 Zahlentaf., VIII u. 411 S. in 8°. Verlag Stahleisen m. b. H., Düsseldorf 1929. Preis geb. 18,50 RM.

Die Formeln, die für die Berechnung von Wärmeübergangszahlen in der Literatur angegeben werden, zeichnen sich vielfach dadurch aus, daß sie den physikalischen Zusammenhang, den sie wiedergeben sollen, nichts weniger als anschaulich darstellen. Geschwindigkeiten, Längen und andere einfache Bestandteile unseres Anschauungsbereichs werden mit gebrochenen Exponenten versehen, und die aus solchen Größen zusammengestellten Formeln flößen dem, der sie im praktischen Maschinenbau anwenden soll, kein Vertrauen ein, weil er sich nichts dabei vorstellen kann. Schack zeigt in seinem Buche, daß diese Unsitte hauptsächlich auf die zu weit gehende Anwendung der Ähnlichkeitstheorie zurückzuführen ist. Er versucht mit Erfolg, einfachere Darstellungen für manche Zusammenhänge zu geben. Von besonderem Interesse ist in einem Buche von Schack natürlich die Theorie der Gasstrahlung, um deren Ausgestaltung sich der Verfasser besonders verdient gemacht hat. — Das Buch kann allen, die mit praktischen Wärmeübergangsfragen im Maschinen- und Apparatebau zu tun haben, nur empfohlen werden, es ist zweifellos eines der besten Bücher über diesen Gegenstand, das wir heute besitzen. Zinzen.

Polare Molekeln. Von Prof. Dr. P. Debye. Mit 34 Abb. i. Text, VIII u. 200 S. in 8°. Verlag S. Hirzel, Leipzig 1929. Preis geh. 14 RM, geb. 15,50 RM.

Nachdem die Atomphysik gezeigt hat, daß es möglich ist, in den Bindungsmechanismus der Moleküle tiefer einzudringen, ist das Interesse der Chemiker und Physiker heute intensiv darauf gerichtet, die physikalischen Konstanten der Moleküle zu ermitteln. Dahin gehört neben dem Ionenradius, dem Trägheitsmoment und anderen auch das Dipolmoment der Moleküle. Darunter versteht man das Maß für die Verschiebung des elektrischen Schwerpunktes gegenüber dem Massenschwerpunkt eines Moleküls, u. zw. ist das Dipolmoment das Produkt aus dem Abstand beider Schwerpunkte und der Größe der elektrischen Ladung. Der Radius eines Moleküls fällt in die Größenordnung 10^{-8} cm, die Ladung eines Elektrons in die von 10^{-10} elektrostatischen Einheitsladungen. Daraus ergibt sich die Größenordnung des Dipolmoments zu 10^{-18} elektrostatischen Einheiten. Diese Konstante ist für die Chemie von besonderer Bedeutung, da man mit ihrer Hilfe gewisse Schlüsse über den Bau der Moleküle ziehen kann. Die Untersuchungen der letzten Jahre haben gezeigt, daß unter den nicht aus Ionen aufgebauten, sondern homöopolar gebundenen Molekülen eine große Anzahl zu den durch ein Dipolmoment ausgezeichneten „polaren Molekeln" gehört. Beim Wasser z. B., das die Formel H—O—H besitzt, liegen die drei Atome nicht, wie man zunächst vermuten könnte, auf einer Geraden. Denn dann könnte kein Dipolmoment resultieren, da infolge des symmetrischen Baus der Schwerpunkt der elektrischen Ladungen mit dem Massenschwerpunkt zusammenfallen müßte. Aus der Größe des Dipolmoments des H_2O-Moleküls, das zu $1.8 \cdot 10^{-18}$ gefunden wurde, ergibt sich vielmehr, daß die drei Atome an den Ecken eines Dreiecks liegen, dessen Spitzenwinkel entweder 64° oder 109° beträgt. Das Kohlensäuremolekül O=C=O besitzt dagegen kein Dipolmoment, also Stäbchenform. Debye hat vor einigen Jahren die theoretischen Grundlagen für die Dipolmessung geschaffen und auch mit seinen Schülern zahlreiches Material beigetragen. Seine Zusammenfassung der bisherigen Forschungen zeichnet sich ebenso durch wissenschaftliche Strenge wie durch großes pädagogisches Geschick aus. Sie berichtet ebenso über die experimentellen Methoden der Dipolmessung, die im wesentlichen auf der Einstellung und Ordnung der Dipolmoleküle im Kondensatorfelde und der dadurch bedingten Änderung der Kapazität beruhen, wie auch über die für die Chemie so wichtigen Ergebnisse. Eine besonders erfreuliche Neuerung hat der Verleger eingeführt. Um das Buch stets auf dem laufenden zu halten, können die Käufer ständig Ergänzungen zur Tabelle der bisher gemessenen Dipolmomente durch eine dem Werk beigegebene Karte kostenlos beziehen. R. Samuel.

Anorganische Chemie. Ein Lehrbuch zum Weiterstudium u. z. Handgebrauch. Von Prof. Dr. F. Ephraim. 4. verm. u. verb. Aufl. Mit 81 Abb. u. 4 Taf., XII u. 809 S. in gr. 8°. Verlag Theodor Steinkopff, Dresden u. Leipzig 1929. Preis geh. 28 RM, geb. 30 RM.

Das Lehrbuch der anorganischen Chemie von Fritz Ephraim, das nun in der vierten Auflage erscheint, unterscheidet sich von anderen Darstellungen dieses Wissensgebietes durch seine Disposition. Das gewöhnliche Lehrbuch der anorganischen Chemie betrachtet nebeneinander die verschiedenartigsten Verbindungen ein und desselben Metalles. Die Namen der Metalle sind die Überschriften der Kapitel. Vielleicht spiegelt sich in dieser Anordnung noch die große Bedeutung wieder, die die Metalle im Daseinskampf des Menschen seit alter Vorzeit besaßen, haben doch auch die Sage und die Geschichte die Zeitalter nach ihnen benannt. Ephraim nun behandelt in ein und demselben Abschnitt z. B. die Halogenide sämtlicher Metalle, dann in einem nächsten die Oxyde usw. In der Tat ist der Vergleich des Kochsalzes mit dem Sublimat für den Chemiker heute wichtiger als etwa der mit der Soda. Im ersten Anfang mag es leichter sein, sich in einem Lehrbuch mit der älteren Anordnung zu orientieren. Schon für den fortgeschrittenen Studenten und besonders für den, der der Chemie ferner steht, sie aber doch ab und zu braucht, tritt die Zusammengehörigkeit der Erscheinun-

[1] Elektrizitätswirtsch. Bd. 29, S. 356, Erdöl u. Teer 1930, S. 593.
[2] ETZ 1930, S. 640.

Digitized by Google

gen und Eigenschaften der Stoffe in der neuen Anordnung von Ephraim viel einleuchtender hervor. So wird nicht nur die Einfühlung sondern auch die Orientierung erleichtert. Allerdings zeigt auch gerade diese Art der Darstellung ebenso deutlich wie überraschend, wieviel Arbeit zur Erforschung besonders der Eigenschaften seltenerer Verbindungen noch zu leisten ist. Die Forschungsergebnisse der letzten Jahre sind ebenso verwendet wie die wichtigsten Resultate der Atomphysik. R. Samuel.

Neue Zeitschriften.

Bulletin de Mathématiques et de Physique pures et appliquées de l'Ecole Polytechnique de Bucarest. H. 1, Jahrg. 1. Herausg. v. Biblioteca Scoalei Politechnica, Bucuresti II, Calea Grivitei 132, Rumänien. Erscheint 3 ... 4 mal im Jahr.

[Das Bulletin soll neben wissenschaftlichen Originalarbeiten auch Buchbesprechungen bringen; sein Bereich erstreckt sich außer auf Mathematik und Physik, die im Titel genannt sind, auch noch auf die Technik, soweit sie als angewandte Physik gelten darf. Das erste Heft ist 77 Seiten stark; es enthält 5 kürzere, rein mathematische Mitteilungen, 6 Arbeiten aus Physik, technischer Mechanik und chemischer Physik sowie 4 elektrotechnische Arbeiten. Zu letzteren gehört ein Aufsatz von V. Karpen über die Dynamik eines Drehspulgalvanometers, an dessen Klemmen Induktivität und Kapazität angeschlossen sind. C. Budeanu befaßt sich mit der physikalischen Bedeutung der Augenblickswerte in einem elektrischen Netz und behandelt vorwiegend die Leistungsfrage. Von I. Constantinesco stammt ein Beitrag über die charakteristischen Größen der Telegraphenleitung und T. A. Tanasesco gibt Diagramme zur Änderung der äquivalenten Impedanz einer Hochfrequenzleitung (z. B. zu einem Sender führend). Die Aufsätze sind im allgemeinen knapp gefaßt unter lobenswerter Vermeidung von Unwesentlichem. Dem wissenschaftlich arbeitenden Ingenieur wird die Zeitschrift manche Anregung bieten können.] *nkl*

Klöckner-Post. Herausg. v. F. Klöckner K.-G., Köln-Bayenthal.

[Durch die neue Hauszeitschrift sind die früher unregelmäßig erscheinenden „Klöckner-Mitteilungen" abgelöst worden. Heft 1 befaßt sich in der Hauptsache mit selbsttätigen Schaltgeräten für Pumpen, Werkzeugmaschinen, Notbeleuchtungsanlagen sowie gekapselten Verteilungsanlagen; es enthält 6 Arbeiten. Heft 2 ist mit 4 Arbeiten vornehmlich Motorschutzfragen gewidmet, u. zw. werden auch Sonderfälle, z. B. Rückwirkungen auf den Motor durch ungleichmäßige Netzspannung, eingehend behandelt.

The Journal of the Maryland Academy of Sciences. Herausg. v. R. B. Owens. Bd. 1, H. 2 u. 3. Verlag der Maryland Academy of Sciences, Baltimore, Maryland. Erscheint vierteljährl., Bezugspreis jährl. 4 $.

[Die beiden vorliegenden Hefte der neuen Zeitschrift umfassen je rd. 60 Seiten und enthalten 9 Arbeiten aus den Gebieten Flugwesen, Physiologie, Ballistik und Astronomie. Das wissenschaftliche Niveau der einzelnen Aufsätze ist nicht ganz gleichwertig. Für den Elektrotechniker ist eine 9seitige Skizze von Prof. E. J. Berg von Interesse, in der dieser über das Entstehen seiner Freundschaft mit Oliver Heaviside berichtet, Einzelheiten aus Gesprächen und Briefen mitteilt und so das Verständnis der menschlichen Eigenart des Sonderlings Heaviside erleichtert.] *nkl*

Eingegangene Doktordissertationen.

Alfred Krüger, Die Alterung der Werkstoffe. T. H. Dresden 1930. (Verlag Stahleisen m. b. H., Düsseldorf.)

Werner Schöning, Untersuchungen über Förderverluste in einer Gesenkschmiede mit Kranförderantrieb. T. H. Berlin 1930. (Verlag Stahleisen m. b. H., Düsseldorf.)

Walter Spielhagen, Messung kleiner Wechselstromleistungen bei großen Phasenverschiebungen. T. H. Dresden. (Sonderdruck aus Arch. El. 1930, Bd. 23, H. 6.)

Hellmuth Dittert, Über die elektr. Durchschlagfestigkeit von festen Isolierstoffen bei kurzzeit. Beanspruchung unter besond. Berücks. des Einflusses von Füllstoff, Elektrodenform u. Temperatur. T. H. Dresden 1930.

Gerhard Frühauf, Über die Verflachung der Wanderwellenstirn durch Ohmsche Widerstände. T. H. Dresden 1930.

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Aus der nordamerikanischen Elektroindustrie. — Auf Grund von Berichten einer „repräsentativen" Gruppe der nordamerikanischen Elektroindustrie über deren Tätigkeit im ersten Halbjahr 1930 versucht El. World, ein Bild der weiteren Entwicklung zu zeichnen, und bemerkt zunächst, daß der Beschäftigungsgrad der Fabriken im Juli/August um etwa 6 % geringer gewesen sei als in der gleichen Zeit des Vorjahres, aber etwas höher als zu Anfang 1930. Die Produktion der Gruppe lag um 2,8 % unter der im ersten Halbjahr erzielten. Einige der größten Elektrizitätswerke hätten mitgeteilt, daß die am Jahresbeginn aufgestellten großen Ausbauprogramme im zweiten Halbjahr zur Durchführung gelangen würden, teilweise sogar in umfangreicherer Weise als ursprünglich vorgesehen. Ein mit einer großen Anzahl von Erzeugern im Osten der V. S. Amerika in Fühlung stehender Beobachter halte eine Steigerung der Aufträge auf elektrische Ausrüstungen in 1 oder 2 Monaten für durchaus sicher. Immer neue elektrische Vorrichtungen kämen auf den Markt, die Elektrisierung der Bahnen mache zusehends Fortschritte und werde erheblich zur Besserung des Geschäfts beitragen. Maßnahmen gewisser ausländischer Staaten gegen den neuen amerikanischen Zolltarif seien unwahrscheinlich bzw. nicht sehr zu fürchten, wenigstens soweit die Elektroindustrie in Frage käme (Kanada). In Großbritannien, Argentinien, Australien und Mexiko werde der Absatz eher wachsen als sinken. Alles in allem ergäben sich daher für Ausrüstungen, Zubehörteile und Gebrauchsapparate recht günstige Aussichten.

Im 1. Halbjahr 1930 hatte die General Electric Co. einen Nettoabsatz von 197 229 346 $ (194 353 307 i. V.), die abzüglich der Unkosten eine Reineinnahme daraus von 23 054 920 $ ergaben (24 248 806 i. V.). Mit 7 505 824 $ an sonstigen Einnahmen abzüglich der Zinsen (7 779 347 i. V.) blieben für Dividenden 30 560 744 $ (32 028 154 i. V.) bzw. nach Abzug der Bardividenden auf den Spezialstock 29 273 276 Dollar (30 740 768 i. V.). Bei der Westinghouse Electric & Manufacturing Co. betrug in derselben Periode der Absatz 93 022 036 $ (99 927 790 i. V.) und der Nettonutzen nach Abzug der Abschreibungen, Zinsen und Bundessteuern 8 357 362 $ (13 131 381 i. V.), d. s. 3,13 $ je Aktie des vereinigten Stamm- und Vorzugsstocks (4,92 $ i. V.). Die eingegangenen Aufträge beliefen sich auf 95 338 159 $ (121 184 546 i. V.). Bekanntlich hat die Gesellschaft ebenso wie die General Electric Co. die Herstellung von Radioempfängern und -röhren anfangs des Jahres der Radio Corporation of America übertragen. Nach dem Bericht der Allis-Chalmers Manufacturing Co. für die ersten 6 Monate des laufenden Jahres stellte sich der Nettogewinn nach Abzug aller Unkosten und der Bundessteuern auf 2 351 540 $ (2 179 087 i. V.), was 1,87 $ je Stammaktie entspricht (1,73 i. V.) und eine Zunahme um rd. 8 % bedeutet. Die gebuchten Bestellungen hatten einen Wert von 29 480 951 $, waren damit also um etwas über 5 % größer als im ersten Halbjahr 1929 (28 022 998 $), die unerledigten Aufträge erwiesen sich am Ende des Halbjahres mit 17 833 860 $ als um 38,5 % beträchtlicher gegenüber denen, welche Ende 1929 vorlagen (12 872 676 $).

Deutschlands elektrotechnischer Außenhandel[1]. — Die Verteilung gestaltete sich im August 1930 innerhalb des Tarifunterabschnitts 18 B wie nachstehende Übersicht zeigt:

Waren	Mengen dz		Werte 1000 RM	
	August	Jan./Aug.	August	Jan./Aug.
Einfuhr				
Elektrische Maschinen (einschl. Teile)	2 062	21 073	618	6 518
Elektrot. Erzeugnisse	3 236	24 717	2 521	20 844
Ausfuhr				
Elektrische Maschinen (einschl. Teile)	37 683	270 966	9 785	70 546
Elektrot. Erzeugnisse	121 643	805 558	39 118	302 343

Die Einfuhr war im Vergleich zum Vormonat (5546 dz bzw. 3,183 Mill RM) um 248 dz (4,5 %) bzw. 0,044 Mill RM geringer und weist auch gegenüber dem Parallelmonat des Vorjahres (7455 dz bzw. 4,506 Mill RM) einen Rückgang um 2157 dz (29 %) bzw. 1,367 Mill RM (30 %) auf. Die Ausfuhr ist, verglichen mit dem Juli (118 326 dz bzw. 43,124 Mill RM), um 41 000 dz (34,6 %) bzw. 5,779 Mill RM (13,4 %) gestiegen und hat mengenmäßig auch gegen den August 1929 um 5 873 dz (4 %) zugenommen; dagegen war sie diesem Monat gegenüber wertlich um 1,986 Mill RM (4 %) schwächer. Die Reparationssachlieferungen betrugen 12 706 dz im

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1539; 1930, S. 1347.

Digitized by Google

Stat. Nr.	Erzeugnisse	Einfuhr in dz			Ausfuhr in dz		
		August 1930	Januar/August 1930	Januar/August 1929	August 1930	Januar/August 1930	Januar/August 1929
907 a	Lichtmaschinen und Lichtzündmaschinen für Motorfahrzeuge; Anlaßmotoren für Verbrennungsmotoren	22	354	664	657*	5 277*	5 829*
907 b/g	Dynamomaschinen, Elektromotoren, Umformer; Transformatoren und Drosselspulen[1]	1 984	19 669	24 016	35 350*	249 810*	205 839*
907 h	Fertig gearbeitete Anker, Kollektoren[2]	56	1 050	1 444	1 676*	15 879*	13 244
908 a, b	Elektrizitätssammler, deren Ersatzplatten (Elektroden)	114	1 818	4 092	5 273*	33 241*	33 303*
909	Kabel zur Leitung elektrischer Ströme, zur Verlegung in Wasser oder Erde geeignet	866	5 532	[9] 13 543	64 587*	364 437*	395 644*
910 a/c	Bogenlampen, Quecksilberdampf-, Quarz- und ähnliche Lampen; Gehäuse dafür mit Glasglocken; Scheinwerfer, Reflektoren[3]	63	207	118	221	1 935*	2 948*
911 a	Metallfadenlampen	215	1 668	1 535	1 354*	7 974*	8 252*
911 b	Kohlenfaden-, Nernst- und andere Glühlampen	9	74	38	20	198	264*
912 A1	Telegraphenwerke; Bestandteile davon	12	92	97	26	263*	192*
912 A2	Fernsprecher, Fernsprech-, Wand- und Tischstationen, Fernsprechvermittlungseinrichtungen; Bestandteile davon	50	266	745	2 037	15 717*	13 015*
912 A3	Vorrichtungen für die drahtlose Telegraphie und Telephonie; Bestandteile davon	329	3 199	4 156	4 141*	36 805*	33 298*
912 A4	Meß-, Zähl- und Registriervorrichtungen, auch in Verbindung mit Uhrwerken; Bestandteile davon	139	1 276	1 353	2 031*	19 972*	22 439*
912 B	Bügeleisen; in der Ausfuhr auch Bestandteile davon	—	28	13	849	5 795	5 212*
912 C	Heiz-, Koch- und sonstige Wärmeapparate; in der Ausfuhr auch Bestandteile davon	206	1 414	1 432	1 516	10 501*	9 990*
912 D	Röntgenröhren; in der Ausfuhr auch Bestandteile davon	2	22	16	22	188*	133*
912 E	Magnetzündapparate und sonstige elektrische Zündsysteme sowie Teile davon (ausgenommen Magnete); elektrotechnisches Zubehör für Motorfahrzeuge	137	1 411	2 104	2 192*	16 981*	17 723*
912 F1	Sicherungs- und Signalapparate; Läutewerke; Bestandteile davon	15	111	158	1 589*	8 724*	8 977*
912 F2	Vorrichtungen für Beleuchtung, Kraftübertragung, Elektrolyse; Vorschalte- und Nebenschlußwiderstände; sonst. a. n. g. Vorrichtungen; Bestandteile davon[4]	911	6 416	8 763	27 022*	210 348*	210 071*
912 F3	Vorrichtungen für ärztliche oder zahnärztliche Zwecke; Bestandteile davon (ausgenommen 912 D)	89	501	473	1 226	10 610*	12 297*
912 F4	Galvanische (auch Trocken-) Elemente, elektr. u. galvanische Batterien; Thermoelemente; Bestandteile davon	39	209	277	5 479	39 655*	43 279
912 F5	Isolationsrollen, -glocken, -knöpfe, Spulen, Taster, Schalter usw. aus Steingut, Porzellan oder Glas (ausgenommen 733 a)	40	467	161	6	6	6
912 F6	Isolationsgegenstände aus Asbest, Asbestpappe, Glimmer oder Mikanit für die Elektrotechnik (Schutzkasten usw.)	—	6	56	58	454	410*
912 F7	Isolierröhren für elektr. Leitungen aus Papier oder Pappe; Verbindungsstücke dafür[5]	.	.	.	1 999	21 754*	23 426*
—	Elektrotechnische Erzeugnisse, unvollständig angemeldet	—	—	—	1	6	6
	Summe von Tarifunterabschnitt 18B: Menge in dz	5 298	45 790	[9] 65 254	159 326*	1 076 524*	1 065 782*
	Summe von Tarifunterabschnitt 18B: Wert in 1000 RM	*3 139*	*27 362*	[9] *33 859*	*48 903**	*372 889**	*367 241**
648 a	Vorgepreßte Blöcke, Platten und Stangen aus Kohle für elektrotechnische Zwecke	30	221	253	1 495	8 839	7 822
648 b	Kohlenbürsten, Mikrophonkohlen usw.; Kohlenfäden für elektr. Beleuchtungskörper oder dgl., auch in Verbindung mit Platin	4	39	53	73	624*	574*
648 c	Brennstifte für Bogenlampen	122	599	1 037	541	5 387	5 467
648 d	Elektroden	714	2 929	4 221	25 171	170 129	182 843
733 a	Porzellanisolatoren für Telegraphen- oder Fernsprechleitungen[7]	—	2	180	5 834*	48 457*	52 778*
740 a	Glühlampenkolben	—	172	361	1 624	10 813	11 681
783 c	Bearbeitete Teile von elektrischen Maschinen der Nrn. 907 a/g und von Erzeugnissen der Nrn. 907 h/911 b aus nicht schmiedbarem Gußeisen	56	776	1 355	8	8	8
799 c	dsgl. aus schmiedbarem Eisen	136	997	502			
890 a	Isolierter Draht aus unedlen Metallen für die Elektrotechnik	744	2 236	1 619	11 989*	97 170*	92 158*

Wert von 2,788 Mill RM. Betrachtet man die abgelaufenen acht Monate und denselben Zeitabschnitt des Vorjahres, so zeigt sich, daß die Einfuhr um 19 464 dz (30 %) und 6,497 Mill RM (19 %) abgenommen hat. Auf sie entfielen 3856 Lichtmaschinen (9183 i. V.), 64 416 Dynamos, Elektromotoren usw. (140 750 i. V.), 6897 Bogen- usw. Lampen (4295 i. V.), 3,663 Mill Metalldrahtlampen (3,364 i. V.) und 0,141 Mill Kohlefaden- usw. Lampen (0,057 i. V.). Die Ausfuhr ist dagegen um 10 742 dz (1 %) bzw. 5,648 Mill RM (1,5 %) gewachsen. Sie umfaßte der Stückzahl nach 57 518 Lichtmaschinen (62 133 i. V.), 483 199 Dynamos, Elektromotoren usw. (466 990 i. V.), 19 394 Bogen- usw. Lampen (27 427 i. V.), 49,073 Mill Metalldrahtlampen (46,326 i. V.) und 0,644 Mill Kohlefaden- usw. Lampen (0,761 i. V.) sowie an Reparationssachlieferungen 79 952 dz im Wert von 23,341 Mill RM. Ihr Überschuß belief sich auf 1 030 734 dz im Wert von 345,527 Mill RM (1 000 528 dz bzw. 333,382 Mill RM i. V.).

[1] Die Ausfuhr von Quecksilberumformern ist in Nr. 912 F 2 enthalten. — [2] Die Ausfuhr umfaßt auch andere Teile von nicht vollständigen elektrischen Maschinen. — [3] Die Ausfuhr umfaßt auch Teile von Bogenlampen außer Brennstiften (648 c). — [4] Die Ausfuhr umfaßt auch Quecksilberumformer aus Nr. 907 b/g und Isolationsgegenstände, auch aus Ambroid, Hartkautschuk usw., der Nr. 912 F 5 außer Isolationsglocken (733 a). — [5] Einfuhr nach Beschaffenheit. — [7] Isolationsglocken unter 733 a, andere Waren, auch aus Ambroid, Hartkautschuk usw., unter 912 F 2. — [7] Die Ausfuhr umfaßt Isolatoren aller Art aus Steingut oder Porzellan — [8] Für die Ausfuhr gelten die im Unterabschnitt 18 B bei den Maschinen angegebenen stat. Nrn. — [9] Berichtigte Zahl.
* Einschließlich der Reparationssachlieferungen.

Abschluß des Heftes: 4. Oktober 1930.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Flanschmotor-Getriebe.

Mitteilung der AEG.

Elektrischer Einzelantrieb bedeutet Kraftersparnis, Ersparnis an Raum, Gebäude- und Fundamentkosten, Gewinn an Luft, Licht, Übersicht und bessere Anpassungsfähigkeit an Arbeitsgang, an Transportmittel und an die Eigentümlichkeiten des Betriebes. Als hervorragendes Hilfsmittel des Einzelantriebes haben sich die AEG-Flanschmotor-Getriebe eingeführt, die zwischen den günstigsten Geschwindigkeiten der Elektromotoren und den Arbeitsmaschinen vermitteln. Sie bringen nicht nur gegenüber allen Riemen- und Ketten-Getrieben, sondern auch gegenüber anderen Zahnradgetrieben wesentliche Platzersparnisse, wie aus Abb. 1 deutlich hervorgeht. Der wesentliche Vorteil der Flanschmotor-Getriebe ist der, daß die durch die Räderuntersetzung vervielfachten Dreh- und Biegungsmomente vom Motor ferngehalten und dem entsprechend kräftig ausgebildeten Getriebegehäuse zugeleitet werden. Dadurch wurde im Gegensatz zu den als Getriebemotoren bekannt gewordenen Bauarten ein dauernd ruhiger und erschütterungsfreier Lauf erreicht.

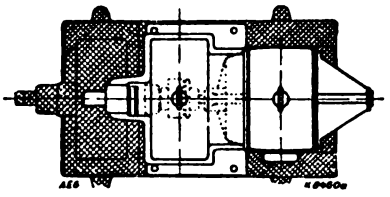


Abb. 1. Platzersparnis durch Flanschmotor-Getriebe gegenüber getrenntem Getriebe (beide mit Gleichstrommotoren 7 PS, 1430 U/min, Getriebe-Uebersetzung etwa 40:1).

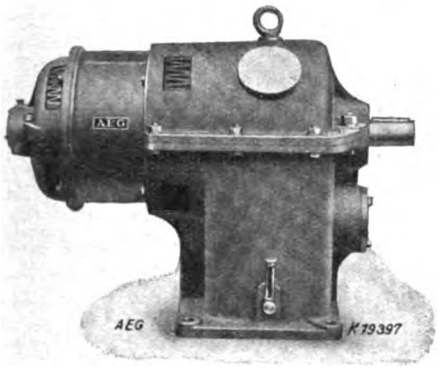


Abb. 2. Flanschmotor-Getriebe mit offenem Drehstrommotor.

In den Abb. 2 und 3 sind Flanschmotor-Getriebe mit Drehstrommotoren in offener Ausführung dargestellt. Die Motoren — ohne antriebseitige Schildlager und Füße — sind mit ihrem Gehäuse direkt an dem Getriebe befestigt. Im Gegensatz zu diesen Getrieben sind bei dem in Abb. 4 gezeigten Motor-Getriebe der elektrische und mechanische Teil in einem kräftigen Gehäuse vereinigt. Während der im Durchmesser kleiner gehaltene Teil den Motor aufnimmt, der als Einbaumotor — ohne Welle, Schildlager und Füße — Verwendung findet, enthält der im Durchmesser größere Teil das eigentliche Getriebe. Die mit genau bearbeiteter Verzahnung ausgeführten Übersetzungsräder laufen in einem vollständig gekapselten, nach außen sowie gegen den Motor abgedichteten Gehäuse unter Öl und umfassen selbst bei kleinsten Untersetzungen zwei Räderpaare. Der widerstandsfähige

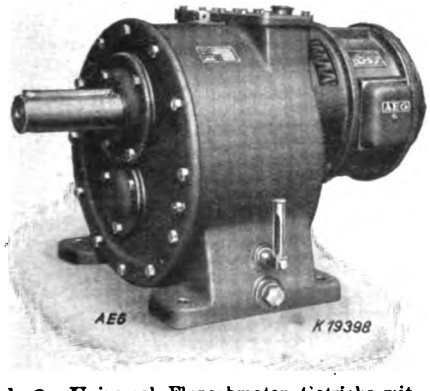


Abb. 3. Universal-Flanschmotor-Getriebe mit offenem Doppelnutmotor.

Aufbau, die Verzahnung und der für die Übersetzungsräder gewählte Werkstoff gewährleisten neben sehr gutem Wirkungsgrad (etwa 98 bis 99 vH je Zahnradpaar) lange Lebensdauer.

Erfahrungsgemäß bewegen sich die gebräuchlichsten Untersetzungen in den Grenzen von 5 bis 30 : 1. Unter Zugrundelegung dieser Werte wurden die von der AEG entwickelten Flanschmotor-Getriebe kleinerer und mittlerer Leistungen für Untersetzungen bis 100 : 1, die für größere Leistungen sowie die Motor-Getriebe für Untersetzungen bis 30 : 1 ausgelegt, wobei bezüglich der Abtriebsdrehzahlen eine Anlehnung an die VDW-Richtwerte erstrebt ist. Für größere Übersetzungsverhältnisse und besonders für Antriebe, bei denen von zwei Stellen gleichzeitig Kraft abgenommen werden soll, werden vorzugsweise die in den Abb. 5 und 6 dargestellten Getriebe mit waagerecht bzw. senkrecht angeflanschten Motoren verwendet. Auch hier wird der Motor von dem Getriebegehäuse getragen, nur ist ähnlich wie in Abb. 4 der Läufer direkt auf die schnellaufende Getriebewelle aufgebracht. Ermöglichen die örtlichen Verhältnisse keine direkte Kupplung mit der Antriebswelle der Arbeitsmaschine, so gestattet die kräftig durchgebildete Lagerung der austreibenden Welle sämtlicher Getriebe die fliegende Anordnung von Riemenscheiben, Zahnrädern, Kettenrädern u. dgl.

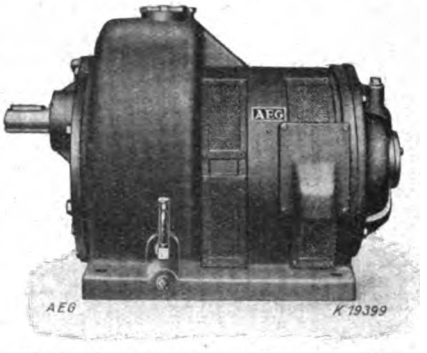


Abb. 4. Motor-Getriebe mit Drehstrom-Einbau-Motor.

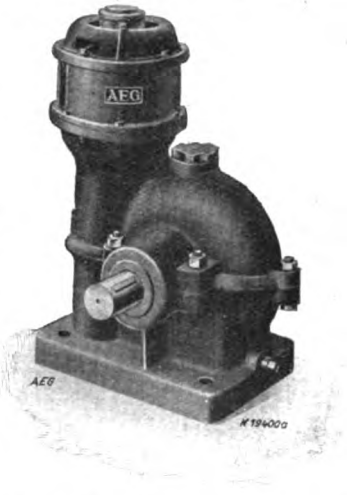


Abb. 5. Flanschmotor-Schnecken-Getriebe mit senkrecht angeordnetem Motor.

Zur Belüftung des Motors sind, wie die Abb. 2 bis 5 erkennen lassen, auch in den Getriebegehäusen entsprechende Öffnungen vorgesehen. Außer in offener Ausführung werden die Motoren auch in geschlossener, mantelgekühlter oder außenbelüfteter Bauart verwendet. Abb. 6 zeigt z. B. ein Getriebe mit angeflanschtem mantelgekühlten AEG-Doppelnut-Motor.

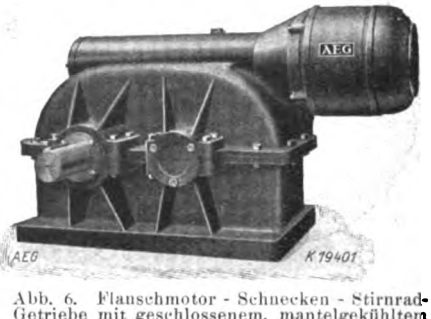
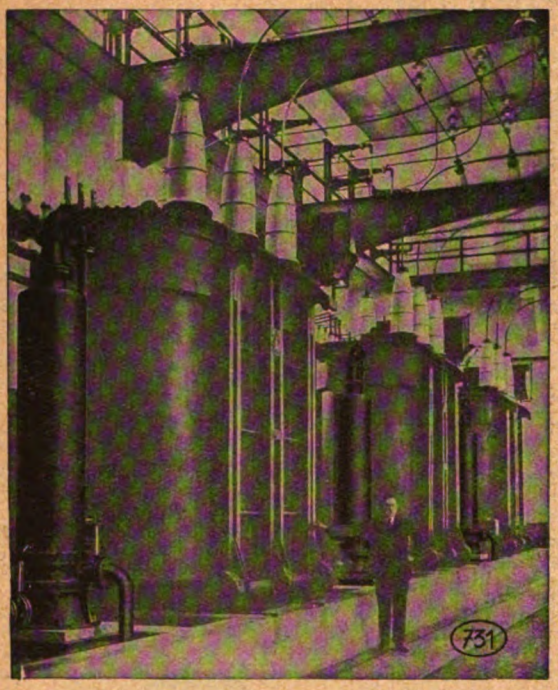


Abb. 6. Flanschmotor-Schnecken-Stirnrad-Getriebe mit geschlossenem, mantelgekühltem Doppelnutmotor, 7 PS, 1430 U/min, Untersetzung etwa 240 : 1.

Digitized by Google



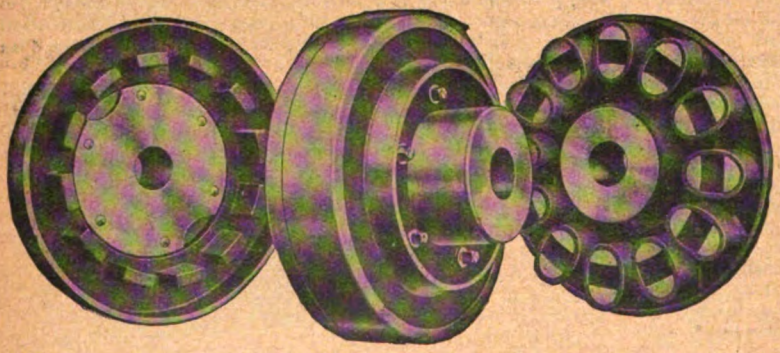
STEHENDE ÖLKÜHLER
für Grosstransformatoren

Sonder-Erzeugnisse
für Grosskraftwerke:

Spiralrohrölkühler
Röhrenkühler
Parallelwandkühler
Luftkühler mit Ventilatorenbetrieb
Raumlüftungen
Entqualmungsanlagen
Ölkochanlagen mit indirekter Ölerwärmung
Ölfilterpressen
Ölzentrifugen
Ölprüfer

AKT.-GES. A. HERING
NÜRNBERG

Die neue
Elisol-Kupplung
mit
elliptischen
Ledertringen
übertrifft die altbekannte „Elisol-Kupplung"
durch
größere Leistung
bei
billigerem Preis!



F. Tacke
Maschinenfabrik K.-G. Rheine i. Westfalen

Digitized by Google

NOV 4 1930

E T Z

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

INHALT

VDE-Mitgliedsbeitrag für 1931. 1445

Aus der Großen Deutschen Funkausstellung und Phonoschau, Berlin 1930. Von W. Burstyn. 1446

Elektrische Boden- und Luftheizung und elektrischer Frostschutz in Treibbeeten und Treibhäusern. Von C. Feldmann. 1449

Umschaltung in städtischen Gleich- und Drehstromnetzen unter besonderer Berücksichtigung der Berliner Verhältnisse. Von A. Plüer. 1450

Über den Durchschlag von Isolierölen. Von F. Koppelmann. 1457

Experimentelle Untersuchung des Einflusses magnetischer Felder auf die dielektrische Festigkeit von Isolatoren. Von A. Smurow. 1459

Mitt. d. PTR. Nr. 285. 1462

Rundschau

Über die Stromdichte in Transformatorwicklungen. 1463

Amerikan. Betriebstatistik über Hochspannungskabel für das Jahr 1928. 1463

Eine selbsttät. Parallelschalteinricht. f. Kleintransformat. 1463

Vielfach-Fernmessung. 1464

Zündwirkung v. Öffnungsfunken. 1465

Kombinierter Licht- u. Wärmestrahler. 1465

Das Fernkabel Paris—Bordeaux. 1465

Jahresversamml., Kongresse, Ausstellungen. 1466

Energiewirtschaft. 1466

Rechtspflege. 1467

Vereinsnachrichten. 1468 **Bekanntmachung des VDE.** 1469

Sitzungskalender. 1474

Persönliches: W. Christiani †, G. Bitter, A. Grünhut, Hochschulnachrichten. 1474

Briefe a. d. Schriftleit.: R. Richter / R. Pohl. 1475

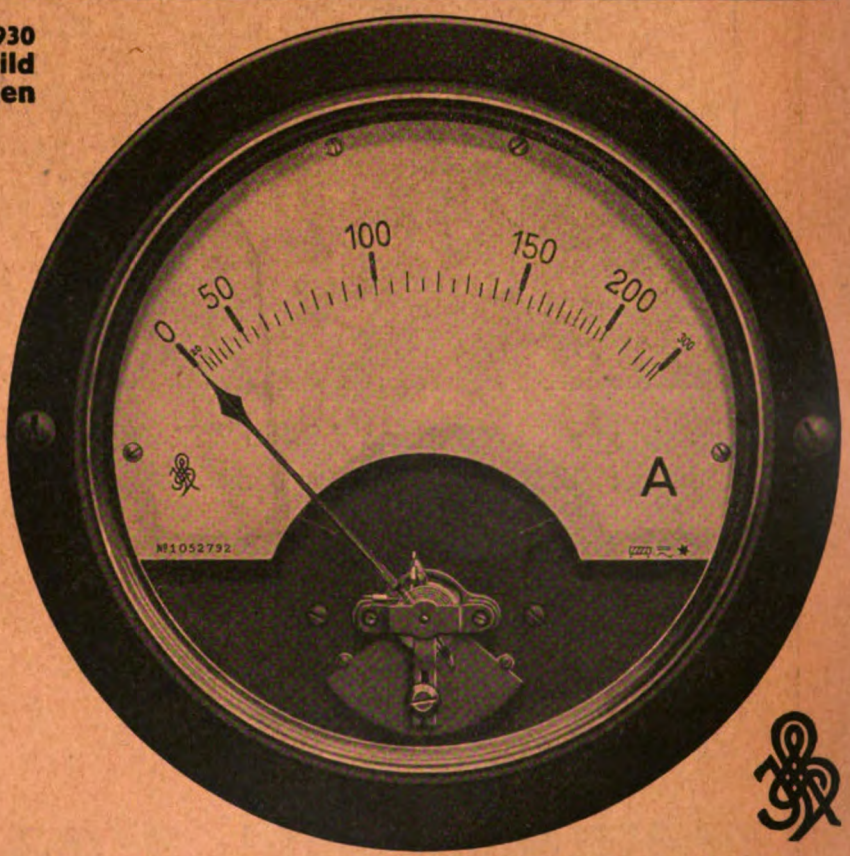
Literatur: B. Hague, F. Bundschu, W. Blaschke.

Geschäftliche Mitteilungen. 1476

Bezugsquellenverzeichnis. 1476

Berichtigung. 1476

Die eben erschienene Blaue Liste 1930 unterrichtet ausführlich in Wort und Bild über die bewährten und vorbildlichen H & B Schalttafel-Meßgeräte. Fordern Sie diese Liste an!



H&B

SCHALTTAFEL MESSGERÄTE

HARTMANN & BRAUN

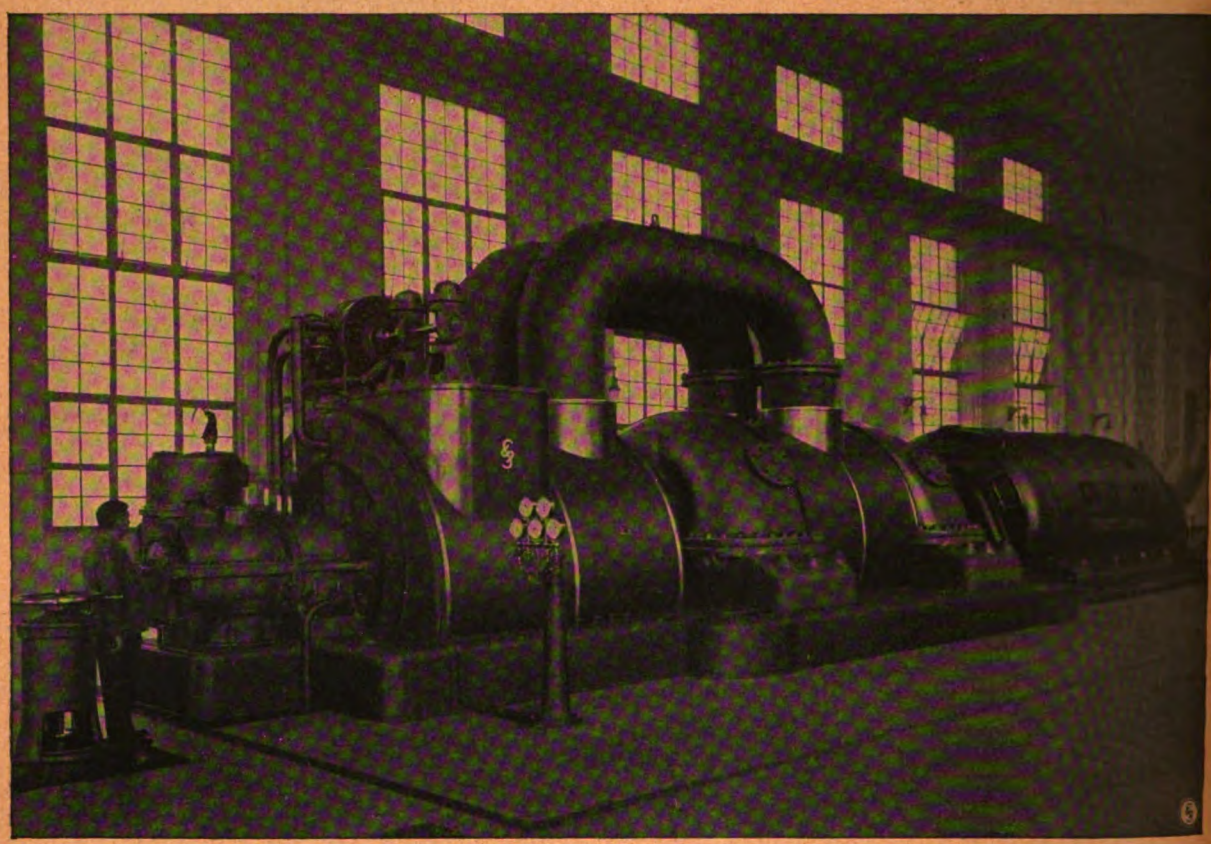
A-G **FRANKFURT/MAIN**

42. HEFT · 51. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W9

(1445-1476) 16. OKTOBER 1930

Digitized by Google

DAMPFTURBINEN
TURBOGENERATOREN



2-gehäusige SSW-Turbine 30000 kW, 3000 U/min, direkt gekuppelt mit Turbogenerator 42800 kVA, 3000 U/min.

SIEMENS-SCHUCKERT

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

51. Jahrgang | Berlin, 16. Oktober 1930 | Heft 42

VDE-Mitgliedsbeitrag für 1931.

Nach dem Beschlusse der Jahresversammlung vom 15. Juni 1930 bleibt der Jahresbeitrag für 1931 unverändert. Er beträgt:

A. Für persönliche Mitglieder, die durch einen angeschlossenen Verein angemeldet sind . . . . . 30 RM
Jungmitglieder . . . . . 15 „

B. Für persönliche, dem Verbande unmittelbar angehörende Mitglieder 30 „
Jungmitglieder . . . . . 15 „

C. Für körperschaftliche Mitglieder:
1. Behörden, Schulen, wissenschaftliche Vereine usw. . . . . 36 „
2. Sonstige körperschaftliche Mitglieder, städt. und staatl. Betriebe, auch Eltwerke, Privatfirmen, offene Handelsgesellschaften, Gesellschaften mit beschränkter Haftung, Aktiengesellschaften usw., die beschäftigen:
a) bis 50 Angestellte und Arbeiter . 50 RM
b) von 51 bis 100 Angestellte und Arbeiter . . . . . 75 „
c) von 101 bis 250 Angestellte und Arbeiter . . . . . 120 „
d) von 251 bis 500 Angestellte und Arbeiter . . . . . 150 „
e) von 501 bis 1000 Angestellte und Arbeiter . . . . . 300 „
f) über 1000 Angestellte und Arbeiter auf Anfrage.

Verbandsmitglieder, die **keinem Ortsverein** angehören, zahlen ihre Beiträge über unser **Postscheckkonto Berlin 213 12**, während alle **übrigen** Mitglieder die Beiträge an den **Verein abführen, dem sie als Mitglied angehören**, und zwar an dessen untenstehend angegebenes **Postscheckkonto** oder Bankkonto.

Wir bitten wiederholt um **Beachtung** dieses Punktes, der auch in diesem Jahre leider nicht genügend beachtet worden ist, so daß die Zustellung der ETZ infolgedessen verzögert wurde.

Ganz besonders weisen wir die Mitglieder des Elektrotechnischen Vereins, Berlin, darauf hin.

Die Beiträge, auch die **Rückstände aus 1930**, sind **bis spätestens 15. November 1930** zu entrichten, da sonst eine ordnungsmäßige Zustellung der ETZ nicht gewährleistet werden kann.

Es wird gebeten, die Beiträge möglichst **im ganzen** zu zahlen, um den Schatzmeistern der Vereine und der Geschäftstelle des VDE die Verrechnung zu erleichtern.

Durch undeutliche Anschriften und Namensangaben entstehen Verzögerungen in der Lieferung der ETZ und sonstige Unzuträglichkeiten, deshalb: **Deutliche Schrift!**

Im Ausland wohnende Mitglieder können durch Postanweisung bezahlen.

Bank- bzw. Postscheckkonten der Vereine:

Elektrotechnischer Verein in Berlin: Postscheckkonto Berlin 133 02.

E. V. Aachen: Bankkonto Deutsche Bank, Filiale Aachen; Postscheckkonto Deutsche Bank, Filiale Aachen, Postscheckamt Köln 2513 für El. Verein.

E. V. des Bergischen Landes: Postscheckkonto Professor E. Stöckhardt, Elberfeld, Postscheckamt Köln 448 96 für El. Verein.

E. V. Braunschweig: Bankkonto Deutsche Bank, Filiale Braunschweig, Depositenkasse am Hagenmarkt; Postscheckkonto Obering. Hans Jütting, Braunschweig, Postscheckamt Hannover 433 77 für El. Verein.

E. V. Breslau: Postscheckkonto Breslau 479 28.

E. V. Chemnitz: Postscheckkonto Leipzig 119 093.

Deutsche E. G. zu Danzig: Postscheckkonto 1736 der Sparkasse der Stadt Danzig, zur Gutschrift auf Konto 1236 der Deutschen El. Gesellschaft zu Danzig.

Dresdner E. V.: Postscheckkonto Dresden 111 14.

E. V. Düsseldorf: Postscheckkonto Essen 239 47.

E. G. Frankfurt a. M.: Postscheckkonto Frankfurt a. M. 3342.

E. G. Halle a. S.: Postscheckkonto Leipzig 915 27; Bankkonto Genossenschaftsbank Halle a. S.

E. V. Hamburg: Postscheckkonto Hamburg 3989; Bankkonto Commerz- und Privatbank AG.

E. G. Hannover: Postscheckkonto Hannover 129 03.

Hessische E. G. Darmstadt: Postscheckkonto Frankfurt a. M. 2002.

E. V. Kassel: Postscheckkonto Frankfurt a. M. 206 39; Bankkonto Deutsche Bank u. Disconto-Gesellschaft und Dresdner Bank, Kassel.

E. G. Köln: Postscheckkonto Köln 576 66.

E. V. Leipzig: Postscheckkonto Leipzig 116 56.

E. G. Magdeburg: Postscheckkonto Magdeburg 2479; Bankkonto Commerz- und Privatbank AG. Magdeburg, Depositenkasse Staatsbürger-Platz.

E. V. Mannheim-Ludwigshafen, Mannheim: Postscheckkonto Karlsruhe i. Ba. 790 88.

E. V. München: Postscheckkonto München 242 83.

E. V. am Niederrhein, Krefeld: Postscheckkonto C. Wildermuth, Krefeld, Postscheckamt Essen 313 76 für El. Verein.

E. G. Nürnberg: Postscheckkonto Nürnberg 1964.

Oberrhein. E. V., Karlsruhe: Postscheckkonto Karlsruhe i. Ba. 4979.

Oberschles. E. V., Hindenburg, O.-S.: Postscheckkonto Breslau 494 94.

Ostdeutscher E. V., Königsberg: Postscheckkonto Königsberg Pr. 2018.

Pommerscher E. V., Stettin: Postscheckkonto Stettin 3312.

E. V. des Rhein.-Westf. Ind.-Bez., Essen: Postscheckkonto Essen 3992.

E. V. an der Saar, Saarbrücken: Bankkonto Gebr. Röchling, Saarbrücken 1.

Schleswig-Holsteinischer E. V., Kiel: Postscheckkonto Hamburg 142 63.

E. V. Südbaden, Freiburg i. Ba.: Postscheckkonto Karlsruhe i. Ba. 406 40.

Thüringer E. V., Erfurt: Postscheckkonto Erfurt 248 10.

E. V. Trier: Postscheckkonto Köln 216 54.

Württembergischer E. V., Stuttgart: Postscheckkonto Stuttgart 1906.

Verband Deutscher Elektrotechniker e. V.

Der Vorsitzende: Dr. M. Krone. | Der Generalsekretär: P. Schirp.

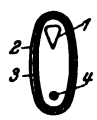
Digitized by Google

Aus der Großen Deutschen Funkausstellung und Phonoschau, Berlin 1930.

Von W. Burstyn, Berlin.

Die Rundfunkindustrie hat dreimal schneller als der Automobilbau jenen Stand ruhiger Entwicklung erreicht, in dem gründliche Neuerungen nicht mehr mit Begeisterung, sondern mit Mißtrauen aufgenommen werden. Im letzten Jahre[1] war es beinahe, diesmal ist es deutlich so weit gekommen. Als Kennzeichen dafür kann u. a. gelten, daß die Großfirmen den Vorsprung der beweglicheren kleineren Firmen fast eingeholt haben und ihnen durch Anpassung an

Abb. 1. Stabröhre „Arcotron", Ansicht.



1 Anode
2 Gitter
3 Glaswand
4 Kathode

Abb. 2. Querschnitt des Arcotron.

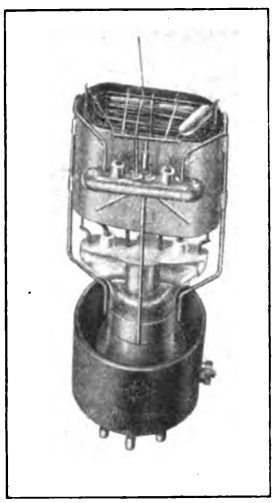


Abb. 3. Kraftverstärkerröhre von Telefunken.

bemerkt werden, daß die ausstellenden Firmen viel wenig tun, um ihrerseits die Besucher in klarer, übsichtlicher Weise, sachlich und nicht durch superlat Anpreisungen, die Eigenschaften und Vorzüge ihrer E zeugnisse wissen zu lassen. Das wäre um so nötiger wesen, als die Ausstellung eine ungeheuere Fülle von genständen umfaßte, diesmal besonders durch die Vere gung mit der Phonoschau. Die elektrischen und die ak stischen Schwingungen sind miteinander nicht nur phy

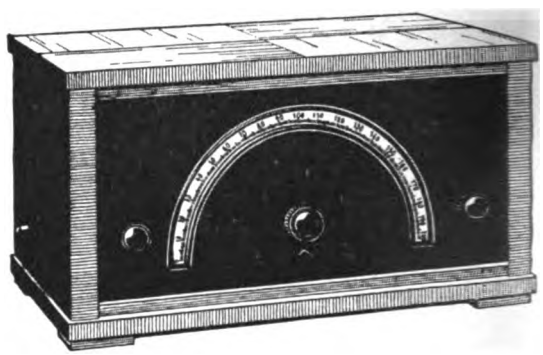


Abb. 6. Vierröhren-Empfänger von S & H.

kalisch, sondern jetzt auch technisch und geschäftlich s eng verschlungen, daß eine Trennung undenkbar gewor ist. Was aber sehr wohl möglich wäre und doch nicht g schieht, das ist eine Trennung der Stände nach ihrem In halt. Wieviel leichter wäre es für den Besucher, wenn e

den Geschmack und die Zahlungsfähigkeit der Käufer immer gefährlicher werden. Solche Zeiten eines scheinbaren Abschlusses der Entwicklung hatte aber die Funktechnik schon zweimal zu verzeichnen, 1906 vor dem Auftreten der Poulsen-Lampe und zu Beginn des Weltkrieges vor der Entwicklung der Verstärkerröhre, und es wäre verfehlt zu glauben, daß eine baldige Umwälzung ganz ausgeschlossen sei. Vorläufig ist indessen nicht die kleinste Spur einer solchen zu merken. Die Geräte sind besser,

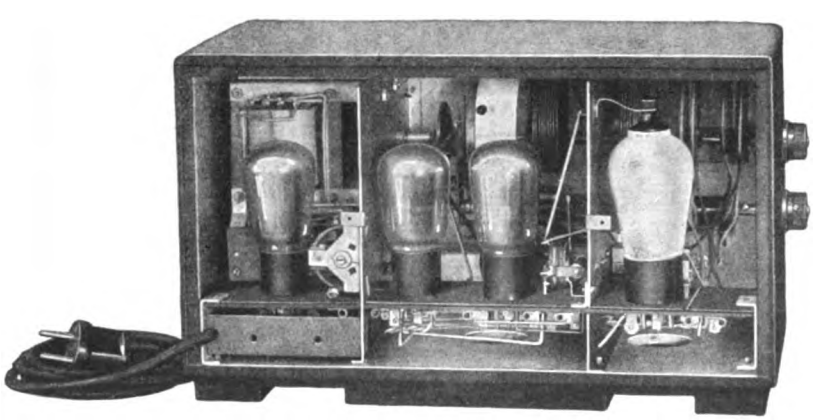


Abb. 4. Zweikreis-Dreiröhren-Empfänger des Sachsenwerkes.

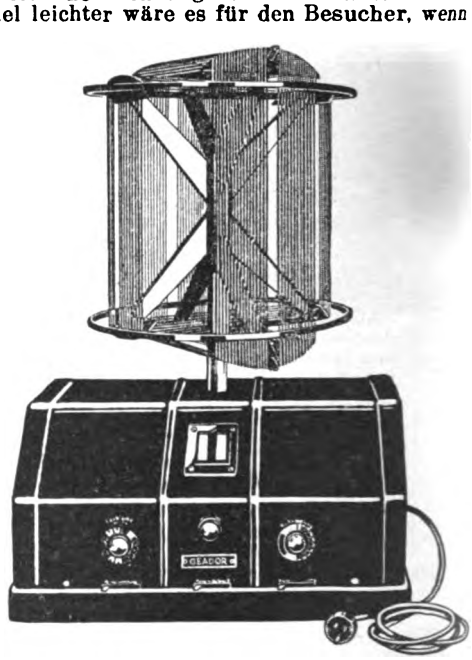


Abb. 5. AEG-Empfänger mit 5 Röhren und Rahmenantenne.

schöner, zweckmäßiger und billiger geworden, aber ihre Entwicklung vollzog sich genau in der Richtung, die schon vor 1 ... 2 Jahren vorauszusehen war.

Durch den Anbau neuer Hallen sind die Ausstellungsräume zu einem riesigen den Funkturm umgebenden Viereck angewachsen. Ein erheblicher Teil der Fläche war von der Post und der Reichsrundfunk-Gesellschaft in Anspruch genommen, die nicht nur eine große Menge statistischen Materials, sondern auch viele Schaltungen, Geräte und Verfahren (z. B. Quellen und Bekämpfung der Rundfunkstörungen) durch geschickte Darstellung dem Verständnis der breiten Masse nahezubringen versuchten. Leider muß wie schon früher an dieser Stelle

vollständige Geräte (Funkempfänger, Sprechmaschinen), Einzelteile (Kondensatoren, Lautsprecher, Batterien usw.), Vorfabrikate (Drähte, Preßteile) und Werkzeuge (Lötkolben, Meßgeräte, Wickelmaschinen) gesondert finden würde! Dabei könnte es immer noch jedem Aussteller frei bleiben, sich für eine beliebige oder mehrere dieser Gruppen zu entschließen.

Unter den wenigen Neuerungen war vielleicht die auffälligste im Gebiet der Röhren zu verzeichnen, nämlich die flachen Stabröhren von Telefunken und Valvo mit außenliegendem „Gitter". Abb. 1 zeigt sie in Ansicht, Abb. 2 im Querschnitt. Der Vorschlag, die Steuerelektrode als Außenbelegung auszubilden — sie ist aufgespritzt — ist so alt wie die Röhren selbst. Doch hat erst die flache Bauart es ermöglicht, den Einfluß der Steuerung auf die

[1] Bericht über die Ausstellung des Vorjahres: ETZ 1929, S. 1519.

Digitized by Google

Elektronen hinreichend groß, also den Durchgriff klein zu machen. Die Stabröhren werden in zwei Arten hergestellt, als Audion mit Gasfüllung und als Widerstandsverstärker-Röhren mit Hochvakuum. Die Heizung der Glühkathode geschieht mit 1 V direkt. Die Außenelektrode bringt manche Eigentümlichkeit gegenüber gewöhnlichen Röhren mit sich. Ein Gitterableitwiderstand ist nicht erforderlich und die Heizung kann mit Wechselstrom oder schlechtem Gleichstrom erfolgen, ohne daß Störgeräusche auftreten. Diese Vorteile, die Kleinheit und der billige Preis (wohl nur durch die Unabhängigkeit vom Lieben-Patent bedingt) dürften den Stabröhren die Anwendung für einfachere Rundfunkempfänger sichern. Einige solche Geräte von Klenk, Seibt, Telefunken u. a. fanden sich bereits auf der Ausstellung. — Die Verwendung von Schirmgitterröhren sowohl als Hochfrequenz-Verstärker wie als Endverstärker hat weitere Fortschritte gemacht. Sie leisten angenähert so viel wie zwei Stufen einer gewöhnlichen Verstärkerröhre. Den inneren Aufbau einer solchen Röhre mit 3 Gittern stellt Abb. 3 dar, die größte Type (Valvo) ergibt eine Anodenverlustleistung von 25 W, was eine Sprechleistung von etwa 3,5 W bedeutet.

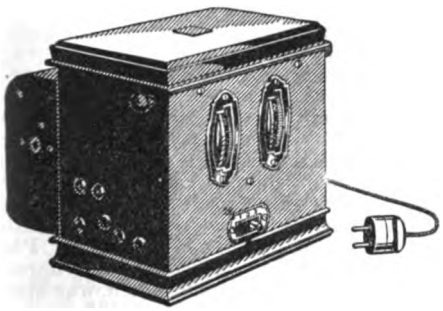


Abb. 7. Empfänger T 31 S/A von Telefunken.

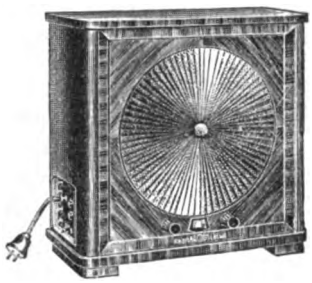


Abb. 8. Empfänger mit Lautsprecher der Radio AG. Loewe.

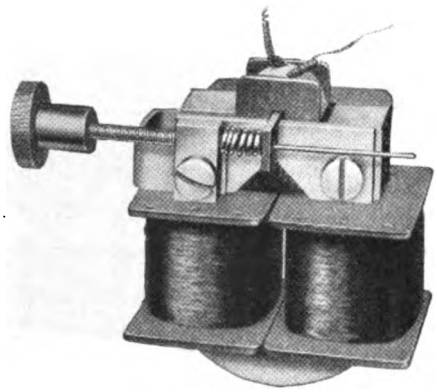


Abb. 9. Lautsprecherantrieb von Signalbau Dr. Huth.

Auch für das Audion werden öfters Schirmgitterröhren verwendet, wenn es eine größere Hochfrequenzleistung zu verarbeiten hat („Kraftaudion").

Von den **Rundfunkempfängern** ist zu sagen, daß sie im allgemeinen preiswerter und leistungsfähiger und im Äußeren geschmackvoller geworden sind. Es kann nicht verhehlt werden, daß manche Firmen den Preis auf Kosten der Qualität der Innenteile gedrückt haben; doch sind dies Ausnahmen. Empfänger mit Batteriebetrieb werden von vielen Firmen überhaupt nicht mehr hergestellt[2]. Netzanschlußgeräte sind namentlich für den Laien bequemer, und das ist ausschlaggebend. Ihre Empfindlichkeit auf größere Spannungsschwankungen wäre nebensächlich, wenn die Elektrizitätswerke, besonders auf dem Lande, die Spannung ebenso konstant wie den Kilowattstundenpreis halten würden. Es ist beschämend, daß eigens Vorrichtungen gebaut werden müssen, um diese Fehler auszugleichen, sei es durch regelbare Vorschaltwiderstände oder selbsttätig durch einen Transformator besonderer Bauart (Dietz & Ritter).

Mit Schirmgitterröhren ausgestattete Empfänger ergeben schon mit 2 Röhren einen lautstarken Orts- und Bezirksempfang, mit 3 Röhren werden sie teils in der Schaltung Audion — zweifach Niederfrequenz gebaut und geben dann große Lautstärke (so meist in Verbindung mit Sprechmaschinen), teils in der Schaltung Hochfrequenz—Audion—Niederfrequenz, womit sich schon recht guter Fernempfang erzielen läßt, infolge der Anwendung zweier Abstimmkreise auch mit beträchtlicher Trennschärfe. Apparate letzterer Art, mit deren weiter Verbreitung zu rechnen ist, zeigten fast alle größeren Firmen, Nora und Tefag löblicherweise mit eingebautem Sperrkreis, der in der Nähe eines Ortsenders sehr nützlich ist. Als Beispiel sei der Eswe 3 des Sachsenwerks (Abb. 4) in offenem Zustande vorgeführt. Auf dem Bilde erkennt man links die Gleichrichtröhre, rechts die Hochfrequenz-Schirmgitterröhre und in der Mitte Audion- und Ausgangsröhre. Auch Vierröhrengeräte machen meist von Schirmgitterröhren Gebrauch und genügen dann allen praktischen Ansprüchen auf Empfindlichkeit. Doch bauen z. B. AEG und Lorenz für Rahmenempfang auch Dreikreisempfänger mit 5 Röhren, davon 2 Hochfrequenz-Schirmgitterröhren (Abb. 5). Die neuen Empfänger von Siemens & Halske sind zwecks bequemeren Einstellens und Ablesens mit Riesenskalen ausgerüstet (Abb. 6). Bei dem recht kleinen Dreiröhrengerät (Abb. 7) von Telefunken für Gleichstrom hat man es mit Rücksicht auf die Wärme der Vorschaltlampe zweckmäßig gefunden, den Netzanschlußteil in einem gelüfteten Kasten hinter dem Gerät anzubringen statt wie sonst im Innern desselben. Der Superhetero-

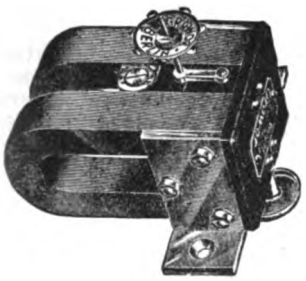


Abb. 10. Doppelmagnet-Vierpol-Lautsprecherantrieb von Grass & Worff.

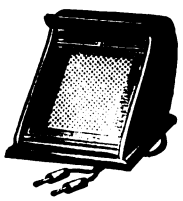


Abb. 12. Statola-Lautsprecher von A. Rauser.

Abb. 11. Oszillophon-Schatulle der Idealwerke AG.

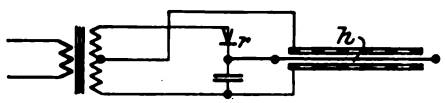


Abb. 13. Schaltung des Statola-Lautsprechers.

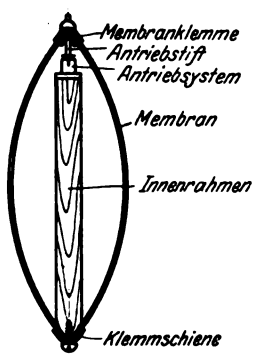


Abb. 14. Querschnitt durch das Symetrophon der Symetrophonfabrik, Leipzig.

[2] In der Z. Deutsch. Funkgesellschaft gibt Dr. Borchardt an, daß 37 Geräte für Batterie-, 99 für Gleichstrom- und 253 für Wechselstrom-Netzanschluß ausgestellt waren.

Digitized by Google

dyn-Empfänger ist wegen seiner unbequemen Bedienung fast ganz verschwunden; seine Zukunft liegt vielleicht auf dem Gebiet der kurzen Wellen, wo die Hochfrequenzverstärkung Schwierigkeiten bereitet. Kofferempfänger gab es in weniger Modellen als voriges Jahr, nur drei oder vier.

Der Zusammenbau eines Zwei- oder Dreiröhren-Netzanschlußempfängers mit dem Lautsprecher in der wohl von den Idealwerken zuerst angewandten Form bürgert sich immer mehr ein. In dem Geräte von Loewe (Abb. 8) sind die 3 Röhren bekanntlich in einem gemeinsamen Glaskörper untergebracht.

Abb. 15. Sprechmaschinenantrieb der Frey-Radio G. m. b. H.

Auch mit der Verbindung von **Sprechmaschine und Funkempfänger** in Form von Schatullen, Truhen und Schränken befassen sich immer mehr Firmen. Der Antrieb des Plattentellers erfolgt nur bei kleineren Geräten mechanisch, bei den größeren durch Elektromotor. Der Lautsprecher ist nicht immer eingebaut, da für ihn häufig eine gesonderte Aufstellung günstiger ist, namentlich in öffentlichen Lokalen. Als Beispiel von Schatullen seien das mit einigen Finessen ausgestattete „Graetzophon" und die der Idealwerke AG. (s. weiter unten) genannt. Eine Firma (Haus der Technik, Bremen) hat sogar Piano, Phono und Radio vereinigt; das erinnert an die berüchtigten Universalwerkzeuge.

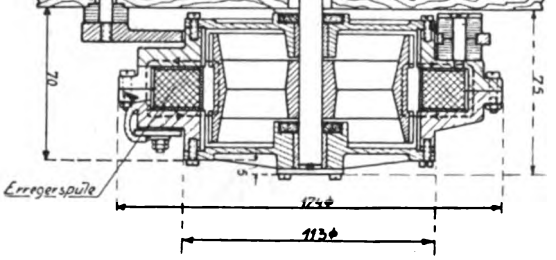


Abb. 16. Synchronmotor von Sander & Jantzen, Längsschnitt.

An **Lautsprechern** gibt es nichts grundsätzlich Neues. Der elektromagnetische Vierpol-Lautsprecher, bei dem der Stabmagnet in der einen, der bewegliche Anker in der anderen Diagonale eines magnetischen Wheatstone-Viereckes liegt, behauptet seinen Platz und wird immer stärker gebaut, so daß er mit seiner Leistung ungefähr der kleinsten Type dynamischer Lautsprecher gleichkommt. Die Signalbau-AG. Dr. E. F. Huth hat dabei mit Erfolg den Stahlmagnet durch einen Elektromagnet ersetzt (Abb. 9). Neuerdings findet man oft zwei Stahlmagnete, was bezüglich Streuung etwas günstiger ist als die Teilung des Kraftflusses eines Magneten (Abb. 10). Sog. Induktor-Lautsprecher nach Farrand, bei denen sich der Anker parallel zu den Magnetpolen verschiebt, werden von H. Grau, Konski & Krüger und der Neufeldt & Kuhnke G. m. b. H. auf den Markt gebracht. Eine Firma, die einen 60poligen Lautsprecher anpreist, nennt ihn nur deswegen so, weil die Polschuhe geblättert sind! Tefag stellt einen dynamischen Lautsprecher aus, bei dem das Feld nicht wie gewöhnlich stromerregt ist, sondern von einem anscheinend gegossenen, sehr kräftigen Stahlmagnet geliefert wird. Den von H. Vogt in jahrelanger Arbeit vorzüglich durchgebildeten elektrostatischen Lautsprecher „Oszillophon" benutzen die Idealwerke AG. insbesondere für Truhen (Abb. 11); sein geringes Gewicht erweist sich für den Einbau in den Deckel vorteilhaft. Ebenfalls elektrostatisch ist der kleine „Statola"-Lautsprecher der Firma A. Rauser, Berlin (Abb. 12), mit einer Membranfläche von 80 × 110 mm, der gerade Zimmerlautstärke ergibt. Das Interessanteste an ihm ist seine Schaltung (Abb. 13). Die erforderliche statische Vorspannung für die Membran *h* wird nämlich aus dem Sprechstrom selbst durch einen kleinen eingebauten Glimmgleichrichter *r* gewonnen; es sind daher nur 2 statt 4 Zuleitungen erforderlich. Eine neue Form einer Lautsprechermembran, in der Wirkung dem Falz und Sektorphon ähnlich, ist im Symetrophon verwendet (Abb. 14, Symetrophonfabrik Leipzig). Als Vorteil ist die schmale Form anzusehen.

Für den elektrischen **Antrieb von Sprechmaschinen** gibt es zahlreiche Bauarten, von denen jede ihren Vor- und Nachteil hat. Sowohl für Gleich- als auch für Wechselstrom anwendbar sind schnell laufende Motoren mit bzw. ohne Kommutator, wobei zur Übersetzung auf den Plattenteller ein Gummiriemen oder ein Schneckentrieb dient. Wenn der Motor stark genug ist, kann auf einen Fliehkraftregler verzichtet werden. Beim Riemen ist die Dehnbarkeit störend; auch die Schnecke gilt nicht als verläßliches Element. Man neigt daher dazu, Plattenteller und Motor auf derselben Welle anzuordnen, was einen langsamlaufenden (78 U/min) schwereren Motor verlangt. Er besitzt entweder einen Kommutatoranker (z. B. Elektromophon) oder eine Ferrarisscheibe (Frey-Radio G. m. b. H. [Abb. 15], Wünsch & Marcrander, Leipzig), wobei ein schneller laufender Fliehkraftregler unentbehrlich ist; oder aber es ist ein Synchronmotor mit 77 Polen, wie ihn die C. Lorenz AG. schon im Vorjahre hatte und ihn neuerdings Sander & Jantzen in anscheinend noch günstigerer Ausführung (Stator und Rotor aus Gußeisen gefräst [Abb. 16]) bringen.

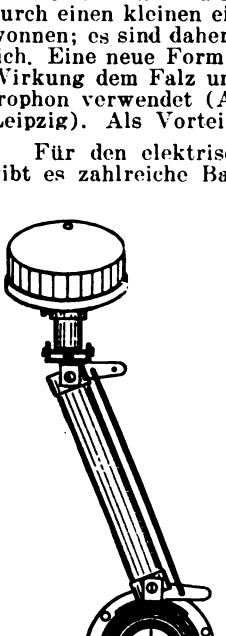


Abb. 17. Tonarm der Merkur V. G. m. b. H.

Die elektrischen **Tonabnehmerdosen** für Schallplatten haben keine merkbare Veränderung erfahren. Bei der althergebrachten Kreisführung des Schallarmes ändert die Nadel vom Anfang bis zum Ende einer Platte ihren Winkel gegen die Schallrille. Diesen kleinen Fehler beseitigen parallelogrammartige Führungen von Dr. Mozar, Frankfurt a. M., und der Merkur V. G. m. b. H. (Abb. 17).

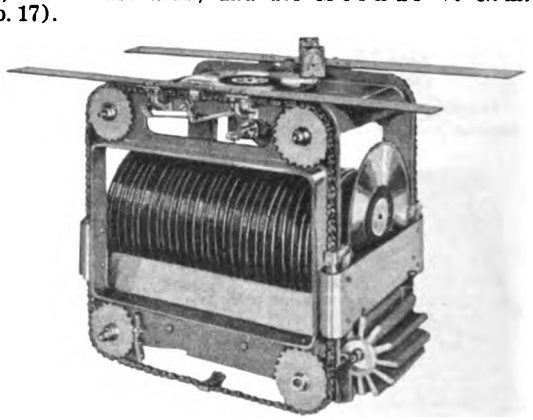


Abb. 18. Selbsttätiger Plattenaufleger von Konski & Krüger.

Von rein mechanischen **Sprechmaschinen** ist erwähnenswert ein Kofferapparat der Wurzener Metallwarenfabrik G. m. b. H., welcher durch geschickte Ausbalancierung des Schallarmes in jeder Lage spielt, und ein solcher der H. Thorens AG., der in zusammengelegtem Zustand nicht viel größer als eine Rollfilmkamera ist und weniger als 2 kg wiegt. Die Polak Apparatebau AG., Berlin, stellt einen an vorhandenen Schallplattenapparaten anbringbaren Zusatz her, mit dem man selbst auf wachsbedeckten Kartonplatten Sprache aufnehmen und wiedergeben kann. Er kostet mit zwei Membranen und Saphirstift nur 20 RM! Denselben Zweck hat das Literaphon, ist aber viel besser und auch für elektrischen Verstärker gebaut. Ein selbsttätiger Plattenaufleger von Konski & Krüger, Berlin (Abb. 18), ist zum Einbau in Truhen bestimmt und spielt der Reihe nach 32 Platten

Digitized by Google

beiderseits ab, entweder selbsttätig oder auf jedesmaligen Münzeinwurf. Eine dafür verwendete amerikanische Nadel, vermutlich mit Spitze aus Wolframkarbid, soll 2000 Platten lang aushalten (?).

Zubehörteile. Über Drehkondensatoren und Spulen ist nichts zu berichten. Paraffinpapier-Kondensatoren werden kleiner und zuverlässiger als früher hergestellt, so daß z. B. ein solcher der Nürnberger Schraubenfabrik von 1 µF, Prüfspannung 1500 V Gleichstrom,

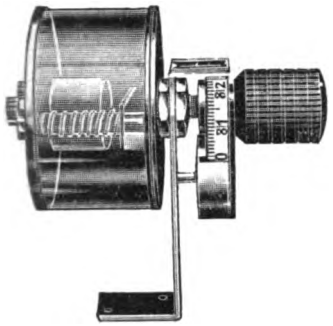


Abb. 19. Regelbarer Hochohmwiderstand von Erich & Graetz.

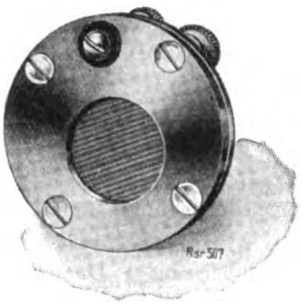


Abb. 20. Pyroxyd-Photozelle der Radiosender G. m. b. H.

nur 55 × 35 × 30 mm mißt. Trockenelektrolyt-Kondensatoren (Südd. Apparate-Fabrik G. m. b. H., G. Wandel), deren Kapazität bekanntlich sehr groß bei kleiner Durchschlagfestigkeit ist, gibt es jetzt in Reihenschaltung für Spannungen bis 500 V. Den Kupferoxydul-Gleichrichtern haben sich Selengleichrichter (Südd. Apparate-Fabrik) hinzugesellt, die bessere Leistung bei größerer Lebensdauer ergeben sollen. An ihren regelbaren Hochohmwiderständen haben Ehrich u. Graetz eine zweckmäßige Neuerung angebracht, eine sich aufwickelnde Bandskala, so daß die Ablesung trotz mehrerer Umdrehungen der Preßschraube eindeutig ist (Abb. 19). Um bei dünndrähtigen Regelwiderständen und Potentiometern den Draht nicht durch den Schieber zu verletzten, legt J. Preh ein dünnes Blech dazwischen, welches immer nur an einer Stelle an den Draht angedrückt wird.

Dem **Fernsehen** war wieder ein verdunkelter Kuppelraum gewidmet. Als Symbol stand hier ein Bildhauerwerk, ein nacktes Mädchen, das, mit den Händen die Augen beschattend, zuversichtlich ins Weite blickt. Möge sie nicht allzulange auf einen brauchbaren Fernseher warten! Denn wenn es auch Telefunken gelungen ist, das Spiegelrad viel kleiner als bisher zu bauen und sonst noch kleine Fortschritte zu verzeichnen sind, der praktischen Einführbarkeit hat man sich nur wenig genähert. O. Preßler hat das Empfindlichkeitsmaximum der Vakuum-Photozellen mehr in den sichtbaren Teil des Spektrums verlegen können (Cäso-Preßzelle). Ganz neu ist die Pyroxyd-Photozelle der Radiosender G. m. b. H. (Abb. 20), deren Empfindlichkeitsmaximum im Infrarot liegt und die nicht wie die bekannten Photozellen ihren Widerstand bei Belichtung ändert, sondern bei kleinem inneren Widerstande eine der Lichtstärke proportionale Spannung liefert.

Abb. 21. Audimeter von D. Bercovitz & Sohn.

An **Meßgeräten** sind sehr empfindliche Wechselstrominstrumente zu erwähnen, deren Bau durch den Kupferoxydul-Gleichrichter möglich geworden ist. D. Bercovitz & Sohn brachten ein „Audimeter" nach Dr. Asch (Abb. 21), mit dem man objektiv die Ausgangsleistung von Empfängern und Verstärkern sowie deren Frequenzcharakteristik messen kann.

Elektrische Boden- und Luftheizung und elektrischer Frostschutz in Treibbeeten und Treibhäusern.

Von C. **Feldmann**, Delft.

Im Winter und Frühjahr 1929/30 sind auf Kosten der städtischen Elektrizitätswerke Haag, Delft und Rotterdam, zu deren Versorgungsgebiet das auf Erzeugung von Frühgemüse eingestellte Westland gehört, in einer auf kooperativer Grundlage errichteten Versuchsanlage in Naaldwijk drei Versuchsreihen ausgeführt worden, um den Einfluß der künstlichen Beleuchtung, der Bodenbeheizung von warmen, und des Frostschutzes von kalten (d. h. nicht künstlich erwärmten) Treibhäusern zu untersuchen. Die elektrischen Einrichtungen wurden durch das Centraalbureau der Vereeniging van Directeuren van Electriciteitsbedrijven in Nederland zu Arnhem entworfen, das auch die Aufsicht über den technischen Teil der Versuche führte, während der landwirtschaftliche Teil unter Leitung des Reichslandbaukonsulenten Ingenieur Riemens stand.

1. Einfluß des Kunstlichtes auf junge Pflanzen.

Schon früher sind in den Niederlanden Versuche über den Einfluß des Kunstlichtes unternommen worden, die meistens günstig ausfielen. Unsicher war dabei, ob der günstige Einfluß die Folge der Licht- oder der Wärmestrahlung der Glühlampen war. In Sappemeer (Prov. Groningen) waren die Ergebnisse bei jungen Tomaten so günstig, daß man zur praktischen Anwendung schritt; in den folgenden Jahren waren die Resultate aber weniger ermutigend. In Naaldwijk wurde dafür gesorgt, daß unbeabsichtigte Wärmestrahlung vermieden wurde. Man erwärmte die verschiedenen Abteilungen des Treibhauses oder Treibbeetes durch die vorhandene Warmwasseranlage bis etwas unterhalb der erwünschten Temperatur und fügte eine durch Thermostate bediente elektrische Bodenbeheizung hinzu. Hierfür diente ein später zu beschreibendes Bodenheizkabel in Längen von etwa 100 m.

Zur Beleuchtung dienten gasgefüllte Osramlampen von je 500 W und Osram-Vitaluxlampen von 500 W, die bei etwas höherer Glühfadentemperatur durch eine besondere Glasbirne 1½ ... 2mal soviel ultraviolette Strahlung ergeben als das Sonnenlicht im Sommer in diesen Breiten. Die Versuchshäuser hatten alle 3,5 × 3,2 m² Bodenfläche bei im Mittel 2,75 m Höhe, eine elektrische Heizinstallation von 2,1 kW für die inneren und von 3,6 kW für die äußeren Abteilungen und je zwei Lampen von 500 W. Diese wurden nachts 1 h durch Schaltuhren der AEG in Betrieb gesetzt und spätestens morgens 6 h 30 m gelöscht, um auf diese Weise einerseits den Anschluß an das Tageslicht zu erzielen, anderseits billigen Nachtstrom verwenden zu können und den Pflanzen auch etwas Ruhe zu lassen. Andere Teile der Anlage waren von F. Klöckner, Köln, und von Hazemeyer, Hengelo.

Gurken und Tomaten wurden am 27. XII. 1929 gesät. Sobald die Keime sich zeigten, wurde die Beleuchtung angestellt. Die Keimblätter der beleuchteten Pflänzchen waren grüner und größer als die der nicht bestrahlten, auch wuchsen die ersten rascher; aber die Entwicklung war unregelmäßig, die Blätter zu langgereckt und schmal, trotz im übrigen schöner Pflanzen. Die Schlußfolgerungen von Ing. Riemens sind: Das Licht hat, besonders in den dunklen Monaten November und Dezember, großen Einfluß auf das Wachstum; nach dem 15. I. 1930 holten die nicht bestrahlten Gurken den Vorsprung der anderen beinahe ein. Selbst eine Bestrahlung von langer Dauer (5½ h) mit 1000 Kerzen auf 10 m² hatte keinen schädlichen Einfluß. Die Ursachen des unregelmäßigen Wachstums müssen noch erforscht werden. Am 7. II. 1930 waren die Verhältnisse wie in nachstehender Tafel angegeben (V = Vitalux; O = Osram; O u. V = abwechselnd O oder V):

Abteilung	9	6	5	4	3
bestrahlt mit	—	V	O u. V	V	O
während	—	1½	5½	5½	5½ h
max. Breite 4. Blatt	12,3	12	13,2	12,7	12,5 cm
Höhe	16,5	19,7	31,2	30,6	19,4 „

Digitized by Google

2. Bodenheizung.

Die zweite Untersuchung galt der Frage, ob elektrische Bodenbeheizung den Pferdedung ersetzen könne, wie dies besonders in Schweden mit Erfolg geschieht. Diese Versuche wurden bereits im Frühjahr 1929 an drei verschiedenen Stellen unter Mitwirkung der Zentralen unternommen ohne deutlich formulierbare Ergebnisse. Die Bodenbeheizung kann für Holland mit seiner stark entwickelten Gemüsezucht und seinem dichten Verteilungsnetz bei Verwendung von Nachtstrom große Bedeutung erlangen. Qualitativ waren die Ergebnisse jedoch günstig, so daß man sie im Frühjahr 1930 in drei anderen Versuchszüchtereien wiederholte. In Naaldwijk wurde in jedem Warmbeet ein langer röhrenförmiger Thermostat angebracht, der die Bodenheizung ausschaltet, sobald die erwünschte Temperatur erreicht ist. Ebenso arbeitet in einigen Warmbeeten ein Luftthermostat, der die Heizung ein- oder ausschaltet. Das Heizkabel besteht aus einem mit Asbestschnur isolierten Widerstandsdraht mit nacktem oder durch äußere Faserhülle geschütztem Bleimantel und wurde von der N. V. Nederlandsche Kabelfabriek zu Delft zur Verfügung gestellt. Das Luftheizkabel hat nackten, das Bodenheizkabel isolierten Bleimantel. Im ganzen sind in Naaldwijk 16 Warmbeetreihen, jede mit 13 Glasscheiben und je $1{,}5 \times 10{,}4$ m² Fläche, wovon in je vier Beeten ausschließlich Bodenheizung, Boden- und Luftheizung, Pferdedung und Bodenheizung angewendet wurden, während das dreizehnte Kontrollbeet nur Pferdedung erhielt. In unserem Klima muß man etwa 150 .. 180 W/m² für Bodenbeheizung und außerdem 60 .. 100 W/m² für Luftheizung installieren. Die Bodenkabel sind 6 ... 8mal zickzackförmig in der Längsrichtung des Warmbeetes etwa 30 cm tief gelegt. Die günstigste Tiefe wird noch untersucht. In Schweden bringt man unter das Heizkabel einen Wärmeschutz von Holzkohlengrus[1], hier in Holland hat man Torfmull verwendet. Da jedoch die früheren Versuche darauf hinwiesen, daß diese wärmeisolierende Schicht das Wachstum der Pflanzen ungünstig beeinflußt, hat man sie in Naaldwijk weggelassen und die Kabel weder in Drainierröhren gelegt noch mit halben Entwässerungsröhren aus gebranntem Ton abgedeckt, obwohl man dies in Schweden zu tun pflegt. Die landwirtschaftlichen Sachverständigen befürchteten, das kapillare Gefüge des Bodens zu zerstören.

Das Ergebnis dieser Versuche ist ermutigend. Pferdedung kann sehr gut durch elektrische Erwärmung ersetzt werden, ohne daß bisher Wachstumstörungen oder zu starke Trockenheit des Bodens in diesem wasserreichen Lande aufgetreten wären. Die gemischte Boden- und Lufterwärmung ist bei weitem die günstigste. Über die Rentabilität kann noch kein Urteil abgegeben werden.

Die Versuche wurden am 27. II. 1930 mit einer Bodentemperatur von 50 °F = 10 °C begonnen. Am 4. III. 1930 zeigte ein 15 cm unter der Oberfläche angebrachtes Bodenthermometer die für Gurpen höchstzulässige Temperatur von 70 °F = 21,1 °C an. Am 7. III. wurden die Stecklinge eingebracht. Die Pflanzen setzten sofort an, besonders in den Warmbeeten mit gemischter Luft- und Bodenheizung, die von abends 10 h bis morgens 7 h ständig auf 70 °F gehalten wurden. Das Wachstum dieser Pflanzen war ausgezeichnet und schon am 9. IV., d. h. 33 Tage nach dem Stecken, wurden die ersten drei Früchte geerntet, was eine Rekordleistung in bezug auf Schnelligkeit ist. Die Kontrollbeete waren ärmlich, weil am 7. III. beim Stecken die Bodentemperatur nur 55 °F = 12,8 °C betrug, also viel zu niedrig war. Sie stieg auch nur langsam an, trotzdem in jedes Beet für 2 RM Pferdedung eingebracht worden war. Schließlich gingen diese Pflanzen ein und wurden am 26. III. durch andere ersetzt, die gut wuchsen, weil der Dung inzwischen in Gärung gekommen war und der Boden 62 °F = 16,7 °C hatte.

Am 14. IV. 1930 waren geerntet:

in Treibbeeten mit nur Pferdedung: nichts	1. Sorte	2. Sorte	3. Sorte
nur Bodenheizung	1	2	—
Bodenheizung + Dung . . .	3	2	4
Bodenheizung + Luftheizung .	36	12	4

Auffallend ist nicht nur der Vorsprung in der Anzahl, sondern auch das Übergewicht der ersten Sorte bei gemischter Luft und Bodenheizung. Wurde die Heizung um ½7 h abgesetzt, dann stieg die Temperatur über Tag und erreichte um 2 h ein Maximum, auch an dunklen Tagen.

3. Frostschutz.

Ein dritter wichtiger Versuch betraf den Frostschutz des sogenannten „kalten" Gewächshauses. Ein Westländer Treibhaus von $33{,}5 \times 37$ m² erhielt in Abständen von etwa 3 m Heizkabel parallel der Längsrichtung in Abständen von etwa 15 ... 20 cm über dem Boden. Sie sind an den eisernen Tragpfählen befestigt, und zwar vier Kabel je Pfahlreihe, die zwei verschiedenen Gruppen angehören. Der erste Thermostat, der die eine Hälfte ein- oder ausschaltet, ist so eingestellt, daß der Strom angesetzt wird, sobald die Temperatur im kältesten Teil des Gewächshauses unter 4 °C fällt; er wird wieder ausgeschaltet, sobald sie bis 5,5 °C gestiegen ist. Die Leistung dieser Heizeinrichtung beträgt 24 kW. Da jedoch kein Anhaltspunkt über den möglichen Bedarf eines so großen Raumbestand, wurde eine zweite Reihe installiert, deren Thermostat jedoch erst einschaltet, wenn die Temperatur auf 2 °C gefallen ist. Bei starkem Nachtfrost muß die zweite Hälfte, ebenfalls mit 24 kW Leistung, also zu Hilfe kommen.

Es ist leicht einzusehen, daß diese nicht teure Anlage günstige Aussichten eröffnet, da sie den Verlust durch Frost verhütet. Die Betriebskosten werden im allgemeinen nicht hoch, da die Thermostaten nur bei Frostgefahr einschalten.

[1] Dies erwähnt auch L. Riefstahl, AEG-Mitt. 1930, S. 344, in einem lesenswerten Artikel über elektrische Bodenbeheizung.

Umschaltung in städtischen Gleich- und Drehstromnetzen unter besonderer Berücksichtigung der Berliner Verhältnisse*.

Von Dipl.-Ing. **A. Plüer**, Berlin.

Übersicht. Geschildert werden die Gründe und die praktische Seite verschiedener Umschaltungsarten (Spannungserhöhung im Gleichstromnetz von 2×110 auf 2×220 V, im Drehstromnetz von 3×120 auf 3×220 V, 3000 auf 6000 V und Umschaltung von Gleichstrom 2×220 V auf Drehstrom 380/220 V). Es wird ein Ausblick auf die gesamten Netzverhältnisse der Vergangenheit und Zukunft in Groß-Berlin gegeben, wobei auch die Einführung des beabsichtigten Zweispannungsnetzes gestreift wird. Die Rechtslage bei der Verteilung der Kosten der Umschaltung wird an Hand der Erfahrungen und mit Hilfe eines Gerichtsurteils geklärt.

Die installationstechnische Seite der Umschaltungsarten wird ebenfalls berührt und über die gesammelten Erfahrungen einiges mitgeteilt. Statistisches Material ergänzt die Ausführungen.

Wenn im Rahmen des allgemein gehaltenen Themas besonders die Berliner Verhältnisse behandelt werden, so bedeutet dies wohl kaum eine Einschränkung, da die Zustände gerade in der Reichshauptstadt so mannigfaltig und z. T. außerordentlich schwierig waren, daß damit auch ein größerer Teil der Fragen, die an andere Elektrizitätswerke herangetreten sind, erfaßt wurde. Die Entwicklung in der Abgabe elektrischer Arbeit in den letzten Jahren ist trotz häufig nicht günstiger Wirtschaftskonjunktur eine derart umfangreiche gewesen, daß die Versorgung über Gleichstromnetze vielerorts auf bedeutende Schwierigkeiten stieß, die im einzelnen eingehend behandelt werden sollen.

Um einen Überblick über die Entwicklung vor allem der Kleinabnehmer-Anlagen in den letzten Jahren zu bekommen, ist Abb. 1 heranzuziehen. Gleichzeitig soll auch die voraussichtliche Weiterentwicklung des Stromabsatzes innerhalb der Reichshauptstadt gezeigt werden.

Abb. 2 stellt den Belastungsverlauf in den Tagen des Maximums der Jahre 1896 und 1923/29 gegenüber. Klar geht die außerordentliche Steigerung vor allem auch im Laufe der Jahre nach der Inflation aus dem Bilde hervor.

Zu einem großen Teil ist die Steigerung der Energieabgabe auf die Entwicklung in der Anschlußbewegung von Wohnungsanlagen zurückzuführen. Während heute wohl schon sämtliche Läden und Geschäfte und auch der weitaus

* Nach einem Vortrag, gehalten im Elektrotechnischen Verein am 8. IV. 1930.

Digitized by Google

größte Teil sämtlicher Büros elektrischen Anschluß besitzen, ist das bei den Wohnungen noch nicht der Fall. Die in Berlin durchgeführten statistischen Untersuchungen, die 1925 und 1928 ausgeführt wurden, lassen erkennen, wie sich die Anschlußbewegung der Wohnungsanlagen in diesen Jahren auswirkte. Zahlentafel 1 gibt hierfür die entsprechenden Zahlen.

Zahlentafel 1. Elektrisch versorgte Wohnungen in Groß-Berlin.

Versorgungsgebiet des E.-W.	3. V. 1925			10. X. 1928		
	Gesamtzahl der Wohnungen	mit Elektrizität versorgte Wohnungen Anzahl	%	Gesamtzahl der Wohnungen	mit Elektrizität versorgte Wohnungen Anzahl	%
BEWAG . . .	1 039 151	251 918	24,24	1 048 340	550 612	52,52
E.-W. Südwest .	99 918	53 513	53,56	104 398	77 288	74,3
B. V. E. W. . .	26 426	11 711	44,32	27 099	15 956	58,88
M. E. W. . . .	2 313	1 790	77,39	7 388	6 897	93,35
Groß-Berlin . .	1 167 808	318 932	27,32	1 188 364	650 753	54,84

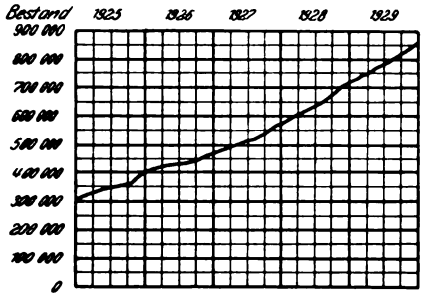


Abb. 1. Bestand an Zählern für Niederspannungsabnehmer in den Jahren 1925/29.

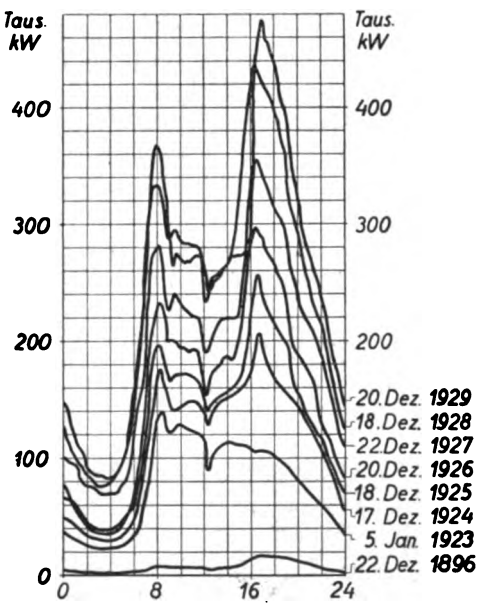
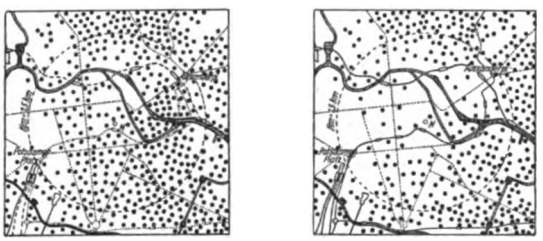


Abb. 2. Belastungsverlauf an den Tagen des Maximums der Jahre 1896, 1923/29.

Das Versorgungsgebiet der BEWAG umfaßte zu den Zeiten der statistischen Untersuchungen die gesamten Bezirksämter Berlins mit Ausnahme der Bezirke Schöneberg, Schmargendorf und Wilmersdorf, die vom Elektrizitätswerk Süd-West AG., Berlin-Wilmersdorf, Motzstraße 48, versorgt wurden, und der Stadtteile Grunewald, Dahlem, Südende, Lankwitz, Mariendorf, Marienfelde, Tempelhof, Staaken, Gatow, Pichelsdorf, Tiefwerder und Teilen von Weißensee, die vom Märkischen Elektrizitätswerk AG., Berlin W 62, Keithstraße 15, gespeist wurden.

Man sieht, daß Anfang 1925 im Versorgungsgebiet der BEWAG nur rd. 24,2 % sämtlicher Wohnungen angeschlossen waren. Nach der Statistik aus dem Jahre 1928 (Aufnahmetermin 10. X. 1928) beträgt der Prozentsatz der elektrisierten Wohnungen rd. 52,5 %. Man kann schätzen, daß sich dieser Prozentsatz heute auf etwa 65 % erhöht hat. Aus diesen Zahlen geht der sprunghafte Charakter der Anschlußbewegung sehr deutlich hervor. In anderen deutschen Städten hat sich zweifelsohne eine bedeutend gleichmäßigere Entwicklung vollzogen, da in vielen Orten 1925 schon der Prozentsatz der elektrisierten Wohnungsanlagen auf 85 % und mehr stand. Für die Reichshauptstadt ergaben sich jedoch Verhältnisse, die die Forderung nach Änderung der Versorgungsanlagen um so dringender in Erscheinung treten ließen, als der gesteigerte Stromverbrauch im Jahre 1924 schon zu Störungen im Netzbetrieb der Elektrizitätswerke geführt hatte, die teilweise äußerst unangenehmer Natur waren.

Jedoch nicht nur der Stromverbrauch der neu hinzugekommenen Anlagen war von Bedeutung, sondern auch der Mehrbedarf der alten Abnehmer, der durch die von Jahr zu Jahr wachsenden Anwendungsgebiete der Elektrizität infolge der mit ihr verbundenen Annehmlichkeiten stieg. Anderseits verschoben sich die Belastungsverhältnisse innerhalb der Stadtgebiete ebenfalls stark. Die Wohngegend, die ursprünglich mehr in der Nähe des Zentrums der Stadt gelegen hatte, verschob sich mehr und mehr an die Peripherie.



1880 1914

Abb. 3. Wohndichte in der Berliner Innenstadt 1880 und 1914.

In diesem Zusammenhang ist Abb. 3 interessant, die die Wohndichte der Innenstadt in den Jahren 1880 und 1914 veranschaulicht.

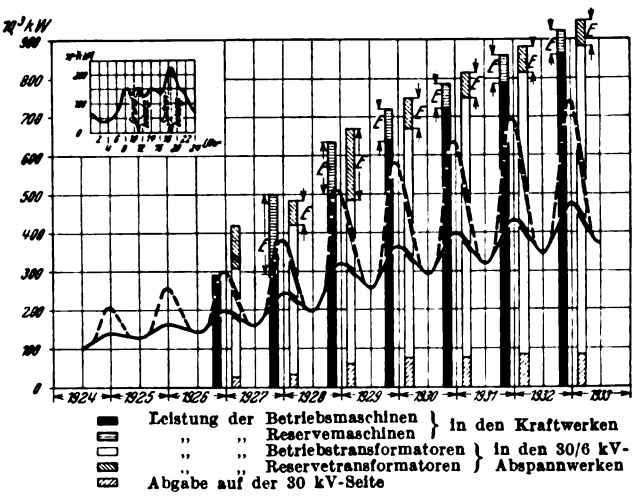


Abb. 4. Voraussichtliche Grund- und Spitzenbelastungen bis 1932.

Wenn auch die Wohndichte im Zentrum stark abgenommen hat, so ist dennoch keine Senkung der spezifischen Belastung eingetreten; vielmehr wächst der Bedarf noch immer von Jahr zu Jahr. Messungen aus dem Jahre 1926 zeigen, daß in dem Quadratkilometer um die Leipziger-Ecke Friedrichstraße eine spezifische Belastung von 20 000 kW vorhanden war, während die Gegend im Westen, in der Nähe der Kaiser-Wilhelm-Gedächtniskirche, auf den gleichen Flächenraum bezogen nur rd. 4000 kW/km² beanspruchte. Die Entwicklung in der Zeit von 1926 bis heute hat die genannten Zahlen noch um ein Bedeutendes steigen lassen.

Unter Berücksichtigung der beiden erwähnten Momente, der Zunahme der Stromabnehmer und des steigenden Anwendungsgebietes der Elektrizität, ist die voraussichtliche Entwicklung des Strombedarfs für die nächsten Jahre errechnet worden, die aus Abb. 4 hervorgeht[1].

[1] Siehe Veröffentlichungen der BEWAG, Reihe II, Bd. 6.

Digitized by Google

Danach beträgt der Zugang der Leistung im Laufe der Jahre

1928	. . .	134 000 kW
1929	. . .	64 000 „
1930	. . .	55 700 „
1931	. . .	57 000 „
1932	. . .	52 300 „
Insgesamt	.	363 000 kW.

Man rechnet also im Jahre 1932 mit einer Spitzenleistung von insgesamt 740 000 kW. Dieser ständig steigende Hunger nach elektrischer Energie zwang jedoch, sowohl die Kraftwerke weiter auszubauen als auch um Stromlieferung von Fernkraftwerken besorgt zu sein. Dem Ausbau der Verteilungsanlagen und des Leitungsnetzes mußte ebenfalls eine erhöhte Aufmerksamkeit geschenkt werden, um früh genug alle Teile den zu erwartenden Ansprüchen entsprechend zu verstärken. Diese Entwicklung stellt im großen und ganzen den Grund zu der notwendigen Umschaltung dar.

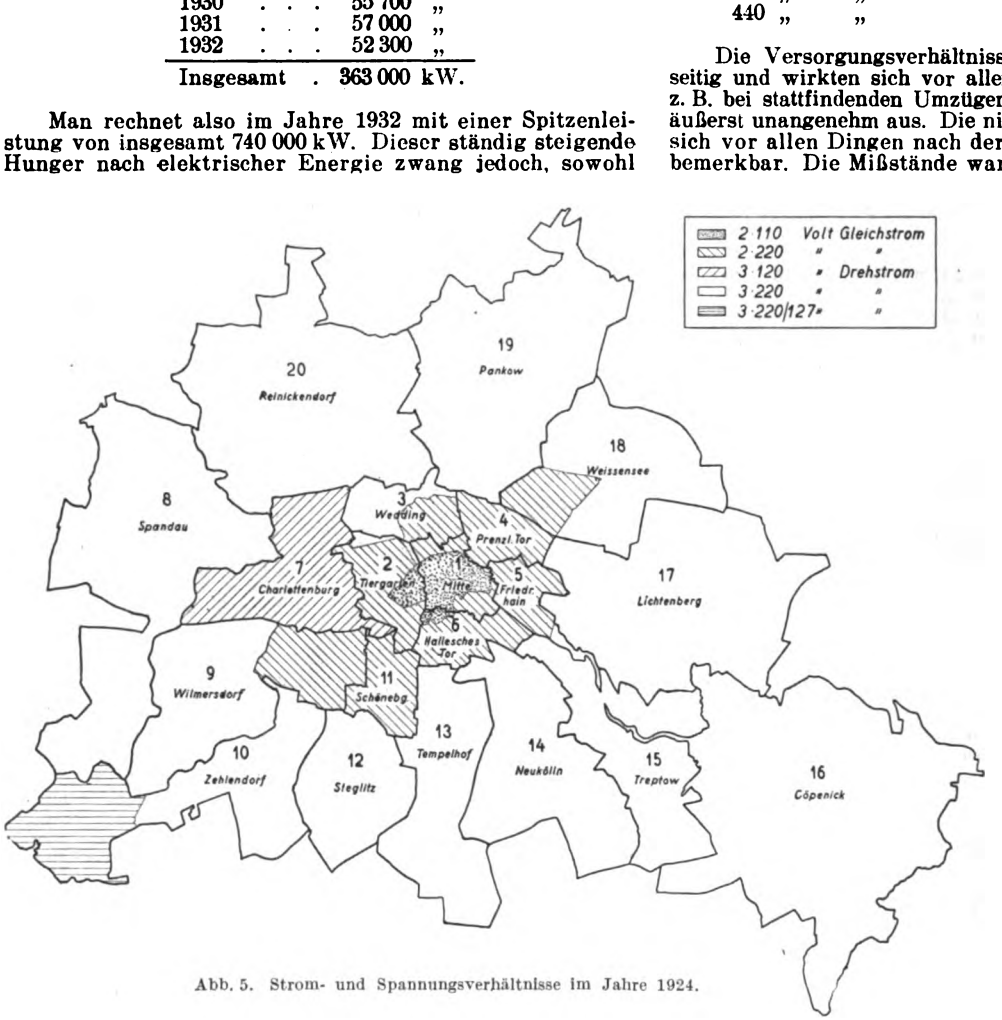


Abb. 5. Strom- und Spannungsverhältnisse im Jahre 1924.

Bevor die Stromverteilungsanlagen und das Verteilungsnetz näher untersucht werden, ist es zum weiteren Verständnis der in Berlin anzustellenden Erwägungen notwendig, einen kurzen Überblick über die früher bestehenden Zustände zu geben. In Abb. 5 sind die Strom- und Spannungsverhältnisse, wie sie im Jahre 1924 vor Inangriffnahme der Umschaltung bestanden haben, zu sehen. Die Verschiedenheit ist zum größten Teil auf die historische und lokalpolitische Entwicklung der Stadt Berlin, aber auch auf die Entwicklung der Elektrizität selbst zurückzuführen.

Im Innern der Stadt, wo eine Versorgung mit elektrischem Strom begann, entstand ein 110- bzw. 2 × 110 V-Gleichstromnetz. Bei der allgemeineren Einführung der Elektrizität stellte es sich jedoch heraus, daß mit dieser geringen Spannung nicht auszukommen war, so daß man auf die doppelte Spannung überging. Mit der weiteren Beherrschung der Elektrizität und dem immer wichtiger werdenden Problem der Kraftübertragung auf größere Entfernungen stellten sich große Vorteile bei der Drehstromlieferung heraus. Man ging infolgedessen in Berlin dazu über, die äußeren Vororte mit Drehstrom 3 × 220 V zu speisen.

Charlottenburg, als selbständige Stadt, baute sein Elektrizitätswerk im Jahre 1900 und wählte seinerzeit von vornherein Drehstrom, u. zw. die Spannung von 3 × 120 V für Licht und 3 × 130 V für Kraft. Es existierten damals in Berlin 6 verschiedene Niederspannungs-Anschlußmöglichkeiten, u. zw.:

110 V	Gleichstrom	3 × 220 V	Drehstrom
220 „	„	3 × 120 „	„
440 „	„	3 × 130 „	„ .

Die Versorgungsverhältnisse waren also ziemlich vielseitig und wirkten sich vor allen Dingen für die Abnehmer z. B. bei stattfindenden Umzügen oder Geschäftsverlegungen äußerst unangenehm aus. Die niedrigen Spannungen machten sich vor allen Dingen nach der Inflationszeit unangenehm bemerkbar. Die Mißstände waren auf die große Belastung der in den Gleichstrom-Versorgungsgebieten notwendigen Niederspannungs-Speisekabel zurückzuführen, mit denen die elektrische Energie aus den Umformerwerken in die Verbrauchszentren geliefert wird. Die Höhe der zu übertragenden Leistung in diesen Speisekabeln führte dazu, daß enorme Kabelzusammenballungen (teilweise bis zu 100 Kabel und mehr in einem Straßenzuge) eintraten.

Abb. 6 veranschaulicht die Verhältnisse. Das Bild wurde bei Straßenregulierungsarbeiten aufgenommen.

Wenn nur eines dieser Kabel durchbrennt, besteht die große Gefahr, daß sämtliche übrigen daneben liegenden ebenfalls in Mitleidenschaft gezogen werden, so daß die Störung leicht sehr großen Umfang annehmen kann. Hinzu kommt, daß die Leitungsunterteilung bzw. Vermaschung der Kabelnetze es fast unmöglich machten, schadhafte Gebiete abzutrennen, so daß meistens große Netzteile von einer Störung betroffen wurden. Die Beschränkung eines Fehlers auf ein kleines Versorgungsgebiet bzw. die Abtrennung des fehlerhaften Kabels erforderte meistens erhebliche Zeit. Endlich auch war es bei dem damaligen Stand der Umformertechnik sehr schwer, die einzelnen Netze wieder in Betrieb zu bekommen, da die Einankerumformer große Belastungsstöße nicht einwandfrei bewältigten, sondern nach Draufschalten der Last sofort wieder außer Tritt fielen.

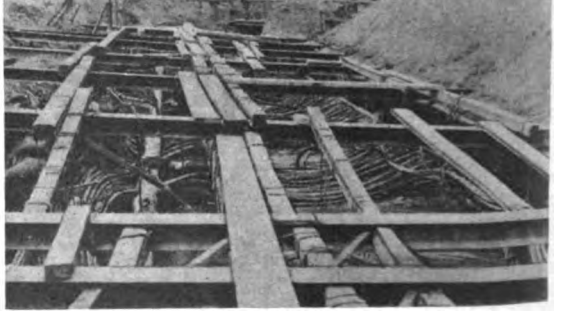


Abb. 6. Kabeleinführungen im Umformerwerk Prenzlauer Allee.

Die vorhandenen Akkumulatorenbatterien, die ursprünglich dazu dienten, bei Störungen den Stromverbrauch vorübergehend zu decken, waren bei den großen Leistungen hierzu nicht mehr in der Lage, andernfalls hätten die Batterien so groß gewählt werden müssen, daß dieses wirtschaftlich wohl kaum noch vertretbar gewesen wäre. So kam es dazu, daß unter dem Einfluß der

Digitized by Google

geschilderten Verhältnisse unbedingt grundlegende Änderungen in dem System der Stromversorgung vor allem des Zentrums Berlins notwendig wurden. Relativ einfach lagen die Verhältnisse in dem früher mit 2 × 110 V-Gleichstrom betriebenen Alt-Berliner Versorgungsgebiet.

Die im Jahre 1924 angestellten Berechnungen ergaben, daß dieses Gleichstromgebiet im Jahre 1926, also 2 Jahre nach Beginn der starken Steigerung des Elektrizitätsverbrauchs, um rd. 30 % hätte verstärkt werden müssen. Die Kosten hierfür wurden auf rd. 1,5 Mill RM geschätzt. Eine parallel ausgeführte Rechnung ergab, daß eine Spannungsverdoppelung von 2 × 110 auf 2 × 220 V in diesem Gebiet unter der Voraussetzung, daß sämtliche Lampen und Stromverbraucher, die mit 110 V betrieben wurden, auf Kosten des Elektrizitätswerkes ausgetauscht und gegen solche von 220 V ersetzt wurden, rd. 1 600 000 RM gekostet hätte. Hierbei war allerdings angenommen, daß, was sich später auch in der Praxis bestätigte, die in den Straßen verlegten Gleichstromkabel die Verdoppelung der Spannung aushalten würden. Da man nun mit einer Spannungsverdoppelung auch die Leistungsfähigkeit der Kabelnetze verdoppelte, entschied man sich zur Spannungserhöhung, da der Unterschied der aufzuwendenden Kapitalien gering war. Außerdem erreichte man eine Gleichheit der Spannungen mit den übrigen Berliner Bezirken mit Ausnahme von Charlottenburg, was bei Zustandekommen des Entschlusses auch ins Gewicht fiel.

Auf Grund dieser Ausführungen scheint es, daß der Entschluß, die Spannung zu verdoppeln, leicht und eigentlich selbstverständlich hätte sein müssen. Hierbei darf jedoch nicht außer acht gelassen werden, daß auch starke Bedenken dagegen auftraten. Man durfte nicht übersehen, daß es gerade die Innenstadt Berlins war, in der die Umschaltungsarbeiten vorgenommen werden sollten, ein Stadtteil, der infolge seiner Wichtigkeit für Handel und Verkehr durch etwaige Störungen besonders stark betroffen worden wäre. Jede Stromunterbrechung mußte unbedingt vermieden werden.

Das Alter der Installationsanlagen, die stellenweise seit mehr als 25 Jahren in den Anlagen ihre Pflicht und Schuldigkeit getan hatten, spielte hierbei auch eine nicht zu vernachlässigende Rolle.

Nachdem man die umzuschaltenden Straßenzüge festgelegt und in den einzelnen Anlagen Bestandsaufnahmen über die von der Umschaltung betroffenen Lampen, Apparate und Motoren durchgeführt hatte, ging die Umschaltung am Hausanschluß nun so vor sich, daß derselbe abgeschaltet und nach Auswechslung der Lampen so wieder angeschlossen wurde, daß die ursprüngliche Nullleitung jetzt den einen Außenleiter darstellte, während die beiden ehemaligen Außenleiter den zweiten Leiter des alten 2 × 110 V-Netzes bildeten. Man betrieb diese Anlage also kurzzeitig ohne Nulleiter. Nachdem dann auf diese Weise das ganze umzuschaltende Gebiet umschaltreif gemacht war, ging man daran, die in den Straßen liegenden Speise- und Verteilungskabel sowie die Verteilungsanlagen in den Umformerwerken auf 220 V zu schalten. Dann wurden die Hauptleitungen in den Häusern wieder so angeklemmt, wie sie zu Anfang gewesen waren, d. h. also, die Stromverbraucher lagen jetzt wieder zwischen Null- und Außenleiter.

Auf diese Art und Weise wurden über 1000 km einfache Kabellänge auf die doppelte Spannung gebracht, wobei im ganzen nur etwa 20 Kabeldurchschläge und 10 Defekte in Kabelmuffen sich eingestellt haben. Es handelte sich hierbei zum großen Teile um alte Bleikabel ohne Armierung, die auch bei stärkster Belastung in den Wintermonaten gearbeitet hatten. Es wurden damals 24 500 Abnehmer von Gleichstrom 110 V auf 220 V umgeschaltet.

Die Umschaltung in den Umformerwerken ging so vor sich, daß, nachdem genügend Umformer und Batterien mit der höheren Spannung zur Verfügung standen, die Speisekabel unter 220 V gesetzt wurden. Die zuerst provisorisch umgeschalteten Umformer wurden laufend auf 2 × 220 V umgewickelt, so daß allmählich wieder ein Dauerzustand eintrat.

Die Verhältnisse in Charlottenburg lagen ähnlich. Der in Berlin bekannte „Zug nach dem Westen" führte dazu, daß zahlreiche Restaurants, Kaffees und größere Läden mit außerordentlich starker Reklamebeleuchtung entstanden, denen die Versorgungsverhältnisse des dortigen Drehstromnetzes nicht mehr gewachsen waren.

Nachdem man im Stadtinnern Berlins bei der Spannungsverdoppelung gute Erfahrungen gemacht hatte, entschloß man sich auch in Charlottenburg zu dem gleichen Vorgehen.

Durch Erhöhung der Spannung unter Beibehaltung der Kabel wurde hier lediglich die Auswechselung der Transformatoren von 3000/120 V in solche mit einem Übersetzungsverhältnis von 6000/220 V notwendig. Die Organisation dieser Umschaltung war dieselbe wie bei der Spannungsverdoppelung im Gleichstromgebiet der Innenstadt, so daß Einzelheiten hier nicht geschildert werden sollen.

Grundsätzlich anders war lediglich die Tatsache, daß man die Anlagen bei den Abnehmern nicht vorher für den Betrieb mit 220 V betriebsfertig machen, sondern erst am Tage der Umschaltung die Lampen, Apparate usw. auswechseln konnte, was nur bei einer straffen und schnellarbeitenden Organisation möglich war. Soweit eine Auswechselung am selben Tage nicht in Frage kam, wurden den Abnehmern Reserveapparate und Motoren leihweise kostenlos zur Verfügung gestellt und während dieser Zeit die Umänderungsarbeiten an den Maschinen der Abnehmer durch Privatfirmen ausgeführt. Den Umfang der Umschaltungsarbeiten in Charlottenburg zeigt Abb. 7.

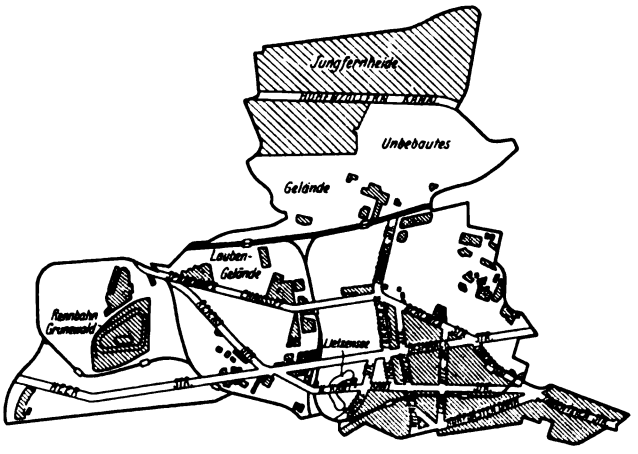


Abb. 7. Umschaltgebiet Charlottenburg, Stand vom 1. I. 1930.

Aus den großen schraffierten Flächen, die restlos umgeschaltet werden mußten, erkennt man, daß die Ausmaße ganz bedeutend waren. Praktisch ist die Hälfte des Stadtgebietes von Charlottenburg bereits auf 220 V gebracht; in welchem Tempo sich die weitere Umschaltung vollzieht, hängt von der wirtschaftlichen Lage der BEWAG ab, da man z. Z. nur dort umschalten wird, wo die Betriebsverhältnisse unbedingt dazu zwingen. Bis Ende 1929 wurden rd. 43 000 Abnehmer mit etwa 92 000 kW Anschlußwert umgeschaltet.

Die Umschaltung der Hochspannungsabnehmer dieses Stadtgebietes von 3000 auf 6000 V wird weiter unten noch eingehender behandelt werden.

Wesentlich anders als bei der Spannungsverdoppelung in Berlin und Charlottenburg lagen die Verhältnisse in den Gebieten, in denen die Spannung von 2 × 220 V Gleichstrom für die Versorgung nicht mehr ausreichte. Die vorhandenen und verstärkten Umformeranlagen waren hier oft nicht mehr in der Lage, den Stromabsatz zu befriedigen. Man hätte neue Umformer aufstellen müssen und gleichzeitig, wie man dieses im alten 2 × 110 V-Netz ja auch schon überlegt hatte, die bestehenden Speise- und Verteilungsnetze verstärken müssen. Hinzu kamen die schon vorher erwähnten technischen Schwierigkeiten, die mit der Gleichstromversorgung überhaupt verbunden sind, so daß man sich unter dem Einfluß der Forderung größter Betriebsicherheit entschloß, zu einer Umschaltung von Gleichstrom auf Drehstrom überzugehen. Bei der Drehstromversorgung war man in der Lage, mit hoher Spannung (in Berlin bisher 6000 V, später 30 000 V) bis zum Schwerpunkt des Verbrauches zu gehen, dort einen Transformator aufzustellen und von hier ab die Abnehmer mit Niederspannung zu versorgen. Die Folge davon ist eine Ersparnis an Kabelverlegung, wobei außerdem auch betriebstechnisch die Spannungsverluste bedeutend herabgesetzt werden. Betriebsicherheit und Wirtschaftlichkeit sind aber die Hauptfaktoren, so daß der Übergang von Gleichstrom auf Drehstrom eine technische und wirtschaftliche Notwendigkeit war. Bei Inangriffnahme der Arbeiten mußte man sich darüber einig werden, ob der richtige Zeitpunkt für die Umschaltung noch nicht verfehlt war. Diese Frage spielt vor allem dort eine Hauptrolle, wo die Elektrisierung der Städte schon eine gewisse Sättigung erreicht hat. Wie eingangs geschildert, lagen die Verhältnisse in Berlin jedoch auf diesem Gebiete noch sehr weit zurück. Es stehen nun für die Art der Umschaltung zwei Wege offen. Aus finanziellen Gründen war es nicht mög-

Digitized by Google

lich, innerhalb weniger Jahre eine restlose Umschaltung auf Drehstrom durchzuführen. Deshalb war zu entscheiden, ob man die in einzelnen Stadtgebieten vorhandene Überlastung durch eine restlose Umschaltung dieser Stadtgebiete auf Drehstrom bekämpfen sollte, wobei die nicht mehr notwendigen Gleichstrom-Speisekabel zur Verstärkung von in der Nähe der Umformerwerke gelegenen Gebieten herangezogen werden konnten.

Wenn man diese Pläne in ihrer weiteren Entwicklung sich vor Augen führt, so hätte das Berliner Versorgungsbild etwa ein Aussehen bekommen, wie es Abb. 8 schematisch darstellt. In den Kreisen, die um die bestehenden Umformerwerke gelegt sind, wären Gleichstrominseln bestehen geblieben, die an der Peripherie von Drehstrom eingeschlossen wären.

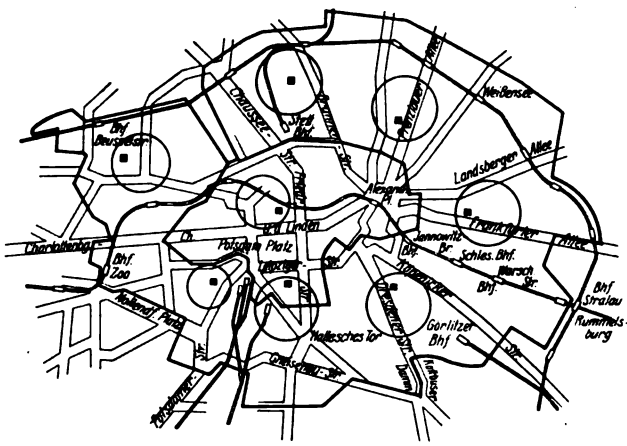


Abb. 8. Umschaltprojekt.

Bei diesem Plan hätte man aber die Tatsache mit in Kauf nehmen müssen, daß sämtliche Neuanlagen in der Umgebung der Umformerwerke an Gleichstrom hätten angeschlossen werden müssen, so daß u. U. bei späterem restlosen Übergang auf Drehstrom auch diese Anlagen umzuschalten gewesen wären. Deshalb ging man einen anderen Weg, der kurz skizziert sein soll.

Von einer restlosen Umschaltung einzelner Stadtgebiete sah man ab und verlegte parallel zu den vorhandenen Gleichstromkabeln Drehstromkabel, an die man vor allem die ohne große Kosten umzuschaltenden Häuser und Läden, also vorwiegend Lichtanlagen anschloß, während man diejenigen Grundstücke, auf denen vorwiegend Kraftbetriebe vorhanden waren, an Gleichstrom ließ, da diese bedeutend größere Kosten verursacht hätten.

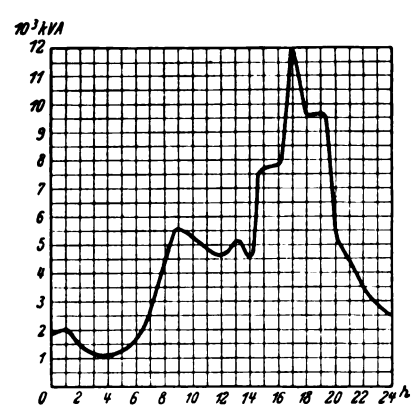


Abb. 9. Tagesbelastungskurve eines Umformerwerkes.

Dieser Weg schien auch deswegen empfehlenswert, da gerade der Verbrauch der Lichtabnehmer zu der Überlastung des Gleichstromnetzes in der Winterspitze führte, während die Tagesbelastung von den Speisekabeln noch ohne weiteres bewältigt werden konnte. Das Verhältnis von Spitze zu Grundlast, wie es an vielen Stellen im Innern der Stadt herrscht, ist aus Abb. 9 zu erkennen.

Aus dem Bild geht mit großer Deutlichkeit die Einwirkung der Lichtspitze hervor. Diese Methode der Umschaltung hat auch noch den weiteren Vorteil, daß man, wenn auch nur unter größeren Kosten, in bedeutend mehr Straßenzügen Drehstrom-Niederspannungskabel erhielt, so daß es möglich war, einen wesentlichen Teil der N-anlagen schon gleich an die neue Stromart anzuschließ-

Man mußte auch verhältnismäßig schnell arbeiten. seinerzeit anzunehmen war, daß in rd. 5 ... 8 Jahren d Elektrisierung der Berliner Wohnungen im allgemein durchgeführt sein würde.

Abb. 10 zeigt den Umfang der in Berlin mit Drehstro Niederspannungskabeln belegten Straßenzüge. Nachd man sich also über das System klar geworden war u über die Betriebsicherheit einer nach den neuesten G sichtspunkten ausgebauten Drehstromanlage Klarheit v schafft hatte, handelte es sich noch darum, festzustellen, welcher Weise man die Umwandlung durchführen sol

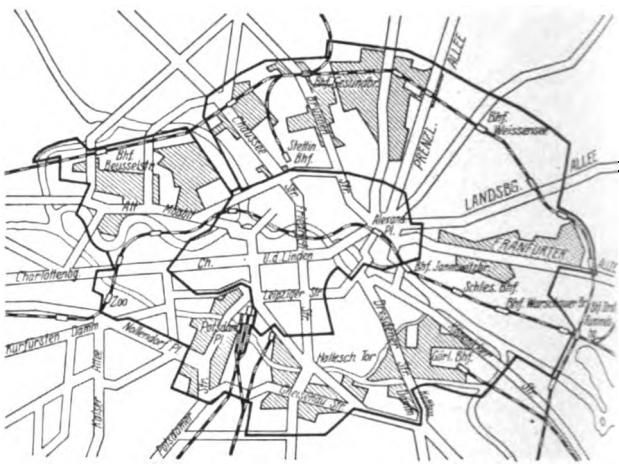


Abb. 10. Umschaltgebiete in Berlin.

Es lag nahe, als Drehstromspannung die bereits in de Vororten vorhandene Spannung von 3×220 V zu nehmen Die Gründe, die trotz der Bestrebungen nach einer Ver einheitlichung des Betriebes dazu führten, Drehstro 380/220 V zu verwenden, lagen vor allem auf installations technischem Gebiet. In den vorhandenen Gleichstromanlagen war ein Nulleiter bereits vorhanden, den man weiter benutzen konnte, so daß eine Änderung der Installations anlage nur in Kraftbetrieben notwendig wurde.

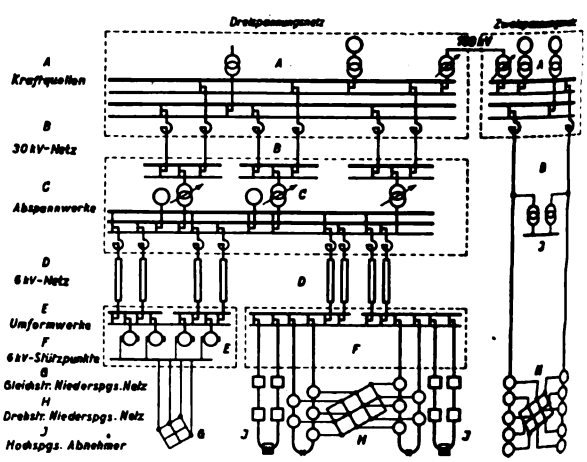


Abb. 11. Drei- und Zweispannungsnetz für hohe Verbrauchsdichte.

Da die meisten Stromverbraucher in den für die Umschaltung in erster Linie in Frage kommenden Anlagen bereits mit 220 V betrieben wurden, bestand natürlich auch der Wunsch, diese Spannung gegen Erde beizubehalten, um ein Auswechseln der Lampen zu vermeiden. Nur für Kraftzwecke ist eine Änderung oder Ergänzung der Installationsanlage notwendig. Bei dieser Gelegenheit soll auch auf die Berliner Versorgungsverhältnisse, die in den Jahren von 1924 bis heute ein bedeutend anderes Gesicht bekommen haben, näher eingegangen werden. Wie allgemein bekannt, besteht in Berlin die Gruppenschaltung, die aus Abb. 11 hervorgeht.

Die Kraftquellen sind zu Gruppen von 60 000 ... 100 000 kVA Leistung zusammengefaßt. Die Gruppen haben ihre besonderen von den übrigen 30 kV-Anlagen getrennten Sammelschienen. In den Abspannwerken hat jede Transformatoreneinheit ebenfalls besondere 30 und 6 kV-Sam-

Digitized by Google

melschienen und wird von zwei verschiedenen Kraftquellen gespeist. Durch diese Gruppenbildung ist das 30 kV-Netz weitgehend unterteilt. Die Leistungsfähigkeit einer solchen Transformatorengruppe schwankt zwischen 10 und 15 000 kVA.

Die 6 kV-Sammelschienen der Transformatoren sind zur Erleichterung der Spannungshaltung und zum Lastausgleich über Drosselspulen gekuppelt[2].

Aus Abb. 11 geht auch noch eine andere Schaltungsart hervor, die von der BEWAG im Stadtinnern in Zukunft eingeführt wird. Es handelt sich hier um die Ausbildung des Zweispannungnetzes (30 000 und 380/220 V), das in verschiedenen amerikanischen Großstädten seit einigen Jahren mit vollem Erfolg gearbeitet hat. Man geht hier mit der Verteilungspannung, die heute 6000 V beträgt, in Höhe von 30 000 V direkt vom Kraftwerk in die Verbrauchszentren und speist das Niederspannungs-Verteilungsnetz über Netzstationen, die mit Transformatoren von 30 000/380 V Spannung ausgerüstet sind.

Die Anlagekosten eines solchen Versorgungsnetzes werden durch den Fortfall des Anteils der Abspannwerke und Stützpunkte bedeutend erniedrigt. In dem Zustand des Ausbaues der Netze, vor allen Dingen unter dem Einfluß der dauernd weitergehenden technischen Entwicklung ist also hier keine Ruhe eingetreten. Die in der Welt gesammelten Erfahrungen werden laufend verwertet, um zu einer größtmöglichen Wirtschaftlichkeit zu gelangen.

Von diesem Gesichtspunkt aus muß auch für die Umschaltung noch das Problem der Verstärkung des vorhandenen Gleichstromnetzes durch im Zweispannungsnetz hinter den Netzstationen angeschlossene Gleichrichter in den Bereich der Erwägungen gezogen werden. Als man mit der Umschaltung von Gleichstrom auf Drehstrom 1926 begann, war die Entwicklung von Gleichrichtern, die parallel mit Einankerumformern im Gleichstromnetz arbeiten sollten, noch nicht soweit gediehen, daß sie der Anforderung größter Betriebsicherheit gerecht werden konnten.

Hier haben sich fraglos im Laufe der letzten fünf Jahre in der Entwicklung wesentliche Fortschritte eingestellt, so daß dieser Frage in Zukunft die größte Aufmerksamkeit zu schenken sein wird, wenn man sich auch nicht verhehlen darf, daß die Bedienungs- und Instandhaltungskosten der Gleichrichter noch verhältnismäßig hoch sind.

Ein abschließendes Urteil über die Zweckmäßigkeit dieses Weges soll jedoch hier nicht gefällt werden, da die letzten Untersuchungen wohl noch nicht soweit gediehen sind, um endgültig das Für und Wider zu klären. Nur eines kann mit Sicherheit gesagt werden: Einer Umschaltung von Gleichstrom auf Drehstrom hätte man nicht durch Vergrößerung der Umformerwerke bzw. Batterien und Verstärkung des Gleichstromnetzes aus dem Wege gehen können.

Vielleicht ist bei dieser Gelegenheit auch noch ein Ausblick auf die Gestaltung des Hochspannungs-Kupplungsnetzes Berlins gestattet. Die bislang mit einer Spannung von 30 000 V über die Abspannwerke durchgeführte Kupplung der Kraftquellen in den einzelnen Stadtteilen bzw. der Fernkraftversorgung wird bei der weiter steigenden Energiemenge in absehbarer Zeit nicht mehr voll den Ansprüchen genügen. Es ist deshalb geplant, einen 100 000 V-Kabelring rund um Berlin zu legen, der sich im Osten und Westen Berlins an die Kraftwerke Klingenberg und Westwerk anschließt. Im Norden und Süden sind zwei Großabspannwerke 100/30 kV geplant, die in Abb. 12 ebenfalls zu erkennen sind.

Die Beherrschung der gewaltigen Energiemenge (heute beträgt die Ausbauleistung der Kraftquellen rd. 700 000 kVA, wovon rd. 590 000 kVA in eigenen Kraftwerken untergebracht worden sind) macht diese Bauart notwendig, die allerdings erst etwa im Jahre 1940 fertiggestellt sein wird. Man wird bei dieser Gelegenheit auch die Verwendbarkeit von 100 000 V-Kabeln weiter ausproben.

Wenn man nun zu dem eigentlichen Thema zurückgeht, nämlich zu der Umschaltung von Gleichstrom auf Drehstrom, so soll noch kurz das bisher Geleistete gezeigt werden.

Es sind an Hochspannungskabeln (6 kV) bislang rd. 160 km verlegt. 132 Transformatoren-Netzstationen wurden errichtet, die zum Teil in Unterpflasterstationen, zum Teil in besonderen Gebäuden auf vorwiegend städtischen Grundstücken, zum Teil jedoch auch in Kellern oder auf Höfen normaler Mietshäuser untergebracht sind. An Niederspannungskabeln wurden rd. 330 km verlegt und insgesamt etwa 57 500 Abnehmer von Gleichstrom auf Drehstrom umgeschaltet.

Die Arbeiten der Umschaltung in den Anlagen der Abnehmer wurden, soweit es sich um Lichtabnehmer handelte, restlos durch die BEWAG selbst ausgeführt. In Kraftanlagen, in denen mehr oder weniger große Installationsarbeiten notwendig wurden, ist die Umschaltung durch Berliner Installationsfirmen im Auftrage der Abnehmer selbst durchgeführt worden.

Da die BEWAG bei der Umschaltung nicht sämtliche Kosten übernommen hat, so wird es von Interesse sein, auch noch kurz auf die Verteilung der Unkosten zwischen Abnehmer und Elektrizitätswerk einzugehen.

Auch in anderen Städten wie z. B. Königsberg, Halle, Hannover, Nürnberg, Bochum, Stuttgart, Frankfurt a. M. usw. haben die Elektrizitätswerke den gleichen Standpunkt vertreten und nach Prüfung der Rechtslage eine 100prozentige Kostenbeteiligung abgelehnt. Um die Rechtslage zu klären, ist es notwendig, noch kurz einiges hierüber zu sagen.

Ohne weiteres scheint die Rechtslage gegeben zu sein bei solchen Abnehmern, die noch an das Gleichstromnetz angeschlossen werden müssen, weil z. B. in der betreffenden Straße noch keine Drehstromkabel vorhanden sind. Nach den bestehenden Stromlieferungsbedingungen werden diese Abnehmer nur widerruflich an das bestehende Gleichstromnetz angeschlossen.

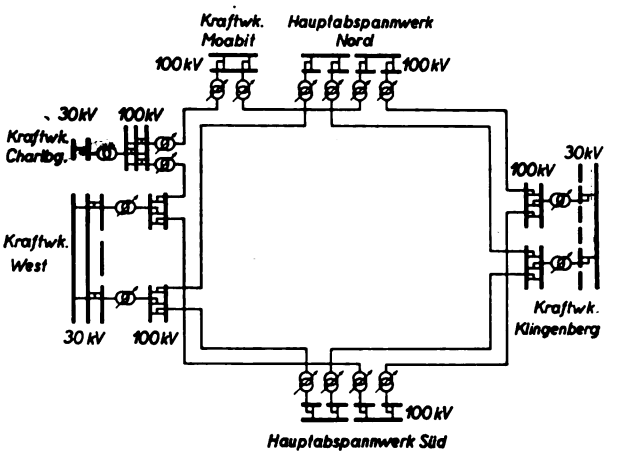


Abb. 12. 100 kV-Kabelring in Groß-Berlin 1940.

Das Elektrizitätswerk behält sich vor, die Gleichstromlieferung zu einem gegebenen Termin durch Drehstromlieferung zu ersetzen. Die hierdurch entstehenden Kosten übernimmt das Elektrizitätswerk nur, soweit sie sich auf den Ausbau des Verteilungsnetzes bis zum Hausanschluß und auf den Austausch des Zählers beziehen.

Die Kosten der Umänderung in den Anlagen selbst hat der Abnehmer zu tragen. Um bei wertvolleren Apparaten oder Motoren die den Abnehmern entstehenden Unkosten möglichst gering zu halten, werden die aus umgeschalteten Anlagen hereingenommenen Apparate und Motoren den neu hinzukommenden Abnehmern, soweit dieses im Rahmen des bisher Geleisteten möglich ist, gegen eine geringe Leihgebühr zur Verfügung gestellt.

Bei alten Abnehmern ist die Rechtslage jedoch eine andere. Um hier Unterlagen zu bekommen, wurden Erkundigungen bei anderen Elektrizitätswerken eingezogen. In Hannover führte u. a. der Standpunkt des Elektrizitätswerkes, der im großen und ganzen der gleiche war wie in Berlin, zu einem Prozeß, dessen Urteil hier von Interesse sein dürfte.

In der Urteilsbegründung wurde gesagt:

„Man kann es unmöglich als einen Verstoß gegen die guten Sitten und eine daraus resultierende vorsätzliche Schädigung der Abnehmer des Stromes bzw. als eine sittenwidrige Ausnutzung einer Monopolstellung bezeichnen, wenn ein derartiges Unternehmen, weil es genötigt ist, eine bedeutende Anlage zu erneuern, dann eine technisch moderne leistungsfähigere Ausführung wählt, die für die Rentabilität und schließlich auch auf die Dauer für die Verbilligung des Stromes für die Abnehmer und die ordnungsmäßige Stromlieferung von größter Bedeutung ist, anstatt eine Betriebskonstruktion zu erneuern, die demgegenüber veraltet und zweckwidrig erscheint. Letzteres lediglich in Rücksicht darauf zu tun, weil eine Anzahl Abnehmer ihre Einrichtungen durch andere ersetzen müssen, wodurch ihnen zunächst Kosten entstehen, kann einem solchen Unternehmen mangels vertraglicher Bindung in Rücksicht auf die notwendige Wahrnehmung der Interessen des eigenen Betriebes nicht zugemutet werden."

[2] Siehe M. Rehmer u. G. Krohne, Elektrizitätswirtsch. Bd. 29, S. 1 u. 96 (1930).

Digitized by Google

Die Kosten der Umschaltung werden teilweise von den Elektrizitätswerken 100prozentig auf den Abnehmer abgewälzt, teilweise ist jedoch eine prozentuale Beteiligung der Werke an der Tagesordnung.

In Berlin ist die Regelung so getroffen, daß Anlagen, deren Umschaltungskosten den Betrag von 30 RM nicht übersteigen, restlos von der BEWAG finanziert werden. In größeren Anlagen übernimmt die BEWAG 70 % der entstehenden Kosten, wobei auf Antrag des Abnehmers die restlichen 30 % in Gestalt eines Darlehens ebenfalls übernommen werden, das je nach der Höhe des Betrages in 12 oder 24 Monatsraten zinslos der BEWAG zurückgezahlt werden muß.

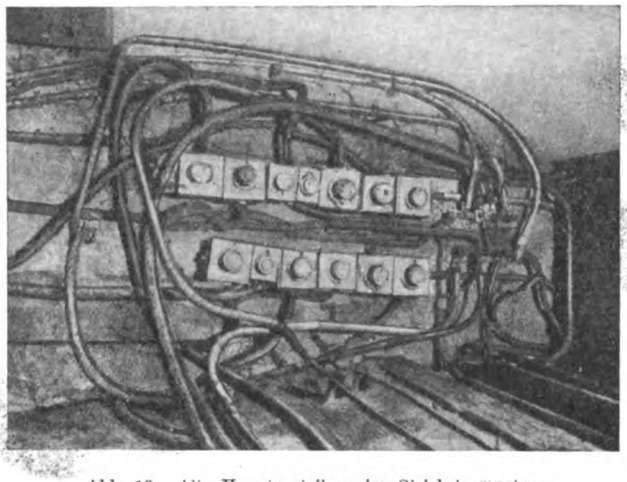


Abb. 13. Alte Hauptverteilung im Gleichstromnetz.

Wenn diese Regelung bei der Umschaltung von Gleichstrom auf Drehstrom durchgeführt wurde, so hat die BEWAG bei den übrigen Umschaltungsvorgängen (Spannungsverdoppelung im Gleichstrom- und Drehstromnetz), ohne eine Verpflichtung hierfür anzuerkennen, den Abnehmern weitergehende Konzessionen gemacht. Bei diesen Arbeiten handelt es sich um verhältnismäßig kleine Beträge je Abnehmer, weil die kostspieligen Stromverbraucher, wie z. B. Gleichstrommotoren, an 220 V gelassen wurden und in Charlottenburg im allgemeinen am 130 V-Netz liegen und so von der Umschaltung nicht betroffen werden. Außerdem war bei dem Entschluß, die bei der Spannungsverdoppelung entstehenden Kosten insgesamt zu übernehmen, auch der Gesichtspunkt ausschlaggebend, daß die Kabelnetze durch diese Maßnahme um etwa 100 % in ihrer Leistungsfähigkeit verstärkt wurden, so daß fast der ausschließliche Vorteil der Umschaltarbeiten auf seiten des Elektrizitätswerkes liegt. Bei der Umschaltung von Gleichstrom auf Drehstrom wird jedoch etwas ganz Neues geschaffen, u. zw. nicht nur im Interesse des Elektrizitätswerkes, sondern auch im Interesse der Abnehmer. Hier müssen vor allem auch wertvollere Stromverbraucher ausgewechselt werden. Würde das Elektrizitätswerk hier alles bezahlen, so hätte sicher ein großer Teil der Abnehmer die Möglichkeit, sich auf Kosten des Elektrizitätswerkes, d. h. also indirekt auf Kosten der Allgemeinheit, zu bereichern. Dieses wäre überall dort möglich, wo an Stelle alter und unwirtschaftlich arbeitender Stromverbraucher den Abnehmern von der BEWAG neue und moderne kostenlos geliefert würden. Des weiteren ist zu bedenken, daß ein Teil der Abnehmer ganz bewußt versuchen wird, auf Kosten des Elektrizitätswerkes sich Vorteile zu verschaffen, indem z. B. alte, billige, wertlose Motoren oder Apparate gekauft werden, die dann vom Elektrizitätswerk gegen wertvollere eingetauscht werden. Hiervor sich selbst und damit auch die Allgemeinheit zu schützen, hat das Elektrizitätswerk die Pflicht. Man wird einwenden können, daß auch andere Wege für diesen Schutz zur Verfügung gestanden hätten.

Einer dieser Wege wäre der, daß man jede Installationsanlage und alle Stromverbraucher, die geändert werden müssen, abschätzen und den taxierten Wert bei der Umschaltung zugrunde legen würde. Dieses hätte jedoch zu großen Auseinandersetzungen geführt. Man wäre immer auf die gerichtlichen Sachverständigen angewiesen gewesen, was sicherlich jedoch nicht verhindert hätte, daß endlos viele Rechtstreitigkeiten sich entwickelt hätten, deren Austragung kompliziert und teuer gewesen wäre.

Die bisher gemachten Erfahrungen haben auch voll bestätigt, daß der eingeschlagene Weg der richtige gewesen ist. Zur Feststellung, inwieweit der Abnehmer zur Kostentragung verpflichtet ist, wird vor der Umschaltung eine Bestandsaufnahme vorgenommen, durch die ein genauer Kostenüberblick an Hand der vorhandenen Apparate und Motoren geschaffen wird.

Soweit über die Umschaltung von Gleichstrom auf Drehstrom.

Um in Charlottenburg auch das Hochspannungsnetz auf die allgemein übliche Verteilungspannung von 6000 V zu bringen, ist es notwendig, die an diesen Hochspannungskabeln liegenden sogenannten Hochspannungs-Abnehmerstationen umzuschalten. Die Umänderung derartiger Anlagen hat zur Folge, daß sämtliche Hochspannungsapparate, wie Schalter, Transformatoren, Isolatoren, Strom- und Spannungswandler für 6000 V hergerichtet werden müssen. Es handelt sich jedoch bei diesen Arbeiten nicht um einen völligen Umbau der Hochspannungstationen, so daß dann die Verpflichtung entfällt, diese Stationen bei der Umschaltung so auszugestalten, daß sie dem neuesten Stand der VDE- bzw. BEWAG-Vorschriften entsprechen. Infolgedessen werden Änderungen der Apparate nur dann notwendig sein, wenn ihre Konstruktion mit den früher bestehenden Vorschriften nicht in Einklang zu bringen ist, die früher für 6000 V Geltung hatten. Die Kurzschlußausschaltleistungen der vorgefundenen Ölschalter werden dann noch als ausreichend angesehen, wenn die Schalter sonst der Serie 3 der früheren Verbandsvorschriften entsprechen.

Diejenigen Schalter, die diesen Grad nicht erreichen, werden auf Kosten der BEWAG durch neue Schalter der Reihe 10 ersetzt. Sinngemäß findet diese Regelung auch Anwendung auf die Querschnitte von Hochspannungs- und Erdleitungen sowie auf die vorgefundenen Überstromauslöser. Die letzteren werden auf die neue Nennstromstärke umgewickelt und an Ort und Stelle auf ordnungsmäßiges Ansprechen geprüft. Die in den Vorschriften für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebspannungen von 1000 V und darüber (V. E. S. 2/1930, § 10, Abs. 1 u. 3, § 18, Abs. f) angegebenen Mindestabstände zwischen spannungführenden Teilen untereinander und dem Schutzgitter werden in allen Fällen für die neuesten Vorschriften für 6 kV hergestellt, da eine erhöhte Gefährdung des Bedienungspersonals vermieden werden soll.

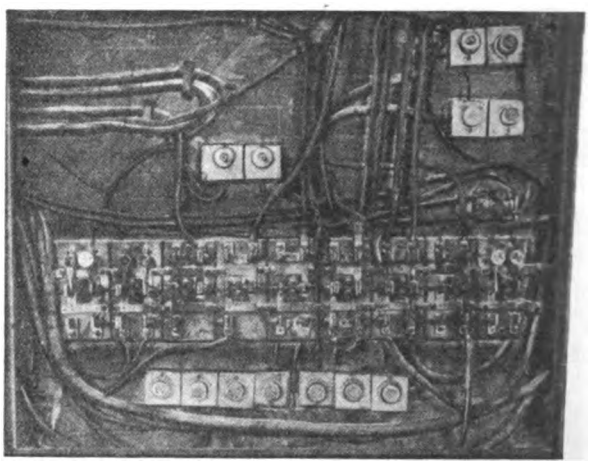


Abb. 14. Alte Hauptverteilung im Gleichstromnetz.

Eine über diese genannten Punkte hinausgehende Modernisierung der Anlage auf Kosten der BEWAG wird nicht ausgeführt.

Die bei den verschiedenen Umschaltungen (Spannungserhöhung im Gleichstromnetz, Spannungserhöhung im Drehstromnetz und Übergang von Gleichstrom auf Drehstrom) gesammelten Erfahrungen lassen im allgemeinen erkennen, daß die Spannungsfestigkeit selbst der ältesten Anlage noch besser gewesen ist, als man gemeinhin annahm. Stellenweise wurden bis zu 600 Abnehmer an einem Tag umgeschaltet, wobei die Arbeiten ohne nennenswerte Störung in den Installationsanlagen durchgeführt werden konnten; wären Übelstände eingetreten, so hätte in diesem Tempo nicht gearbeitet werden können. Selbst alte, auf Holzleisten verlegte oder auf Wände gekrampte Leitungen haben die Spannungsverdoppelung anstandslos ausgehalten.

Die in Charlottenburg gesammelten Erfahrungen decken sich völlig mit denen aus dem Stadtinnern, obwohl auch hier Gummibandleitungen (GB-Draht) vorhanden sind. Die vorgekommenen Störungen sind, wie zum Teil ja auch

Digitized by Google

…ön vorher erwähnt, so gering, daß man es selbst für …lteste und schlechte Anlagen als gefahrlos betrachten …nn, eine höhere Spannung zu verwenden. Mehr Schwie…igkeiten als die eigentlichen Installationsanlagen machen …llerdings die Hauptverteilungen hinter den Hausanschlüs…en, die teilweise in einem Zustand vorgefunden wurden, …wie sie Abb. 13 und 14 zeigen.

Außer diesen Hauptverteilungen wurden auch andere …nteressante Altertümer gelegentlich der Umschaltung …vorgefunden, so z. B. noch Kochtöpfe, die schon mehr als …20 Jahre ihren Dienst getan hatten.

Einige Zahlen über die Verbreitung von elektrischen Apparaten sollen noch genannt sein, da die bei der Umschaltung geführten Statistiken in Ergänzung mit den übrigen hierüber angestellten Erhebungen ein ziemlich einwandfreies Bild darüber ergeben. Am verbreitetsten ist, wie zum Teil ja schon bekannt, das Bügeleisen, das in etwa 56 % der Berliner elektrisierten Wohnungen vorgefunden wurde. Es folgen die Staubsauger mit 27 %, die Heizkissen mit 16 %, die Heißluftduschen mit 9 %, die Heizsonnen und -öfen mit 7 %, die Radio-Netzanschlußgeräte mit 5 %, die Kochtöpfe mit 5 %; die übrigen Apparate liegen darunter.

Vielleicht dürfte auch interessieren, daß unter sämtlichen Motoren, die in dem Netz von Groß-Berlin vorhanden sind, der 3 kW-Motor am stärksten vertreten ist.

In Charlottenburg stellten wir bei der Umschaltung fest, daß durchschnittlich auf eine Anlage rd. 21 Lampen entfallen. Bei diesen Lampen wurden nicht weniger als 276 verschiedene Lampentypen von 110 V gefunden, die gegen etwa die gleiche Zahl von 220 V-Lampen ausgetauscht werden mußten.

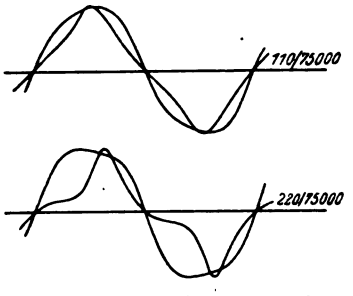
Über den Durchschlag von Isolierölen.

(Mitteilung aus dem Hochspannungsinstitut der T. H. Hannover.)

Von **F. Koppelmann**, Hannover.

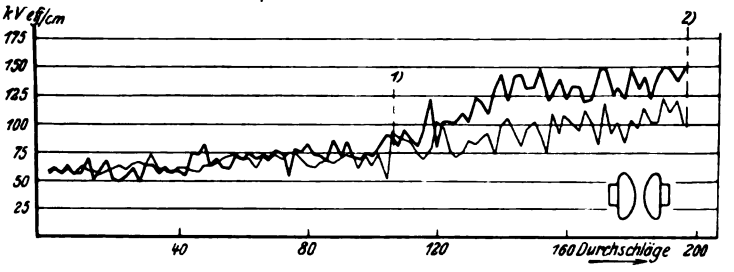
Übersicht. Es werden Versuche über den Einfluß der Kurvenform auf die Durchschlagfestigkeit mitgeteilt, nach welchen der Durchschlag bei ungereinigtem Öl vom Effektivwert der Spannung abhängig ist, bei reinen Ölen dagegen vom Effektivwert unabhängig und fast nur durch den Scheitelwert der Spannung bedingt ist. Es wird daraus der Schluß gezogen, daß bei ungereinigtem Öl der Durchschlag durch Verdampfen der sich bildenden feuchten Faserbrücken entsteht, während bei reinem Öl kein Wärmevorgang, sondern ein anderer, noch nicht aufgeklärter Mechanismus dem Durchschlag zugrunde liegen muß.

Es ist bekannt, daß die Festigkeit von Öl durch Wasser stark herabgesetzt wird und daß die Festigkeit solcher Öle bei wiederholten Durchschlägen ganz bedeutend ansteigt. Man hat dies dadurch erklärt, daß beim Durchschlag das im Öl enthaltene Wasser zum Verdampfen gebracht wird und so allmählich eine Trocknung des Öls eintritt. Auch bei reinem Öl nimmt man vielfach an, daß der vor dem Durchschlag fließende Strom Teile des Öls bis zur Siedetemperatur erhitzt und verdampft[1]. Bei einem solchen Vorgang müßte der Effektivwert der Spannung eine große Rolle spielen. In dem oben genannten Institut wurden Arbeiten gemacht, welche bei Wechselspannungen verzerrter Kurvenform den Einfluß des Effektivwertes und des Scheitelwertes auf den Durchschlag untersuchen sollten, um so die aufgestellten Theorien zu prüfen. Im Rahmen dieser Arbeiten wurden die im folgenden mitgeteilten Versuche mit wenig gereinigtem Öl gemacht[2].



110/75000: Scheitelfaktoren 1,3 und 1,7
220/75000: Scheitelfaktoren 1,3 und 2,0

Abb. 1. Oszillogramme der Spannungen.



stark ausgezogene Linie: Durchschlag mit stumpfer Spannung
schwach ausgezogene Linie: Durchschlag mit spitzer Spannung

Abb. 2. Nasses, faserhaltiges Paraffinöl. Abstand 3 mm; Spannungssteigerung 0,7 kV/s; Scheitelfaktoren 1,3 und 2,0 (220/75 000).

Abb. 1 zeigt Oszillogramme der benutzten Spannungen. Bei der Schaltung des Transformators 220/75 000, welche bei den meisten Versuchen benutzt wurde, hat die spitze Spannung einen Scheitelfaktor 2,0, die stumpfe 1,3. Diese Spannungen konnten abwechselnd an das Prüfgefäß gelegt werden, und es konnte abwechselnd ein Durchschlag mit spitzer und einer mit stumpfer Spannung gemacht werden. Auf diese Weise wurden mit einer Füllung viele Durchschläge gemacht. Abb. 2 zeigt einen solchen Versuch mit wenig gereinigtem Paraffinöl in der Verbandsfunkenstrecke. Als Ordinaten sind die Effektivwerte der Durchschlagspannungen, dividiert durch den Elektrodenabstand, aufgetragen[3]. Die stark ausgezogene Linie verbindet die einzelnen Durchschläge mit stumpfer Spannung, die schwach ausgezogene die mit spitzer Spannung. Man sieht aus Abb. 2, daß anfangs, etwa bei den ersten 100 Durchschlägen, beide Spannungsformen bei gleichem Effektivwert durchschlagen, obwohl der Scheitelwert der spitzen Spannung um 50 % größer ist als der der stumpfen Spannung. Nach etwa 100 Durchschlägen steigen die Durchschläge mit stumpfer Spannung bedeutend stärker als die mit spitzer Spannung, so daß die Effektivwerte für die stumpfe Spannung bedeutend höher liegen als die für die spitze Spannung. Berechnet man jetzt, nach etwa 150 Durchschlägen, aus den Effektivwerten die Scheitelwerte, so findet man, daß sie für beide Spannungsformen annähernd gleich sind.

Bei einem anderen Versuch wurde an Stelle der einen Kupferkalotte eine Messingelektrode mit gedrehtem und ausgefeiltem Spitzenkranz eingesetzt, um zu untersuchen, ob das Öl auch bei dieser Elektrodenanordnung dasselbe Verhalten zeigt. Das Paraffinöl wurde einige Male filtriert und auf 120 ° erwärmt, das Prüfgefäß mit dem Öl ausgespült. Bei den ersten Durchschlägen herrschte Abhängigkeit vom Effektivwert. Nach etwa 400 Durchschlägen war jedoch gerade so wie bei dem ersten Versuch die Festigkeit für die stumpfe Spannung bedeutend mehr gestiegen als für die spitze Spannung.

Abb. 3 zeigt das Verhalten des Öls nach etwa 400 Durchschlägen. Die gestrichelte Linie gibt an, wo die stumpfe Span-

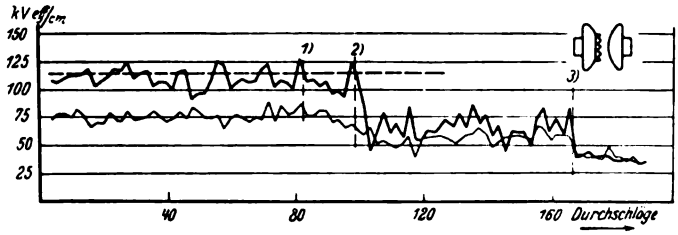
[1] Nach der Theorie von Güntherschulze bilden sich im Öl durch Ionenreibung Dampfkanäle. Nach einer Theorie von Edler (Naturwissensch. Bd. 17, S. 894 u. 895 [1929]) sind an der Oberfläche der Elektroden besondere Schichten vorhanden, in welchen durch den vor dem Durchschlag fließenden Strom soviel Wärme entsteht, daß ein Verdampfen oder Gasentbindung eintritt.

[2] Mit Spannungen verschiedener Kurvenformen arbeitete auch schon Draeger (Arch. El. Bd. 13, S. 380 [1924]). Seine Versuche sind jedoch weniger ausführlich und ergaben weder reine Abhängigkeit vom Effektivwert noch reine Abhängigkeit vom Scheitelwert, sondern ein mittleres Verhalten.

[3] Infolge der ungleichmäßigen Feldverteilung ist bekanntlich die größte Feldstärke noch etwas größer als der Quotient aus Spannung und Abstand. Da sich bei den Elektrodenformen der anderen Versuche die Feldverteilung nicht immer berechnen läßt, wurde bei allen Versuchen nur die Spannung dividiert durch den Abstand aufgetragen.

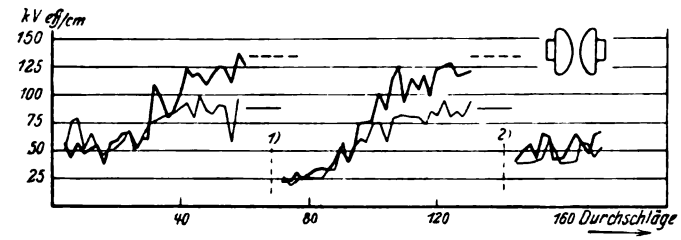
Digitized by Google

nung den gleichen Scheitelwert haben würde wie das Mittel aus den Durchschlägen mit spitzer Spannung. Man sieht, daß sich die Durchschläge mit stumpfer Spannung ungefähr um diese Linie als Mittelwert gruppieren, so daß beide Spannungsformen bei gleichem Scheitelwert durchschlagen, ob-



stark ausgezogene Linie: Durchschlag mit stumpfer Spannung
schwach ausgezogene Linie: Durchschlag mit spitzer Spannung
Die gestrichelte Linie gibt an, wo die stumpfe Spannung denselben Scheitelwert haben würde wie das Mittel aus den Durchschlägen mit spitzer Spannung

Abb. 3. Faserhaltiges Paraffinöl beim Hineinbringen von Wasser. Abstand 4 mm; Spannungssteigerung 1,7 kV_{eff}/s; Scheitelfaktoren 1,3 und 2,0 (220/75000).



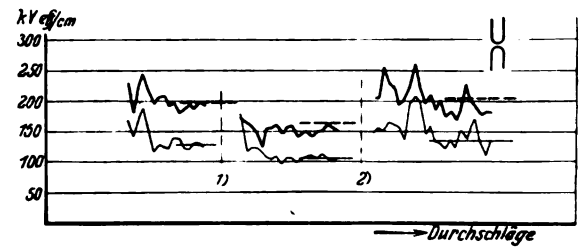
stark ausgezogene Linie: Durchschlag mit stumpfer Spannung
schwach ausgezogene Linie: Durchschlag mit spitzer Spannung
Die gestrichelte Linie gibt an, wo die stumpfe Spannung denselben Scheitelwert haben würde wie die darunter eingezeichnete Mittellinie der Durchschläge mit spitzer Spannung

Abb. 4. Öl beim Hineinbringen von feuchten Wattefasern. Abstand 3 mm; Spannungssteigerung 0,35 kV_{eff}/s; Scheitelfaktoren 1,3 und 2,0 (220/75000).

wohl der Effektivwert der stumpfen Spannung um 50 % größer ist als der der spitzen Spannung. Es wurde jetzt versucht, durch Hineinbringen von Wasser die Abhängigkeit vom Effektivwert wiederherzustellen. Bei *1)* wurde zuerst mit einem getrockneten Glasschälchen umgerührt; es ändert sich dadurch nichts. Bei *2)* wurde das Öl mit destilliertem Wasser im Schälchen umgerührt: Sofort sinkt die Festigkeit, und zwar besonders für die stumpfe Spannung. Immerhin liegen die Werte für die stumpfe Spannung noch etwas höher als die für die spitze. Erst bei *3)*, wo die Spannung langsamer, nämlich mit 0,05 kV_{eff}/s statt mit 1,7 kV_{eff}/s gesteigert wurde, fallen die Effektivwerte für beide Spannungen vollkommen zusammen.

Ein weiterer Versuch wurde mit gebrauchtem Transformatorenöl gemacht, das einmal durch Weichfilter filtriert wurde. Bei den ersten Durchschlägen herrscht, wie Abb. 4 zeigt, Abhängigkeit vom Effektivwert. Aber schon nach wenigen Durchschlägen steigt die Festigkeit für die stumpfe Spannung stärker an als für die spitze, so daß die Scheitelwerte beider Spannungsformen gleich werden. Bei *1)* wurden dem Öl einige feuchte Wattefasern zugesetzt. Sofort stellt sich die Abhängigkeit vom Effektivwert bei ganz kleinen Festigkeiten wieder ein. Die Festigkeit steigt aber, und zwar besonders für die stumpfe Spannung, schnell wieder an und nach einigen Durchschlägen ist der alte Zustand wie vor dem Hineinbringen der Fasern wieder erreicht. Bei *2)* wurde 1 Tropfen Wasser in das Öl verrührt, mit dem Erfolg, daß wieder Abhängigkeit vom Effektivwert eintritt wie zu Beginn des Versuches.

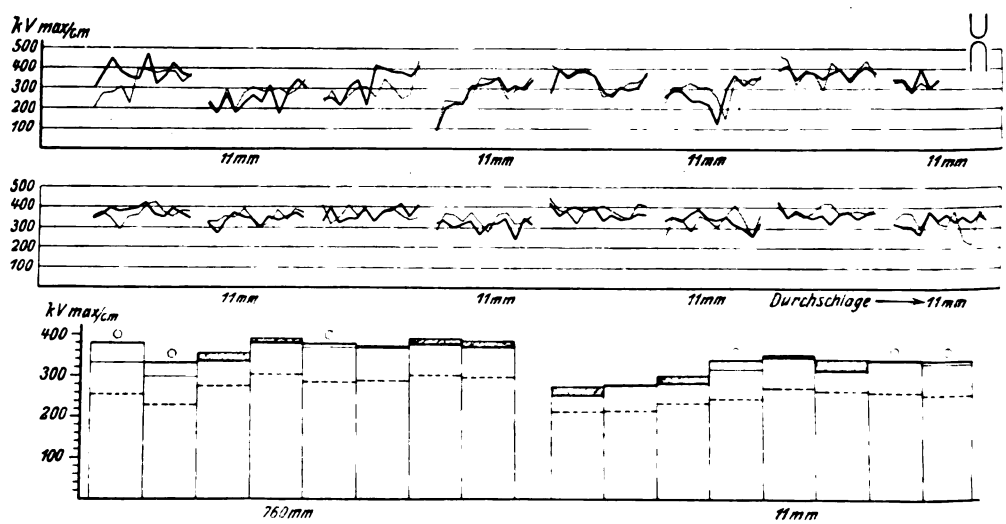
Diese Versuche sprechen bei ungereinigten feuchten Ölen für die Theorie, daß der Durchschlag durch einen Verdampfungsvorgang zustande kommt. Sie zeigen aber auch, daß nach einer Zahl von Durchschlägen, wenn nämlich das im Öl vorhandene Wasser verbraucht ist und an Stelle der Abhängigkeit vom Effektivwert die Abhängigkeit vom Scheitelwert tritt, sich am Mechanismus des Durchschlags etwas wesentlich ändern muß.



stark ausgezogene Linie: Durchschlag mit stumpfer Spannung
schwach ausgezogene Linie: Durchschlag mit spitzer Spannung
Die gestrichelte Linie gibt an, wo die stumpfe Spannung denselben Scheitelwert haben würde wie die darunter eingezeichnete Mittellinie der Durchschläge mit spitzer Spannung

Abb. 5. Nasses, aber faserfreies Paraffinöl. Abstand 2 mm; Krümmungsradius der Elektroden 5 mm; Spannungsteigerung 0,3 kV_{eff}/s; Scheitelfaktoren 1,3 und 2,0 (220/75 000).

Interessant ist nun das Verhalten von Öl, welches zwar Wasser, aber keine sonstigen Verunreinigungen, vor allen Dingen keine Faserteilchen enthält. Es ist allerdings schwer, das Öl so zu reinigen, daß sich beim Anlegen von Spannung keine Faserbrücken zwischen den Elektroden bilden. Es wurde für einen solchen Versuch nicht die Verbandsfunkenstrecke, sondern ein Glasgefäß mit Schliffen verwandt, das sich durch Auswaschen und Trocknen im Vakuum besser reinigen ließ. Das Paraffinöl wurde durch geheizte Hartfilter eingefüllt. Dann wurde viel Wasser zugegeben. Beim Anlegen von Spannung zerplatzten zwischen die Elektroden geratene Wassertropfen zu immer feinerem Nebel, so daß eine wolkenartige Trübung entstand und schließlich das ganze Öl trübe wurde[4]. In Abb. 5



In der unteren Hälfte des Bildes sind die Mittelwerte aus je einer Gruppe von 24 Durchschlägen aufgetragen. Die gestrichelte Linie gibt hier an, wo die stumpfe Spannung denselben Effektivwert haben würde wie das Mittel aus den Durchschlägen mit spitzer Spannung (○ stumpfe Spannung liegt höher als spitze!).

Abb. 6. Trockenes, hartfiltriertes Paraffinöl. Krümmungsradius der Elektroden 5 mm; Abstand 2 mm; Spannungsteigerung 1 kV_{max}/s; Scheitelfaktoren 1,3 und 1,7 (110/75 000).

[4] Eine Berechnung des Durchmessers der Wassertröpfchen abhängig von der Zerfallfeldstärke findet man bei Nolan, Proc. Roy. Irish Acad. Bd. 37, S. 28 (1926).

Digitized by Google

sind Durchschläge mit diesem Öl dargestellt[5]. Bei *1)* und *2)* wurde der Versuch jedesmal einige Tage unterbrochen, um eine neue Durchmischung des Wassers zu ermöglichen. Bei *2)* wurden die Elektroden auf 1,5 mm Abstand zusammengedreht. Man sieht, daß trotz des im Übermaß vorhandenen Wassers beide Spannungsformen nicht bei gleichen Effektivwerten, sondern von Anfang an bei gleichen Scheitelwerten durchschlagen. Bei starker Beleuchtung der Funkenstrecke wurde durch eine Lupe beobachtet, daß sich die im Öl schwebenden Wassertröpfchen in wilder Bewegung befanden. Weder eine Streckung von Wassertröpfchen noch ein Aneinanderreihen der Tropfen zu Ketten ließ sich beobachten[6].

Nach diesem Versuch tritt die Abhängigkeit des Durchschlags vom Effektivwert bei Öl, welches nur Wasser enthält, nicht auf, vielmehr müssen gleichzeitig Faserteilchen vorhanden sein, die das Wasser aufsaugen, so daß sich zusammenhängende, gut leitende Brücken zwischen den Elektroden bilden können. Sind keine Fasern vorhanden, können sich solche Brücken nicht bilden, weil das Wasser in lauter einzelne, winzige Tröpfchen zerfällt, welche in wilder Bewegung sind und keinen Kontakt miteinander haben.

Die Versuche wurden auf sorgfältig gereinigtes und getrocknetes Öl ausgedehnt. Es zeigte sich, daß sowohl bei Atmosphärendruck als auch bei stark vermindertem Druck der Effektivwert nur geringen Einfluß auf den Durchschlag hat. In Abb. 6 ist ein solcher Versuch mit Paraffinöl dargestellt. Als Ordinaten sind hier die Scheitelwerte der Durchschlagspannungen aufgetragen. Es wurde abwechselnd eine Gruppe von 24 Durchschlägen bei 760 mm Druck und eine bei 11 mm gemacht, beginnend mit 760 mm, immer abwechselnd ein Durchschlag mit spitzer und einer mit stumpfer Spannung. In der unteren Hälfte von Abb. 6 sind noch einmal die Mittelwerte aus je einer Gruppe von 24 Durchschlägen aufgetragen. Zahlentafel 1 enthält die Mittelwerte aus allen Durchschlägen.

Zahlentafel 1.

Druck mm Hg	spitze Spannung kV_{max} / cm U_1	spitze Spannung kV_{eff} / cm u_1	stumpfe Spannung kV_{max} / cm U_2	stumpfe Spannung kV_{eff} / cm u_2	Differenz kV_{max} / cm $U_1 - U_2$	Differenz kV_{eff} / cm $u_2 - u_1$
11	314	181	306	235	+ 2,6 %	26 %
760	359	209	362	279	— 0,8 %	29 %

Man sieht aus Abb. 6, daß die kleine Differenz der Scheitelwerte von 2,6 bzw. 0,8 % ganz im Streuungsbereich der Einzelwerte liegt[7].

Dieses Ergebnis läßt sich mit den Theorien von Günterschulze und Edler, welche auch bei reinen Ölen Wärmewirkungen des vor dem Durchschlag fließenden Stromes für den Durchschlag verantwortlich machen, nicht recht in Einklang bringen. Nach einer solchen Theorie müßte man, wenn auch keine reine Abhängigkeit vom Effektivwert, so doch einen größeren Einfluß des Effektivwertes erwarten[8].

Die im vorstehenden beschriebenen Versuche wurden von der Hannoverschen Hochschulgemeinschaft durch Beschaffen von Apparaten in dankenswerter Weise unterstützt.

[5] Über die verhältnismäßig große Festigkeit von nassem, aber faserfreiem Öl vgl. J. Inst. El. Engs. London Bd. 67, S. 750 (1929).

[6] Nach einer Theorie von Gyemant (Z. Phys. Bd. 33, S. 789 (1925)) soll der Durchschlag bei nassem Öl dadurch zustande kommen, daß die Wassertröpfchen sich unter dem Einfluß des elektrischen Feldes zu Ellipsoiden strecken und sich schließlich berühren und so elektrisch leitende Ketten bilden. Bei gewissen kantigen Elektroden, also bei stark ungleichförmigen Feldern, wurde tatsächlich eine Bildung solcher Ketten aus Wassertröpfchen beobachtet. Die einzelnen Tröpfchen waren dabei in Längsrichtung der Ketten in heftiger vibrierender Bewegung. Die Bildung dieser Ketten setzte für die verschiedenen Spannungsformen bei gleichem Effektivwert ein. Solche Kettenbildung tritt aber nur bei kantigen Elektroden ein, wo das ungleichförmige Feld die Tröpfchen an der Kante zusammendrängt.

[7] Mit denselben verzerrten Spannungen wurden auch Durchschläge in Luft gemacht. Wurde die Kugelfunkenstrecke nicht bestrahlt, erhielt man auch hier für die spitze Spannung im Mittel etwa 2% größere Werte als für die stumpfe Spannung. Bei bestrahlter Funkenstrecke, also nach Aufhebung der Funkenverzögerung, waren die Durchschlagwerte für beide Spannungsformen gleich.

[8] Bei reinen Ölen scheinen sich im Öl an den Elektroden Schichten zu bilden, welche Ladungen tragen. Beim Durchschlag gleichen sich diese Ladungen aus, wobei gleichzeitig eine Zersetzung des Öles eintritt. Bei der Bildung der Schichtladungen scheint die im Öl und in dem Metall der Elektrodenoberfläche absorbierte Luft eine besondere Rolle zu spielen.

Experimentelle Untersuchung des Einflusses magnetischer Felder auf die dielektrische Festigkeit von Isolatoren*.

Von Prof. A. Smurow, Leningrad.

Übersicht. Es werden Versuchsergebnisse bezüglich des Einflusses eines magnetischen Feldes auf die dielektrische Festigkeit von verschiedenen Isolierstoffen mitgeteilt.

In einem früheren Vortrag[1] habe ich darauf hingewiesen, daß es gewisse Fälle der Ionisierung geben kann, in denen diese nicht direkt durch den Zusammenstoß von freien Elektronen mit den Atomen, sondern durch die direkte Einwirkung eines äußeren elektrischen Feldes auf die sich in der äußeren Zone des Atoms befindenden Elektronen hervorgerufen wird. In diesem letzten Fall werden bei einer gewissen Intensität des äußeren elektrischen Feldes Elektronen aus dem Atom herausgerissen, es findet eine Ionisierung statt. Eine eingehende Betrachtung der Bewegung der Elektronen im Atom zeigt, daß es auch eine Einwirkung eines äußeren magnetischen Feldes auf die Bewegung der Elektronen im Atom geben muß, u. zw. wird durch den Einfluß dieses magnetischen Feldes die Ionisierungspannung bei einem Zusammenstoß von freien Elektronen mit den Atomen oder bei einer direkten Einwirkung des äußeren elektrischen Feldes entweder gesteigert oder auch im Gegenteil herabgesetzt. Es würde also unter dem Einfluß eines magnetischen Feldes eine Änderung der dielektrischen Festigkeit eines Isolators auftreten, der gleichzeitig der Wirkung eines elektrischen und eines magnetischen Feldes ausgesetzt ist.

Diese Tatsache kann auch ohne komplizierte theoretische Ausführungen gezeigt werden. Denken wir uns nämlich einen vom elektrischen Strom durchflossenen Leiter, der die Form eines Kreises hat und aus einem sehr elastischen leitenden Material geschaffen sei, das ungefähr die mechanischen Eigenschaften von Gummi besitzt. Dieser Leiter möge sich dann zwischen zwei ebenen Platten befinden, so daß er sich nur in einer Ebene deformieren kann; es mögen weiter noch auf diesen Leiter Kräfte wirken, die gleichmäßig auf den ganzen Umfang des Kreises verteilt und radial gerichtet sind. Falls dieser Leiter von einem äußeren magnetischen Fluß durchquert wird, der die gleiche Richtung wie der eigene magnetische Fluß des Stromes im Leiter hat, wird der Leiter bestrebt sein, den magnetischen Fluß, den er umschlingt, zu vergrößern; infolgedessen wird der Durchmesser des Leiters vergrößert. Die dabei vom äußeren magnetischen Feld her auftretenden Kräfte werden dann in ihrer Richtung mit den äußeren, an den Umfang des Kreises angelegten Kräften zusammenfallen; es werden sich also die Wirkungen dieser Kräfte addieren. Falls aber der äußere magnetische Fluß eine dem eigenen magnetischen Fluß des Stromes entgegengesetzte Richtung hat, wird der Leiter sich zusammenzuziehen bestrebt sein; es werden sich die Kräfte voneinander abziehen. Ungefähr dasselbe wird mit einem Elektron geschehen, das auf einer Kreisbahn in einem Atom rotiert und dem Einfluß eines äußeren magnetischen Feldes ausgesetzt ist. Die dabei vom magnetischen Felde hervorgerufenen Kräfte können in Abhängigkeit von der Rotationsrichtung eines Elektrons im Atom entweder zu den Kräften, die das Elektron aus dem Atom herauszureißen bestrebt sind, hinzutreten oder können auch diesen Kräften entgegengesetzt sein. In dieser Weise kann die dielektrische Festigkeit eines Isolators derart vom magnetischen Feld beeinflußt sein, daß sie entweder vergrößert oder verkleinert wird.

Die theoretischen Betrachtungen haben ferner gezeigt, daß es einen Einfluß des magnetischen Feldes auf die dielektrischen Verluste in einem Isolator geben kann, was auf die Änderung des scheinbaren Durchmessers eines Atoms durch den Einfluß eines äußeren magnetischen Feldes zurückzuführen ist.

Die Versuche zur Bestimmung des Einflusses eines magnetischen Feldes auf die dielektrische Festigkeit von

* Vortrag, gehalten im Elektrotechnischen Verein am 3. XII. 1929.

[1] Smurow, Arch. El. Bd. 22, S. 31 (1929); ETZ 1929, S. 768.

Digitized by Google

Isolatoren wurden nach den drei folgenden Richtungen angestellt:

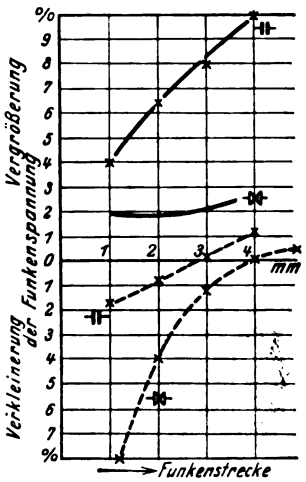
1. Versuche zur Bestimmung des direkten Einflusses des magnetischen Feldes auf die dielektrische Festigkeit der Isolatoren.
2. Versuche zur Bestimmung des Einflusses des magnetischen Feldes auf die dielektrische Festigkeit, deren Änderung durch den Einfluß des magnetischen Feldes auf die Wärmeausscheidung bei den dielektrischen Verlusten hervorgerufen wird.
3. Versuche zur Feststellung des Auftretens eines magnetischen Feldes in einem Isolator unter dem Einfluß eines elektrischen Feldes.

Die Versuche zur Bestimmung des Einflusses eines magnetischen Feldes auf die dielektrische Festigkeit wurden von mir zusammen mit A. Monkhouse im Hochspannungslaboratorium des Elektrotechnischen Instituts in Leningrad ausgeführt. Sie erstreckten sich auf die Untersuchung dieses Einflusses auf gasförmige, flüssige und feste Isolatoren. Als gasförmiger Isolator wurde Luft in zweierlei Wege untersucht; in dem einen Falle besaß das magnetische Feld die gleiche Richtung wie das elektrische Feld, im anderen Falle war das magnetische Feld quer zum elektrischen Felde gerichtet. Aus den zahlreichen Versuchen hat sich ergeben, daß beim Zusammenfallen der Richtungen der beiden Felder eine Erniedrigung der Durchschlagspannung hervorgerufen wird. So erhielt man zum Beispiel in diesem Falle folgende prozentuale Erniedrigung der Durchschlagspannung für Elektroden, die aus zwei Halbkugeln von 12,5 mm Dmr. bestanden:

Länge der Funkenstrecke	Magnetisierungsstrom	Stärke des Magnetisierungsstromes	prozentuale Durchschlagspannungs-Erniedrigung
1,80 mm	Wechselstrom	11 A	2,5%
1,95 mm	Gleichstrom	16,4 A	2,5%

Die Intensität des magnetischen Feldes bei Gleichstrom-Magnetisierung entsprach bei diesen Versuchen ungefähr der magnetischen Feldintensität bei Wechselstrom-Magnetisierung.

Bei einer Magnetisierung, die quer zum elektrischen Felde gerichtet war, erhielt man entweder eine Erniedrigung oder eine Erhöhung der Durchschlagspannung in Abhängigkeit von der Art der Magnetisierung, von der Elektrodenform und von der Länge der Funkenstrecke. Die Ergebnisse dieser Versuche sind in den Kurven der Abb. 1 dargestellt. Es wurden zwei Elektrodenformen benutzt, u. zw. Halbkugeln von 12,5 mm Dmr. und Plattenelektroden von 12,5 mm Dmr. Die zu jeder der Kurven zugehörige Elektrodenform ist in Abb. 1 angegeben, ebenso die Art des Magnetisierungstromes. Die Kurven für Wechselstrom-Magnetisierung liegen höher als diejenigen für Gleichstrom-Magnetisierung, so daß sich bei Wechselstrom-Magnetisierung nur eine Durchschlagspannungs-Erhöhung ergibt. Im Fall einer Gleichstrom-Magnetisierung erhält man eine Durchschlagspannungs-Erniedrigung bei kurzen Funkenstrecken, die in eine Durchschlagspannungs-Erhöhung für längere Funkenstrecken übergeht. Außerdem liegen die Kurven für Platten höher als diejenigen für Halbkugeln für ein und dieselbe Magnetisierungsart.



——— Gleichstrom-Magnetisierung

– – – Wechselstrom-Magnetisierung

Platten- bzw. Schalen-Dmr. 12,5 mm

Abb. 1. Versuche mit Luft als Dielektrikum und quer zur Funkenstrecke gerichtetem Magnetfeld.

Um diese recht komplizierten Verhältnisse erklären zu können, betrachten wir zuerst die halbkugelförmigen Elektroden. Das quer zum elektrischen Felde gerichtete magnetische Feld wird zwei Arten des Einflusses auf die Durchschlagspannung ausüben können: Einerseits wird dieses Feld die Ionisierungsspannung heruntersetzen, wodurch die Durchschlagspannung der Funkenstrecke erniedrigt wird, anderseits aber werden die als Elektrizitätsträger dienenden Ionen und Elektronen bei ihrer Bewegung durch die Funkenstrecke infolge der Einwirkung des magnetischen Feldes von der kürzesten Bahn zwischen den Elektroden abgelenkt. Infolgedessen wird eine Verlängerung der Funkenstrecke eintreten, was zu einer Erhöhung der Funkenspannung führen muß. Bei Wechselstrom-Magnetisierung und bei einem elektrischen Wechselstromfelde von derselben Periodenzahl wird die Ablenkungsrichtung eines Ions oder Elektrons immer ein und dieselbe bleiben. Im Fall eines ungleichförmigen elektrischen Feldes findet die Stoßionisierung nur nahe an den Elektroden statt, weil nur dort eine dazu notwendige Intensität des elektrischen Feldes herrscht. Infolge einer nicht für die Stoßionisierung genügenden Feldstärke in der Mitte der Funkenstrecke können die Elektronen in der Mitte der Funkenstrecke nicht als freie Elektronen wandern, sondern sie werden eher an Atomen anhaften und mit denselben negativ geladene Ionen bilden. Die Beweglichkeit dieser negativ geladenen Ionen ist bedeutend geringer als die von freien Elektronen. Infolge der kleinen Beweglichkeit der Ionen wird die für den Überschlag der Funkenstrecke notwendige Anzahl von Ionen und Elektronen sich nur etwa während einiger Halbperioden des Wechselstromes ausbilden können. Dabei wird bei Wechselstrom-Magnetisierung die durch das magnetische Feld hervorgerufene Bewegungsbahn der Ladungen zwischen den Elektroden infolge des gleichbleibenden Sinnes der Ablenkung der Elektronen am längsten ausfallen, was unbedingt zu einer Durchschlagspannungs-Erhöhung führen muß, welche die Durchschlagspannungs-Erniedrigung durch den direkten Einfluß der magnetischen Felder auf die Ionisierungsspannung überwiegen kann.

Je größer die Funkenstrecke ist, desto größer muß auch die Spannungserhöhung sein. Dagegen wird bei Gleichstrom-Magnetisierung die Ablenkungsrichtung der Bewegung der Ionen bei jeder Halbperiode des elektrischen Wechselfeldes auch gewechselt, was zu einer kleineren gesamten Ablenkung der sich in der Funkenstrecke bewegenden Ionen führen wird. Infolgedessen muß bei Gleichstrom-Magnetisierung die Länge der Funkenbahn kleiner ausfallen als bei Wechselstrom-Magnetisierung; dies muß unbedingt zu einer Verkleinerung der Durchschlagspannung im Vergleich mit derjenigen bei Wechselstrom-Magnetisierung führen.

Bei plattenförmigen Elektroden wird der Funken durch das quer gerichtete Magnetisierungsfeld an den Rand der Elektroden ins Gebiet ungleichförmigen elektrischen Feldes getrieben. Das bedeutet für den Funken ungefähr die gleichen Verhältnisse wie sie bei Halbkugelelektroden herrschen; aber relativ zur Durchschlagspannung beim homogenen Feld zwischen Platten ergibt das eine viel größere Durchschlagspannungs-Erhöhung als im Falle von Halbkugelelektroden.

Die Versuche mit Transformatorenöl haben ungefähr zu den gleichen Ergebnissen geführt wie sie für Luft beobachtet wurden. Bei diesen Versuchen wurde das Öl in ein besonderes Gefäß gegossen, in das die Elektroden eingetaucht wurden. Das Gefäß wurde zwischen die Pole eines Elektromagneten gestellt. In Fällen, wo man Wechselstrom-Magnetisierung brauchte, wurde ein Elektromagnet aus lamelliertem Eisen verwendet. Dieser Elektromagnet wurde aus einem Einphasentransformator hergestellt, indem ein Stück des Joches ausgeschnitten wurde. Bei diesen Versuchen lieferte bei technisch trockenem Öl eine Wechselstrom-Magnetisierung sowohl für Parallelverlauf als auch für Querverlauf des elektrischen und magnetischen Feldes eine Erhöhung der Durchschlagspannung. Diese Durchschlagspannungs-Erhöhung war aber bei schwächeren magnetischen Feldern und größeren Längen der Funkenstrecke nicht zu beobachten. Dagegen erhielt man bei speziell mit Phosphoranhydrid getrockneten Ölen eine Durchschlagspannungs-Erniedrigung bei Wechselstrom-Magnetisierung und parallelen Feldern; die Gleichstrom-Magnetisierung ergab eine Erniedrigung der Durchschlagspannung. Bei technisch trockenen Ölen konnte man besonders stetige Ergebnisse erzielen, nachdem das Öl etwa durch 10 Entladungen angetrocknet war. Dagegen konnte man bei Ölen, die durch Anwendung von Phosphoranhydrid sehr gut ausgetrocknet waren, die besten Ergebnisse nur bei den ersten Durchschlägen erhalten, bevor noch das Öl durch die Entladungen verunreinigt war. Aus den Versuchen geht hervor, daß die Anwesenheit der Feuchtigkeit und der Verunreinigungen eine große Rolle bei der Einwirkung des magnetischen Feldes auf die dielektrische Festigkeit des Öles spielt. Dieser Einfluß der Feuchtigkeit ist vielleicht auf die katalysierende Wirkung der Wassermoleküle zurückzuführen, wie ich bereits in meinem früheren Vortrag gezeigt habe. Denken wir uns ein Wasser-

Digitized by Google

molekül, das eine große Dielektrizitätskonstante und infolgedessen ein großes elektrisches Moment besitzt; um letzteres zu erzeugen, muß im Wassermolekül die positive Ladung genügend weit von der negativen Ladung entfernt sein, wie es schematisch in Abb. 2 dargestellt ist. Wenn nun ein Ölmolekül von der negativen Ladung angezogen wird, was infolge der Anziehungskraft zwischen dem positiven Kern des Ölmoleküls und der negativen Ladung des Wassermoleküls möglich sein muß, so werden die Elektronen im Ölmolekül in eine Lage geraten, in welcher der Ionisierungsgradient des äußeren elektrischen Feldes stark reduziert werden kann, wie ich in meiner früheren Arbeit gezeigt habe. Bei einem elektrischen Wechselstromfelde wird das Wassermolekül zusammen mit dem Ölmolekül bei der nächsten Halbperiode eine andere Lage annehmen, wie es in Abb. 3 angegeben ist. Tritt nun zu dem

Abb. 2. Abb. 3.

Zur Erklärung des Feuchtigkeitseinflusses.

elektrischen Wechselfeld noch ein in derselben Richtung verlaufendes magnetisches Gleichstromfeld, so wird bei der einen Richtung des elektrischen Feldes die Ionisierungsspannung herabgesetzt, bei der anderen dagegen erhöht, was im Endergebnis zu einer Erniedrigung der Durchschlagspannung des feuchten Öles führen muß. Ist aber das magnetische Feld ein Wechselstromfeld, so muß für beide Richtungen des elektrischen Feldes entweder eine Erhöhung oder eine Erniedrigung der Durchschlagspannung eintreten. Aus den Versuchen mit technisch trockenen Ölen hat sich eine Durchschlagspannungs-Erhöhung ergeben. In Zahlentafel 1 sind einige typische Ergebnisse dieser Versuche mit technisch trockenen Ölen angegeben.

Zahlentafel 1. Versuche mit technisch trockenem Öl.

Länge der Funkenstrecke 2 mm						
Richtung des Feldes	Magnetisierungsstromart	Stärke des Magnetisierungsstromes A	Mittel aus 5 Durchschlägen ohne Feld V	Mittel aus 5 Durchschlägen mit Feld V	prozentuale Spannungs- Erhöhung	Erniedrigung
paralle	Wechselstrom	21,5	18 500	20 800	8,9	—
„	„	21,5	22 060	23 140	9,5	—
„	„	21,5	23 140	23 850	9,7	—
„	„	21,5	20 720	23 400	8,9	—
„	„	21,5	20 940	23 080	9,1	—
quer	„	21,5	20 500	23 060	8,9	—
„	Gleichstrom	16	20 400	17 550	—	8,6
„	„	16	19 180	17 200	—	9,0
„	„	16	20 450	18 430	—	9,0
„	„	16	20 400	17 500	—	8,6

Versuche mit festen Isolatoren haben auch einen Einfluß des magnetischen Feldes auf die Durchschlagspannung ergeben. Die Versuche mit Preßspan zeigten Ergebnisse nach Zahlentafel 2.

Zahlentafel 2. Versuche mit Preßspan.

Durchschlagspannungen in Volt		
ohne magn. Feld	Wechselstromfeld	Gleichstromfeld
23 700	18 000	14 500
23 600	19 000	16 300
17 400	16 800	19 400
18 400	17 700	16 400
23 900	14 800	14 600
23 600	14 400	14 400
20 000	18 600	16 000
23 400	17 200	
24 000		
24 000		
Mittelwert 22 210	17 012	16 085
Spannungserniedrigung	23,4%	27,5%

Ferner mögen noch die Ergebnisse der Versuche mit Glimmer angegeben sein. Um mit homogenen Stücken von Glimmer in gleichmäßiger Stärke experimentieren zu können, wurden die Glimmerstückchen mittels der durch eine Natriumflamme hervorgerufenen Interferenzstreifen auf Homogenität untersucht. Die Durchschlagfestigkeit des Glimmers wurde unter Öl bestimmt, indem die Glimmerstücken mittels einer Pinzette zwischen zwei vergoldete Kugelelektroden von 5 mm Dmr. gebracht wurden, die vermöge einer Feder einen konstanten Druck aufeinander ausübten und in ein mit Öl gefülltes Gefäß aus Glas getaucht waren. Der Durchschlag des Glimmers unter Öl erfolgte immer unter den Kugelelektroden; an einer ganz kleinen Glimmerplatte konnten die Durchschläge dicht nebeneinander gemacht werden. Die Versuche wurden mit Gleichstromspannung von einem Kenotron und mit Gleichstrom-Magnetisierung ausgeführt. Dabei bekam man für verschiedene Glimmersorten verschiedene Ergebnisse. Gewöhnlich erhielt man bei quergerichteten Feldern eine Durchschlagspannungs-Erhöhung, die rd. 5 ... 15 % betrug. Bei parallelen Feldern dagegen war die Wirkung der Magnetisierung gering. Bei einer der untersuchten Glimmersorten erhielt man besonders hohe Werte für den Einfluß der Magnetisierung, die einer Durchschlagspannungs-Erhöhung von rd. 60 % entsprach. Die Ergebnisse mit dieser Glimmersorte sind in Zahlentafel 3 wiedergegeben.

Zahlentafel 3. Untersuchung von Glimmer.

Gleichstrom-Durchschlagspannung ohne magn. Feld kV	Gleichstrom-Durchschlagspannung mit magn. Feld kV	Feldstärke Gauß
7	11	Querfeld, $H = 6400$
7	11	
6	9,2	
6		
Mittel 6,5	10,4	
7	12	Querfeld, $H = 6400$
6,8	12	
7	12,2	
6,6	10,6	
6,6	10,6	
Mittel 6,8	11,48	
7,2	12,5	Querfeld, $H = 6400$
7,2	11,5	
7,2	10,8	
Mittel 7,2	11,6	
15	15	parallele Felder, $H = 6400$
15	15	
15	15	
14,9	14,8	
Mittel 15	15	
14	13,5	parallele Felder, $H = 6600$
13,5	14,2	
14,5	14,4	
14	14,5	
14,5	13,5	
13,5		
Mittel 14	14,02	

Der Einfluß eines magnetischen Feldes auf die Wärmebildung bei den dielektrischen Hysteresisverlusten konnte am besten dadurch beobachtet werden, daß einem Isolator eine konstante Spannung aufgedrückt und dann die Zeit beobachtet wurde, während welcher der Durchschlag erfolgte, u. zw. einmal ohne Magnetisierung und dann unter dem Einfluß eines magnetischen Feldes.

Wenn sogar der Unterschied zwischen den Durchschlagspannungen, die einer bestimmten Zeit entsprechen, während welcher der Isolator diese Spannungen mit bzw. ohne Magnetisierung aushalten kann, gering ist, so können doch, wie aus Abb. 4 zu ersehen ist, die Zeiten, in denen ein Isolator eine bestimmte Spannung aushalten kann, sehr verschieden ausfallen. In Abb. 4 entspricht die Kurve *a* der Abhängigkeit der Durchschlagspannung von der Zeit, in der eine bestimmte Spannung vom Isolator ohne Magnetisierung ausgehalten wird; Kurve *b* zeigt die Abhängigkeit der Durchschlagspannung von der Zeit im Falle einer Magnetisierung. Auf diese Weise wurden an 3 mm dickem Preßspan die Ergebnisse der Zahlentafel 4 erhalten.

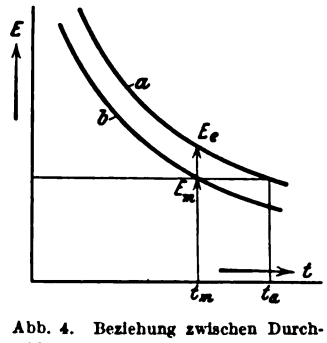


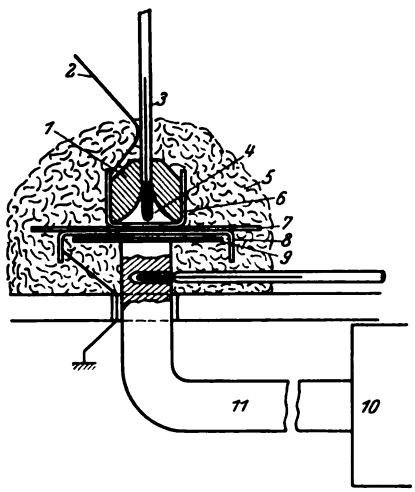
Abb. 4. Beziehung zwischen Durchschlagspannung und Zeitverzögerung ohne (*a*) und mit Magnetisierung (*b*).

Zahlentafel 4. Versuche an Preßspanplatten.

Angelegte Wechselstromspannung V	Zeit, nach welcher der Durchschlag erfolgte ohne Magnetisierung s	mit Wechselstrom-Magnetisierung s
12 000	90	12
14 000	100	20
14 000	15	6
14 000	75	67

Digitized by Google

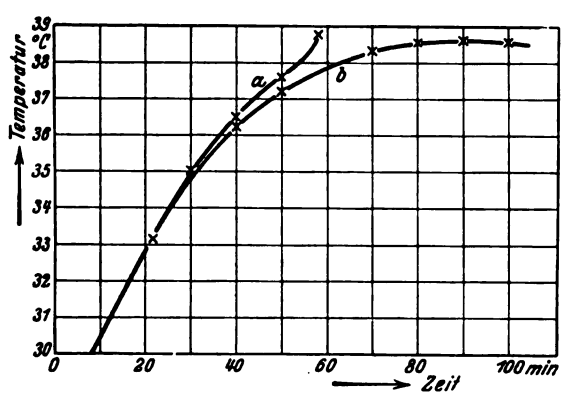
A. Monkhouse hat auch den Anstieg der Temperatur in einem Isolator direkt mit einem Thermometer gemessen (Abb. 5). Diese Messungen ergaben für Exzelsiorleinen in zwei Schichten einen viel rascheren Temperaturanstieg bei Magnetisierung, wie aus den Kurven der Abb. 6 hervorgeht.



1	Hartgummi	5	Watte	9	Asbest
2	Zuleitung	6	Kupfer	10	Elektro-Magnet
3	Thermometer	7	Prüfling	11	Magnetjoch
4	Quecksilber	8	Aluminium		

Abb. 5. Anordnung zur Messung des Temperaturanstiegs von Isolierstoffplatten.

In meinem früheren Vortrag über die physikalischen Vorgänge in homogenen Isolatoren[2] habe ich gezeigt, daß unter dem Einfluß eines elektrischen Feldes infolge einer Verzerrung der Elektronenbahnen im Atom magnetische Eigenschaften in Isolatoren auftreten. Wenn man mit M_e das auf einen Isolator im elektrischen Felde ausgeübte Moment und mit M_m das auf ihn im magnetischen Felde ausgeübte Moment bezeichnet, so werden sich bei gleichzeitiger Einwirkung beider Felder diese beiden Momente einfach überlagern und ein resultierendes Moment $M_{em} = M_e + M_m$ ergeben. Wenn aber magnetische Eigenschaften in einem Isolator unter dem Einfluß eines elektrischen Feldes auftreten, würde dieses Moment M_{em} nicht mehr gleich $M_e + M_m$ sein. Das Verhältnis $\frac{M_{em}}{M_e + M_m}$ wird also, wenn es von dem Wert 1 abweicht, das Auftreten von magnetischen Eigenschaften unter dem Einfluß eines elektrischen Feldes andeuten.



a mit magnetischem Feld *b* ohne magnetisches Feld
Wechselstrom 4500 V, Lufttemperatur 16,5°

Abb. 6. Temperaturanstieg für Exzelsiorleinen.

Wie ich schon beschrieben habe, ist es nicht schwer, dieses Verhältnis zu bestimmen, indem man die Schwingungsdauern T, T_e, T_m und T_{me} eines Stäbchens aus dem zu untersuchenden Isolierstoff zunächst ohne Einfluß der Felder, dann einzeln unter dem Einfluß des elektrischen und des magnetischen Feldes und zuletzt unter der gemeinsamen Wirkung beider Felder bestimmt. Auf diese Weise wurden die Werte der Zahlentafel 5 ermittelt.

[2] Wie Fußnote 1.

Zahlentafel 5. Verhältnis $\frac{M_{em}}{M_e + M_m}$ für Schwefel und Steinsalz.

	Gauß	Feldstärke, kV/cm 2	4	6	8
Schwefel	2800	1,26	1,08	1.0	1.0
	4100	1.5	1,15	1,0	1.0
	5100	—	1,25	1.06	1.0
	5900	1.15	1,18	1,06	1.04
	6400	0,86	1,05	1,02	1,0
Steinsalz	2800	1,85	1,043	0,898	0,903
	4100	2.15	1,133	0,924	0,974
	5500	2,25	1,045	0,894	0,905
	6600	2,355	0,965	0,894	0,905

Zur Zeit wird im Hochspannungslaboratorium des Elektrotechnischen Instituts in Leningrad eine andere neue Methode zur direkten Bestimmung dieser unter dem Einfluß von elektrischen Feldern auftretenden Magnetisierung ausgearbeitet.

Mitteilungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

Bekanntmachungen über Prüfungen und Beglaubigungen durch die Elektrischen Prüfämter[1].

Nr. 285.

Auf Grund des § 10 des Gesetzes vom 1. VI. 1898, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, wird dem System 131 folgende Elektrizitätszählerform als Zusatz eingereiht:

Zusatz zu System 131, die Form J 7, Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom, hergestellt von der **Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft** in Berlin.

Berlin-Charlottenburg, den 22. VIII. 1930.

Der Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.
I. V.: Gehrcke.

Beschreibung.

Zusatz zu System 131,

die Form J 7, Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom, hergestellt von der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft in Berlin.

Die durch die Bekanntmachungen Nr. 219 vom 7. VIII. 1926 (ETZ 1926, S. 1200), Nr. 240 vom 15. VI. 1927 (ETZ 1927, S. 1376) und Nr. 262 vom 12. VI. 1928 (ETZ 1928, S. 1406) zur Beglaubigung zugelassenen Wechselstromzähler der Form J des Systems 131 werden auch in einer geänderten Ausführung unter der Formbezeichnung J 7 hergestellt. Diese Zähler können als Zweileiterzähler in ein- und zweipoliger Schaltung für Nennstromstärken von 2,5 bis 20 A, Nennspannungen bis 250 V und Nennfrequenzen von 40 bis 60 Hz beglaubigt werden.

Die Zähler der Form J 7 unterscheiden sich von denen der Form J im wesentlichen in folgenden Punkten:

1. Die Abmessungen des Strom- und Spannungseisens mit Rückschluß- und Drosselkern und des Bremsmagneten sowie die Abmessungen und Drahtstärken der Strom- und Spannungswicklungen (bei unveränderter Windungszahl) sind verringert.
2. Der Durchmesser der Ankerscheibe ist erhöht.
3. Für die Leerlaufhemmung ist ein am Spannungseisen befestigtes Streublech vorgesehen, das ein an der Systemachse befestigtes Eisenhäkchen beeinflußt.
4. Die Stoßfuge zwischen dem Spannungskern, auf dem die Spannungspule sitzt, und dem Rückschlußkern des Spannungseisens liegt oberhalb der Spannungspule.

Die untersuchten Zähler hatten bei Nennlast ein Drehmoment von etwa 4,6 cmg. Sie liefen bei induktionsloser Belastung mit etwa 0,3 % der Nennstromstärke an. Das Ankergewicht wurde bei einem Zähler zu etwa 25 g, die Drehzahl der Zähler bei Nennbelastung zu 55 U/min ermittelt. Der Eigenverbrauch der Spannungspule betrug etwa 0,57 W bei 110 und 220 V Nennspannung und der Frequenz 50 Hz. Der Eigenverbrauch des Hauptstromspulenpaares belief sich auf etwa 0,71 W bei 5 A und auf etwa 1.14 W bei 20 A Nennstromstärke, u. zw. bei der Frequenz 50 Hz.

[1] Reichsministerialblatt 1930, S. 525.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Elektromaschinenbau.

Über die Stromdichte in Transformatorwicklungen. — cht man bei der Ermittlung des günstigsten Stromdich- nverhältnisses für Transformatorenwicklungen nicht on einem konstanten Gesamtkupfergewicht, sondern von inem gegebenen Wickelraum aus, so findet man bei cheibenwicklungen, daß das Minimum der Verluste er- eicht wird, wenn sich die Stromdichten umgekehrt wie ie Wurzeln aus den mittleren Windungslängen und den üllfaktoren verhalten. Dabei sind die mittleren Win- lungslängen und Füllfaktoren als unveränderlich ange- ommen. Das Gesamtkupfergewicht wird bei diesem opti- nalen Verhältnis der Stromdichten größer als bei gleichen Stromdichten. Das bedeutet aber eine Verteuerung des Transformators. Sollen nicht nur die Verluste, sondern auch der Preis berücksichtigt werden, so ist das Strom- lichtenverhältnis für das Minimum der jährlichen Kosten zu bestimmen. Mit diesem Ansatz ergibt sich ein gerin- gerer Unterschied der Stromdichten als oben angegeben. Bei Zylinderwicklungen gelangt man bei entsprechender Betrachtungsweise zu einem ähnlichen Resultat. In der Gleichung für das optimale Verhältnis der Stromdichten erscheinen unter dem Wurzelzeichen neben den Füllfak- toren statt der mittleren Windungslängen der innerste und äußerste Umfang der Wicklung. Da die Minima der Ver- luste und jährlichen Kosten jedoch sehr flach verlaufen, ist es nicht erforderlich, die neuen Formeln für das Strom- dichtenverhältnis exakt zu erfüllen, was mit Rücksicht auf andere Gesichtspunkte (Erwärmung, normale Drahtpro- file, Zusatzverluste) auch meistens nicht möglich sein wird. Für die Wahl der absoluten Höhe der Stromdichte und Induktion ist die Summe der Material- und Verlust- kosten maßgebend. Diese erreicht ihr Minimum, wenn die Kupferverlustkosten und Eisenverlustkosten je 37,5 % der gesamten Material- und Verlustkosten betragen. (K. Faye-Hansen, El. u. Maschinenb. Bd. 47, S. 545.) *R. K.*

Leitungen.

Amerikanische Betriebstatistik über Hochspannungskabel für das Jahr 1928. — Von der National Electric Light Association werden vorbildliche und sehr interessante Statistiken über Kabelfehler bei Elektrizitätswerken durchgeführt. Aus dem kürzlich erschienenen Bericht über das Jahr 1928 sind folgende Angaben bemerkenswert:

In der Betriebstatistik sind die Hochspannungskabel in 3 Gruppen eingeteilt: 6,6 ... 15 kV, 16 ... 35 kV und über 35 kV. Die Gesamtmenge der Hochspannungskabel, über

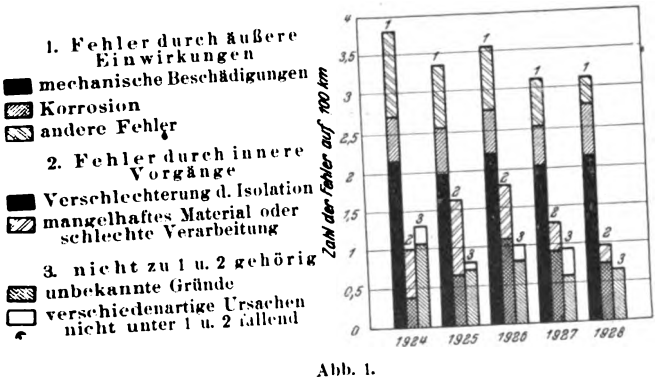
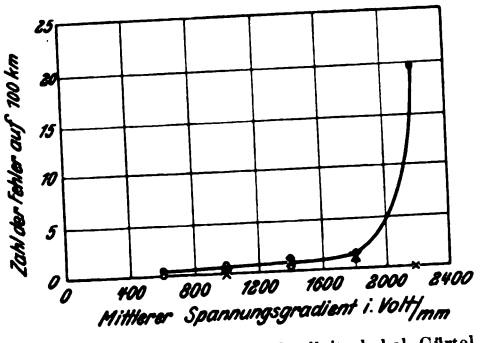


Abb. 1.

die berichtet wird, betrug 18 500 km und bezieht sich auf 43 verschiedene Werke. Im Berichtsjahr wurden 895 Kabelfehler gemeldet, wobei die Mehrzahl (66 %) auf äußere Einwirkungen oder auf Montagefehler entfällt, somit auf das Konto derjenigen Instanzen geht, die für die Verlegung oder den Betrieb verantwortlich waren. Hiervon entfallen etwa 13,7 % auf Korrosion des Bleimantels, teils durch Elektrolyse, teils durch chemische Einwirkungen. Mechanische Verletzungen des Bleimantels waren bei 11,62 % die Fehlerursachen. Von den Fehlern, die durch Vorgänge im Kabel selbst veranlaßt waren, werden 4,8 % vorzeitigen Alterungserscheinungen zugeschrieben, 6,9 % überstarker Ionisierung. Die wichtigsten Ziffern sind in Abb. 1 dargestellt.

Vielfache Ermittlungen wurden angestellt um festzustellen, ob die Anzahl der Fehler aus inneren Vorgängen mit dem Betriebsalter des Kabels zunimmt, indessen konnten einwandfreie Ergebnisse noch nicht erzielt werden. In Abb. 2 ist die Abhängigkeit der Fehlerziffer vom mittleren Potentialgradienten dargestellt. Bei Dreifachkabeln mit Gürtelisolation nimmt die Fehlerziffer sehr stark zu, wenn der mittlere Potentialgradient über 1500 V/mm steigt.



○ Einleiterkabel • Dreileiterkabel, Gürtel
× Dreileiterkabel, metallisiert

Mittlerer Gradient V/mm	400–800	800–1200	1200–1600	1600–2000	2000–2400
Einleiterkabel, km	7,58	103,59	295,50	231,39	65,62
Dreileiterkabel, Gürtel, km	256,60	1500,91	2503,00	1325,06	39,91
Dreileiterkabel, metallisiert, km	0	2,45	42,42	39,25	4,93

Abb. 2. Amerikanische Statistik der Kabelfehler 1928.

In starkem Maße steigt die Verwendung von Ölgefäßen. Ende 1928 waren über 900 km Kabel mit Ölgefäßen ausgerüstet, hiervon etwa 300 km bei Spannungen unter 66 kV. Die sonstigen Ergebnisse der Betriebstatistik lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

1. Die Zahl der Fehler in Kabeln, Muffen und Endverschlüssen hat beträchtlich abgenommen.

2. Die Gesamtziffer der Fehler in Kabeln und Muffen betrug 7,5 auf 100 km Kabel, wovon 36 %, d. h. 2,6 auf Muffen entfielen.

3. Die Kabelfehler, die während der ersten 2 Jahre des Betriebes durch innere Vorgänge im Kabel veranlaßt waren, haben bemerkenswert abgenommen.

4. Von sämtlichen Kabelfehlern waren veranlaßt 20 % durch innere Vorgänge im Kabel, 66 % durch äußere Einwirkungen, 14 % durch unbekannte Ursachen.

5. Die Ziffer der Fehler, die durch innere Vorgänge bedingt waren, war für Einleiterkabel 0,47, für Dreileiterkabel mit Metallisierung 0,49 und für Dreileiterkabel mit Gürtelisolation 1,0 auf 100 km.

6. Kabel mit Lackband und Kabel mit Gummiisolation werden im allgemeinen mit Gradienten betrieben, die beträchtlich geringer sind als bei Kabeln mit Papierisolierung. Die Ziffer der Fehler durch innere Vorgänge betrug trotzdem bei diesen Kabeln 1,4 auf 100 km gegenüber einer entsprechenden Ziffer von 0,94 bei papierisolierten Kabeln.

7. Die Menge der Einleiterkabel nahm um 13 % zu gegenüber einer Zunahme von 8 % im Jahre 1927. Für Dreileiterkabel mit Metallisierung war die Zunahme im Jahre 1928 2,2 %, 1927 1 %.

8. Die Fehlziffer für Endverschlüsse war 5,1 für 1000 Endverschlüsse, das ist mehr als zweimal soviel wie die Fehlerziffer in den Verbindungsmuffen.

9. 15 große Elektrizitätswerke besitzen verschiedenartige Prüfeinrichtungen für Wechselstrom und Gleichstrom und führen damit in der Hauptsache Prüfungen an neu in Betrieb gesetzten Kabelstrecken aus und Prüfungen nach Reparaturen.

10. Einige Gesellschaften beginnen damit, regelmäßig Messungen des dielektrischen Verlustes an dem verlegten Kabelnetz durchzuführen.

(H. Halperin, El. World Bd. 93, S. 1093 u. 1327; Nat. El. Light Assoc. 1930, Nr. 27.) *R. A.*

Apparate.

Eine selbsttätige Parallelschalteinrichtung für Kleintransformatoren. — Den unerwünschten Leerlaufstrom von Transformatoren, wie sie zur Speisung von Klein-

Digitized by Google

spannungs-Lichtanlagen, von Ladegleichrichtern, Kleinmotoren usw. benutzt werden, sucht man dadurch einzuschränken, daß man den Transformator, solange er unbelastet ist, oberspannungseitig abschaltet. Dieses Verfahren hat folgende Nachteile: Man ist gezwungen, den Standort des Transformators aufzusuchen oder den Primärstrom über einen an der Verbrauchstelle angebrachten Schalter zu führen. Mit der Ausschaltung von Hand sind gewisse Leerlaufzeiten verbunden. Der niedergespannte Strom steht nicht im Augenblick des Bedarfs zur Verfügung. Das Ausschalten kann auch leicht vergessen werden.

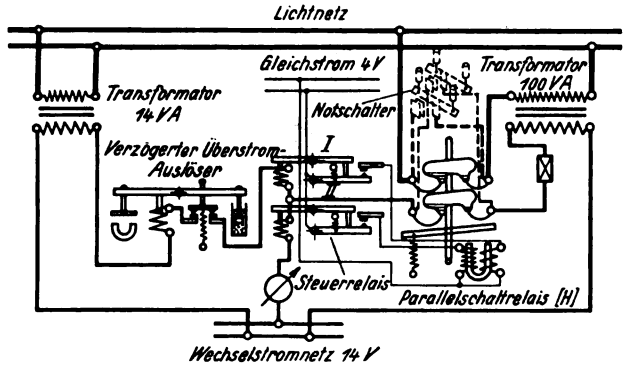


Abb. 3. Schema der selbsttätigen Transformatoren-Parallelschalt-Einrichtung.

Ordnet man neben dem Transformator, der die Last der Kleinspannungsanlage zu tragen hat, noch einen kleinen Hilfstransformator gleicher Sekundärspannung an, der bei geforderter Leistung den Haupttransformator durch eine geeignete Schalteinrichtung einschaltet, so ist das Minimum an Leerlaufverlusten erreicht. Denn da der Hilfstransformator nur die Vorgänge im Kleinspannungsnetz zu verfolgen hat, kann seine Leistung und damit seine Leerlaufleistung verschwindend klein gehalten werden. Außerdem steht auf diese Weise für die Zeiten geringen Verbrauchs dauernd eine entsprechend klein bemessene Stromquelle zur Verfügung.

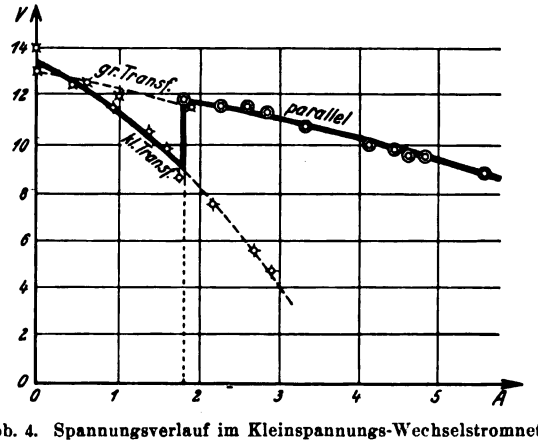


Abb. 4. Spannungsverlauf im Kleinspannungs-Wechselstromnetz.

K. Süßmilch macht daher von einer selbsttätigen Parallelschalteinrichtung (Abb. 3) Gebrauch, die ein starkstrommäßig ausgeführtes Parallelschaltrelais (*H*) mit Quecksilberkontakten sowie zwei Steuerrelais (Kontaktstrommesser) *I* und *II* enthält. Über die aus wenigen Windungen dicken Drahtes bestehenden Wicklungen der Steuerrelais fließen der Sekundärstrom des kleinen Transformators bzw. der Gesamtstrom beider Transformatoren. Ist die sekundäre Leistung gleich Null, so sind die Kontakte beider Relais geöffnet. Von einer bestimmten geringen Leistungsaufnahme an schließt bereits Relais *II* seinen Kontakt und speist die Festhaltewicklung des Quecksilberrelais (*H*) aus einem Gleichstromnetz oder dem Hilfstransformator; dieses vermag jedoch seinen Anker noch nicht anzuziehen. Bei einer als maßgebend eingestellten Stromstärke gibt auch das Relais *I* Kontakt. Die Anzugspule des Relais *H* wird erregt, sein Anker angezogen und der Haupttransformator durch die beiden Quecksilberkontakte ober- und unterspannungseitig angeschaltet.

Der kleine Transformator und der Kontaktstrommesser *I* sind von diesem Augenblick an wieder entlastet, sein Anker fällt ab, und die Anzugspule wird stromlos. Die Festhaltespule bleibt dagegen weiter erregt, da über den Strommesser *II* doch der Gesamtstrom fließt. Sinkt später die Belastung, so unterbricht auch dieser Strommesser seinen Kontakt, so daß jetzt die Brücke des Hauptrelais *H* ebenfalls abfällt und beide Wicklungen des großen Transformators wieder abtrennt.

Der Spannungsverlauf in einer ausgeführten Anlage für ein Kleinspannungs-Lichtnetz einer Wohnung ist in Abb. 4 aufgenommen. *Sb.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

Vielfach-Fernmessung. — Die immer weiter fortschreitende Vermaschung der Höchspannungsnetze steigert das Bedürfnis nach der Fernanzeige von Ölschalterstellungen und Meßgeräten. Die Schalträume werden mit Netzbildern ausgestattet, die entweder handbedient oder vollselbsttätig sind, so daß jede Änderung der Schaltung sofort eine Änderung des Bildes bewirkt. Bei Handbetätigung werden die Nachrichten telephonisch gegeben, manchmal durch leitungsgerichtete Hochspannungstelephonie. Zur vollständigen Überwachung sind auch unbedingt Fernmessungen erforderlich, u. zw. Fernmessung von Leistung, Spannung, Leistungsfaktor, auch Fernmessung der Wasserhöhe in Sammelbecken, der Stellung von Reglern, der Temperatur von Maschinen und Transformatoren.

Die idealste Fernmessung würde die Fernübertragung des ganzen Skalenbildes sein. Da dieses aber noch nicht möglich ist, muß die Bewegung der Instrumentzeiger in einen proportionalen Betrag elektrischer Energie übersetzt werden, der zur Übertragung geeignet ist. Als Übertragungskanal sind Kabel am günstigsten, weil sie die beste Isolation und die geringste Widerstandschwankung mit der Temperatur haben. Wensley unterscheidet drei verschiedene Systeme der Fernmessung:

1. Variation der Quantität,
2. „ „ Frequenz,
3. „ des Phasenwinkels.

Die beiden letztgenannten sind unabhängig vom Leitungswiderstand. Die direkte Übertragung von Wechselströmen zur Fernmessung ist aus bekannten Gründen nur in ganz beschränktem Maße auf relativ kurze Entfernungen möglich. Die Verhältnisse werden sehr viel günstiger, wenn man den zu übertragenden Strom gleichrichtet, entweder mit Glühkathoden-Gleichrichtern oder mit Kupferoxydul-Trockengleichrichtern. Namentlich die letzteren sind für Fernmeßzwecke sehr zu empfehlen, und sie kommen in den V. S. Amerika in allgemeinen Gebrauch besonders dort, wo auf eine große Anzahl von Meßstellen umgeschaltet werden soll und größte Einfachheit notwendig ist. Vor der Umschaltung müssen aber die Stromwandler durch Relais kurzgeschlossen werden. Bei der Übertragung durch Kabel hat man darauf Rücksicht zu nehmen, daß die Oberwellen des gleichgerichteten Stromes ausgeglättet werden, um Telephonstörungen zu vermeiden. Die Anordnung ist abhängig von der Kurvenform, weil sie den arithmetischen Mittelwert mißt, nicht den Effektiv-Mittelwert. Für die Zwecke der Überwachung von Netzen ist dieser Fehler aber belanglos.

Eine weitere Gruppe von Meßverfahren, die mit der Kompensation der Meßgrößen durch einen Gleichstrom arbeiten, beispielsweise nach dem Prinzip der Kelvinschen Stromwaage, ist schon seit einer Reihe von Jahren bekannt[1]. Das Drehmoment des zu messenden Stromes wird in der Waage — unter Verwendung eines motorgesteuerten Potentiometers — durch einen Gleichstrom kompensiert, der auch in das Fernmeßgerät fließt. Das Verfahren eignet sich auch ohne weiteres zur Summierung mehrerer Leistungen. Es wird ferner zur Vielfachmessung benutzt, in der Regel mit einem einzigen Anzeigeinstrument, das auf die verschiedenen Meßstellen geschaltet wird.

Die Frequenzfernmessung ist gleichfalls seit einer Reihe von Jahren bekannt und eine Anlage[2] bei der Chicago Milwaukee and St. Paul Railway in Betrieb. Das Verfahren ist aber zu kompliziert, um allgemein Anwendung zu finden. — Eine große Bedeutung haben die Impulssysteme. Der Verfasser unterscheidet die schnelle Impulsfolge zur Anzeige von Momentanwerten und die langsame Folge zur Fernzählung und Fernsummierung auf Maximum-Höchstlastanzeiger. Die letztere Anordnung ist sehr bedeutsam geworden von dem Zeitpunkt an, wo die Werte an mehreren räumlich entfernten Punkten an ein und denselben Verbraucher elektrische Arbeit verkaufen. Eine große

[1] Smith u. Pierre, Transact. Am. Inst. El. Engs. Bd. 43, S. 303 (1924).
[2] Smith, The Electric Journ. Bd. 18, S. 42 (1921).

Digitized by Google

Anlage dieser Art ist vor kurzem beschrieben worden[1]. Zu den Phasenwinkel-Übertragungsmethoden rechnet der Verfasser das „Selsyn"-Verfahren[2] der GEC (2 Drehstrommotoren, von denen der Rotor des Gebers mit dem übertragenden Zeiger gekuppelt ist, wobei der Rotor des Empfängers in dieselbe Winkelstellung sich nachdreht), ferner die Einrichtung, die bei uns unter dem Namen „Impulszeitverfahren" bekannt ist[3].

Vielfachmessung. — Es gibt viele Möglichkeiten, Vielfach-Fernmessungen auszuführen. Die erfolgreichsten Systeme sind diejenigen, die synchrone Umschalter verwenden, entweder nach dem Prinzip der Relaiskette oder des rotierenden Wählers. Bei jedem dieser Systeme stellt der synchrone Lauf nacheinander korrespondierende Punkte der Sende- und der Empfangstation in Verbindung. Es werden auch stets Mittel vorgesehen, daß der Weiterlauf gehemmt werden kann, um eine dauernde direkte Verbindung einer bestimmten Meßstelle mit dem Lastverteiler zu haben. Mit der Vierdraht-Relaiskette können zwei Übertragungen gleichzeitig stattfinden unter Verwendung der gemeinsamen Rückleitung zusammen mit zwei Kontroll- und Anzeigeleitungen für die beiden Meßkreise. Wo die Gesamtbelastung einer Station, die besonders wichtig ist, dauernd gewünscht wird, kann die Anordnung so getroffen werden, daß die Relaiskette in ihrer Ruhelage auf diesen besonderen Meßkreis geschaltet wird. An der Empfangstation (mit einem motorgetriebenen Registrierinstrument) ist die Schaltung so getroffen, daß der Motor zu den Zeiten, wo die Kette im Betrieb ist, abgeschaltet wird, so daß die Registrierung nicht durch häufigen Rücklauf in die Nullstellung gestört wird, sondern auf dem letzten Punkt bleibt, bis die Kette wieder eine Korrektion vornimmt. Ein so geschriebenes Diagramm kann gewöhnlich nicht von dem unterschieden werden, das unmittelbar geschrieben ist, weil die Zeit zwischen zwei Registrierungen sehr gering ist. Eine Änderung des Systems der langsamen Impulse gestattet auch, die Impulse mit einem Zählwerk aufzuspeichern, das in regelmäßigen Zeitintervallen von 30 oder 60 min durch ein Uhrwerk, das den Fernschalter in Betrieb setzt, freigelassen wird und bewirkt, daß die Fernmessung auf das Speichersystem geschaltet wird, so daß die Impulse schnell über die Leitung geschickt werden und das Zählwerk im Büro des Lastverteilers richtig gestellt wird. Der Sendezähler wird dann wieder weitere 30 oder 60 min Impulse speichern. Mit diesem System kann eine beträchtliche Anzahl von Zählern über eine einzige Leitung übertragen werden; es erlaubt indessen nicht die Anzeige der Momentanbelastung.

Ein Bild über die Entwicklungsmöglichkeit gibt eine ausgeführte Einrichtung, die im vollständigen Ausbau auf nur drei Schalttafelfeldern die Fernsteuerung von 140 Ölschaltern und die Fernmessung von 90 Instrumenten vereinigt, die wahlweise eingeschaltet werden können. Es ist wahrscheinlich die größte Fernmeß- und Fernsteueranlage, die jemals in einer einzigen Unterstation vereinigt worden ist. Die Übertragung erfolgt auf gemieteten Telephonleitungen, die Fernmeßströme dürfen deshalb keine Störung in den benachbarten Adern verursachen, und man bevorzugt Systeme, bei denen die Übertragung mit Gleichstrom erfolgt.

Die Anwendung von Fernmeß- und Fernsteuereinrichtungen wird sicherlich wachsen, weil bei richtiger Anwendung die Kosten der Betätigung einer unbewachten Station mit solchen Mitteln entschieden geringer sind als bei Handbetätigung, und — was noch wichtiger ist — das Arbeiten ist schneller und die Informationen viel genauer als es mit menschlicher Betätigung sein kann. (R. J. Wensley, The Electric Journ. Bd. 26, S. 329.) *Kth.*

Bergbau und Hütte.

Zündwirkung von Öffnungsfunken. — In der Versuchstation Sheffield des Mines Department sind Versuche über die Zündwirkung der Öffnungsfunken von Signalglocken und derartigen Apparaten durchgeführt worden, besonders im Hinblick auf die Verwendung letzterer im Bergbau. Als funkenunterdrückende Mittel kamen Ohmsche Widerstände im Nebenschluß zur Magnetspule sowie über letztere geschobene Kupferhülsen zur Verwendung. Die kleinsten zur Zündung verschiedener explosibler Luft-Gas-Gemische ausreichenden Stromstärken zeigt Zahlentafel 1 für Verwendung eines Nebenschlußwiderstandes, Zahlentafel 2 für Verwendung einer Kupferhülse.

Zahlentafel 1.
Kleinster Zündstrom in Milliampere.

Nebenwiderstand Ω	Methan 8,5%	Wasserstoff 29,9%	Wasserstoff 20,4%	Wasserstoff 10,4%	Wasserstoff 7%
0	240	82	82	94	182
10 000	265	142	140	150	230
5 000	297	174	174	180	250
2 500	350	240	240	240	300
1 000	430	380	390	370	420
500	610	550	540	530	600
250	730	670	670	670	750

Zahlentafel 2.

		Methan 8,5%	Wasserstoff 28,5%
Ohne	Kupferhülse	410	250
Mit		1160	450

Wie die Versuchsergebnisse zeigen, ist der Nebenschlußwiderstand bei Wasserstoffgemischen wirksamer als bei Methangemischen. Anderseits ist die Funkenunterdrückung durch Kupferhülse bei Wasserstoff weitaus weniger wirksam als bei Methan. (C. B. Platt u. R. A. Bailey, El. Review Bd. 104, S. 1092.) *nkl.*

Installation.

Kombinierter Licht- und Wärmestrahler. — Die englische Firma James Dorman, Dublin, bringt einen für Befestigung an Wand oder Decke bestimmten Beleuchtungskörper auf den Markt, der gleichzeitig einen Heizapparat darstellt. In Abb. 5 ist *a* der Reflektor für die Wärmestrahlen, der von der äußeren Schale *b* durch eine Isoliermasse getrennt ist. Zwischen dem äußeren Mantel *c* und der Schale *b* befindet sich ein Luftraum, um die unten eintretende und durch die oben befindlichen Löcher *e* austretende Luft zur Kühlung benutzen zu können. Außen an dem Mantel sind die Glühlampen *d* angebracht, während der Heizkörper *f* von einem Arm gehalten wird. In Abb. 6 sitzt der Heizkörper direkt am Hauptreflektor, dessen Wirkung noch von einem Hilfsreflektor *g* unterstützt wird. Für den Licht- und Heizstromkreis sind besondere Schalter vorgesehen. (The Electrician Bd. 103, S. 687.) *Ka.*

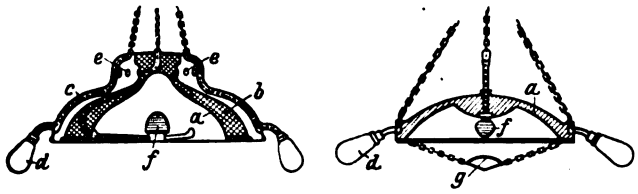


Abb. 5 u. 6. Licht- und Wärmestrahler.

Fernmeldetechnik.

Das Fernkabel Paris—Bordeaux. — Die Fernkabelanlage Paris—Bordeaux wurde von der französischen Post- und Telegraphenverwaltung im August 1927 als Reparationslieferung nach den Vorschriften des Dawes-Planes vergeben. Die Siemens & Halske AG. erhielt als Generalunternehmerin den Auftrag auf Herstellung der ganzen Anlage. Ein Teil der Kabellieferungen, nämlich diejenigen für die Strecke Tours—Bordeaux, wurde der Felten & Guilleaume AG., Köln-Mülheim, übertragen, während die Kabellieferungen für die Teilstrecke Paris—Tours, die Lieferung der für die Gesamtanlage erforderlichen Pupinspulen und Verstärkereinrichtungen und deren Zusammenbau bis zur betriebsfertigen Übergabe der Linie durch die Siemens & Halske AG. ausgeführt wurden.

Das Fernkabel Paris—Bordeaux hat eine Gesamtlänge von 563 km und verläuft über die Verstärkerämter Orléans, Tours, Poitiers, Angoulème nach Bordeaux. Da somit die mittlere Verstärkerfeldlänge etwa 113 km beträgt, wurden die Leiterstärken, anders als sonst üblich, auf 1,2 mm und 0,9 mm bemessen. Das Kabel enthält 101 nach dem Dieselhorst-Martin-System verseilte Viererseile, davon 61 zu 1,2 und 40 zu 0,9 mm. In den Verstärkerämtern wurden 415 Zweidraht- und 561 Vierdrahtverstärker aufgestellt, wobei zum ersten Male die neuen Einheitsverstärker von S & H verwendet wurden. Jedes Amt hat einen Meßschrank erhalten, der sich in einen Summerschrank, Pegelmeßschrank und Gleichstrommeßschrank gliedert. Mehrere Leitungen

[1] H. K. Nock u. H. S. Edgerly, Gen. El. Rev. Bd. 27, S. 758 (1924).
[2] Vgl. ETZ 1928, S. 868.
[3] Wilde, Elektrizitätswirtsch. Bd. 27, S. 81 (1928).

Digitized by Google

sind für Unterlagerungstelegraphie eingerichtet. Die leichtpupinisierten 1,2 mm-Vierer, die eine Grenzfrequenz von 7000 Hz haben, erlauben die Übertragung von Musik von einem Besprechungsraum auf mehrere Rundfunksender.

Die Verlegungs-, Bau- und Ausgleicharbeiten (Ausgleich mit Kondensatoren nach dem Siemensverfahren) dauerten vom Mai 1928 bis zum September 1929. Die Abnahmemessungen an der fertigen Anlage zeigten, daß alle vertragsmäßig gewährleisteten Werte zum mindesten innegehalten und daß in den meisten Fällen darüber hinaus sogar beträchtlich bessere Eigenschaften erzielt worden sind. Beispielsweise lag die gemessene Leitungsdämpfung der Sprechkreise durchweg einige Prozent besser als die vorgeschriebenen Werte. Die Widerstandsdifferenzen zwischen den Leitern eines Paares betrugen für die 0.9 mm-Leiter nicht über 1,0 Ω und für die 1,2 mm-Leiter nicht über 0,8 Ω, während nach dem Pflichtenheft 3 und 2 Ω zulässig waren. Bei den Neben- und Gegennebensprechdämpfungen zwischen Zweidrahtkreisen ist der niedrigste Wert 8,6 Neper, d. h. um 0,6 Neper höher als der Garantiewert. Der niedrigste Gegennebensprechwert zwischen Vierdrahtsprechkreisen derselben Gesprächsrichtung beträgt 9,6 Neper und überschreitet den Garantiewert von 8,5 Neper um 1,1 Neper. Das Nebensprechen zwischen Vierdrahtsprechkreisen entgegengesetzter Gesprächsrichtung, für das 9,5 Neper garantiert war, betrug in jedem einzelnen Falle über 11 Neper. Zahlentafeln und Kurven geben über weitere Einzelheiten ausführliche Auskunft. (W. Rihl, Europ. Fernspr. 1930, H. 18 S. 209.) *Bkm.*

Jahresversammlungen, Kongresse, Ausstellungen.

Ausstellungen und Messen, deren Beschickung der Zentralverband der deutschen elektrotechnischen Industrie nicht empfiehlt. — Die Ausstellungs- und Messekommission des ZV hat ihren Mitgliedern empfohlen, die voraussichtlich im Oktober stattfindende Ausstellung „Elektroschau" des Reichsverbandes des deutschen Elektro-Installateur-Gewerbes, Bremen, und die Ausstellung „Frauen werben für deutsche Wirtschaft" des Schöneberger Hausfrauenvereins, Berlin (25./27. XI.) nicht zu beschicken.

Ausstellung für Heimkultur, Radiowesen und Elektrizität, Reval 1930. — Diese vom 25. X. bis 3. XI. stattfindende Ausstellung umfaßt u. a. eine Radioabteilung und eine Abteilung für wirtschaftliche Anwendung der Elektrizität.

Ausstellung ausländischer Laboratoriumsausrüstungen, Leningrad 1930. — Wie das Deutsche Ausstellungs- und Messe-Amt mitteilt, ist die Ausstellung[1] mangels geeigneter Räumlichkeiten auf den Januar 1931 verschoben worden.

Energiewirtschaft.

Aus dem letzten Sofina-Bericht. — Die Société Financière de Transports et d'Entreprises Industrielles, Brüssel, schickt den Angaben über ihren Konzern einige allgemeine, hauptsächlich dem Rationalisierungsgedanken in der Elektrizitätswirtschaft gewidmete Darlegungen voraus. Das Motto dieser Ausführungen ist der Kampf gegen die Verlustquellen (guerre aux gaspillages), für den eine Reihe interessanter Beispiele angeführt wird. In den öffentlichen Dampfkraftwerken der V. S. Amerika stieg von 1919 bis 1928 die Erzeugung von 24 auf 53 Mrd kWh, wobei der Kohleverbrauch von 1.46 auf 0.81 kg/kWh zurückging. Gleichwohl erreicht gegenwärtig das technisch vollkommenste Dampfkraftwerk erst einen wärmewirtschaftlichen Nutzeffekt von 27 %. Die Commonwealth Edison Co. stellte fest, daß ihre Werke 1928 für Kohle 6 Mill $ mehr hätten ausgeben müssen, wenn sie bei der Verwendung alter Turbinenmodelle, wie sie vor zehn Jahren üblich waren, stehen geblieben wären. Nach Angaben der General Electric Co. würde heute die Beleuchtung der V. S. Amerika, gleiche Kerzenzahl vorausgesetzt, jährlich über 1 Mrd $ mehr kosten, wenn man in den Glühlampen den Kohlefaden nicht durch den Metalldraht ersetzt hätte.

Einen wesentlichen Teil der elektrizitätswirtschaftlichen Rationalisierung bildet die Verbundwirtschaft. In Pennsylvanien werden drei große Versorgungsnetze miteinander verbunden, was einer Ersparnis an Maschinen um 40 Mill $ gleichkommt. Die Netzkupplungen in Belgien (Lütticher Gebiet) erlaubten 1929, bei der Aufstellung neuer Generatoren 65 000 kW zu sparen.

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 1375.

Der Bericht gibt für die elektrizitätswirtschaftlich[en] Fortschritte der Hauptländer in den letzten Jahren [ei]n fern, erwähnt den Plan, aus Norwegen über Schweden [u]n Dänemark Wasserkraftenergie nach Norddeutschland [z]u übertragen und plädiert dann für die Schaffung ein[es] europäischen Versorgungsnetzes[1]. „[D]ie Elektrisierung dehnt ihren Bereich immer weiter aus. [D]ie Maschen der Netze verengern sich, und einheitliche Ne[tze] versorgen nicht mehr eine Stadt oder eine Provinz, so[n]dern ein ganzes Land. Gefördert durch Maßnahmen d[er] Regierungen, standardisieren die Großunternehmungen d[ie] technischen Eigenschaften der Hauptübertragungsleitu[n]gen. Ebenso wie die Verwendung einer einheitlichen Sp[ur] den Eisenbahnen die Einrichtung großer internationaler Linien erlaubte, werden eines Tages die nationalen Elektrizitätsnetze untereinander über ganz Europa hinweg ver[-]bunden sein. Leistungstarke Dampfkraftwerke werden sich dann auf die großen „Wasserschlösser" Europas stützen – einerseits Schweden und Finnland, anderseits die Pyr[e]näen, das französische Zentralplateau, die Alpen (einsch[l.] der Tauern), die Karpathen —, und die Elektrizitätsversorgung eines Erdteils wird mit einem Mindestmaß von Verlusten gesichert sein." Im Anschluß hieran verweist d[er] Bericht auf die Abhängigkeit der elektrizitätswirtschaftlichen Entwicklung von der Kaufkraft der Bevölkerung und der Notwendigkeit, die heute aufgestapelten Goldvorräte kreditwirtschaftlich fruchtbarer zu verwerten.

Die Sofina bezifferte für den 31. XII. 1929 ihr Gesamtvermögen mit 3 018,8 Mill bFr. Das Aktienkapital, das [b]is Oktober 1928 mit 33,25 Mill bFr in keinem Verhältnis zur Konzerngröße stand, setzt sich seit der Umorganisierung der Gesellschaft[2] bekanntlich aus nom. 100 Mill bFr Vorzugs- und 100 Mill bFr Stammaktien zusammen. Die Reserven haben sich in der letzten Bilanz, verglichen mit dem Ausweis für den 31. X. 1928, von 14,7 auf 1528,0 Mill bFr vermehrt, sich also mehr als verhundertfacht. Auf der Aktivseite sind dementsprechend Wertpapiere und Beteiligungen von 70,3 auf 490,0 Mill bFr angewachsen, Kassa- und Bankguthaben von 72,7 auf 1371,1 Mill bFr. Der Rohgewinn (Einnahmen aus Beteiligungen, Zinsen usw.) erhöhte sich von 36,0 auf 140,0, der Reingewinn von 19.4 auf 116,2 Mill bFr.

Die Gesellschaft, deren Arbeitsbereich sich durch ihre Tochtergesellschaften über Teile des europäischen Kontinents, ferner Argentiniens, Mexikos, Ostasiens und Nordafrikas erstreckt, ist insgesamt an 10 Bank- und Finanzierungsgesellschaften und 23 Elektrizitäts- und Straßenbahnunternehmungen beteiligt, außerdem, was weniger bekannt ist, an sieben belgischen und französischen Fabrikationsgesellschaften, die allerdings mit Ausnahme der Société d'Electricité et de Mécanique (Procédés Thomson-Houston & Carels), Brüssel, und der Compagnie de Signaux et d'Entreprises Electriques, Paris, nicht zur elektrotechnischen Industrie gehören. *A. Fr.*

Aus der deutschen Elektrizitätswirtschaft[3]. — Das Kraftwerk Rheinau AG., Mannheim, hat 1929 [s]eine vom Großkraftwerk 52,108 Mill kWh bezogen (45,818 i. V.), bei 10 866 kW Höchstlast (10 570 i. V.) ist die Zahl der Benutzungstunden auf 4795 gestiegen (4335 i. V.). Die nutzbare Stromabgabe betrug 48,938 Mill kWh, d. s. 13 % mehr als im Vorjahr (43,346 Mill kWh); die Differenz zwischen Bezug und Lieferung stellte sich mit 3,170 Mill kWh auf rd. 6.1 % (5,4 i. V.). Trotz der durch zunehmende Arbeitslosigkeit weiter verminderten Kaufkraft der Verbraucher hat sich die Abgabe an Haushaltungen um 18 % erhöht; 62 % der Kleinabnehmer bezogen die elektrische Arbeit nach dem Grundgebühren- (Zimmerzahl) Tarif, u. zw. 2,34 Mill kWh bzw. 85,5 % des gesamten abgesetzten Haushaltstroms. 34 Städte und Gemeinden des Versorgungsgebiets haben sich als Großabnehmer und Wiederverkäufer in der Licht- und Kraftversorgung Wiesloch G. m. b. H. zusammengeschlossen. Betriebsüberschuß: 769 976 RM (976 252 i. V.). Gewinn: 505 436 RM (447 804 i. V.), Dividende: wie der 8 % auf 4 Mill RM Aktienkapital.

Der Anschlußwert des Städt. Elektrizitätswerks Fürth ist 1929/30 von 19 113 auf 21 231 kW gestiegen. Bezogen hat das Werk 11.249 Mill kWh (10,58[9] i. V.) und 9,688 Mill kWh nutzbar abgegeben (9.208 i. V.), d. s. 5,2 % mehr als 1928/29 und je Einwohner 122,8 kWh (119,7 i. V.). Die Lieferung hochgespannten Drehstroms war um 5,1 %, die Abgabe für Beleuchtung mit 2,547 Mill kWh um 10,1 % größer als im Vorjahr, während die Kleinabnehmer von Kraft 1,983 Mill kWh, d. h. 1,6 % weniger verbrauchten. Die Zahl der Kunden, die den Strom zum Wahltarif bezogen, hat sich von 2805 auf 4238 vermehrt.

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 986.
[2] Vgl. ETZ 1928, S. 1682.
[3] Vgl. ETZ 1930, S. 1376.

Digitized by Google

die der Normaltarifkonsumenten aber von 6926 auf 6590 verringert. Der gesamte Lichtstromverbrauch von 2,466 Mill kWh ergab an Einnahme 846 853 RM bzw. 34,3 Pf/kWh. Auf den Normaltarif entfielen davon 0,814 Mill kWh bzw. 33,1 %, auf den Wahltarif 1,652 Mill kWh oder 66,9 % mit einer Einnahme von 452 006 RM bzw. 27,4 Pf/kWh. Bei einem Betriebsüberschuß von 975 107 RM (939 468 i. V.) verblieben als Reingewinn 592 263 RM (660 281 i. V.).

Aus dem Geschäftsbericht der Aktiengesellschaft für Energiewirtschaft, Berlin, für 1929/30 ergibt sich u. a., daß die Starkstromanlagen AG., Berlin, den Ausbau der Stromversorgungsanlagen der Banater Elektrizitäts-AG. in Pancevo (Jugoslawien) fortgesetzt, die Berichterstatterin ihr dortiges Elektrizitätsunternehmen verkauft hat und der Bau- und Betriebsvertrag zwischen der Ostbayerischen Stromversorgung AG., München, und der Eisenbahnbau-Gesellschaft Becker & Co. G. m. b. H., etwas geändert, bis 1951 verlängert worden ist. Die AG. für Energiewirtschaft hatte eine Einnahme von 1 348 536 RM (949 893 i. V.) und einen Reingewinn von 448 166 RM (450 193 i. V.), aus dem wieder 8 % Dividende auf 5 Mill RM Aktienkapital verteilt worden sind.

Das Elektrizitätswerk der Stadt Herne verzeichnet für Ende 1929 einen Gesamtanschlußwert von 6357 kW (5822 i. V.), einen Strombezug für Licht und Kraft von 3,917 Mill kWh (3,287 i. V.) und für Bahnbetrieb von 1,229 Mill kWh (1,167 i. V.). Die Stromabgabe für Licht und Kraft war um 19,2 %, die für Bahnbetrieb um 5,3 % größer als 1928. Ohne Bahnstrom betrug die durchschnittliche Tagesabgabe 10 732 kWh (8980 i. V.), und der Verbrauch stellte sich je Kopf der Bevölkerung auf 40 kWh (34 i. V.). Aus dem Stromverkauf erzielte das Werk 1 148 743 RM (1 066 437 i. V.) und an Zählergrundgebühren 67 745 RM (61 532 i. V.).

Die durch die Ungunst der Wirtschaftslage 1929/30 beim Kraftwerk Thüringen AG., Gispersleben, verursachten Ausfälle konnte die Gesellschaft in erster Linie dank der wachsenden Verwendung elektrischer Arbeit zum Heizen und Kochen mehr als ausgleichen. Ihre Erzeugung und der Strombezug betrugen über 24 Mill kWh, die nutzbare Jahresabgabe rd. 20,5 Mill kWh (20 i. V.). Der Anschlußwert ist auf rd. 63 000 kW gestiegen. Einnahmen aus Betrieb, Installation und Zinsen: 4 075 654 RM (4 001 817 i. V.), Reingewinn: 786 655 RM (781 242 i. V.), Dividende: wieder 10 % auf 6,960 Mill RM Aktienkapital.

Das Überlandwerk Glauchau AG., Glauchau, hat 1929/30 im Dampfkraftwerk, dem Wasserkraftwerk Waldenburg, das Wassermangels wegen nur rd. 40 % der normalen Leistung liefern konnte, und dem Hedrich-Werk (6. IX. 1929 erworben) 8,683 Mill kWh erzeugt (9,205 i. V.) und von der AG. Sächsische Werke sowie aus anderen Anlagen 9,695 Mill kWh bezogen (11,197 i. V.), im ganzen also 18,378 Mill kWh beschafft, d. s. fast 10 % weniger als im Vorjahr (20,402 Mill kWh). Die nutzbare Lieferung ist um 10,7 % von 18,360 auf 16,394 Mill kWh zurückgegangen. Der Gesamtanschlußwert hat sich von 17 528 auf 19 917 kW, mithin um 13,6 % erhöht. Betriebseinnahmen einschl. Gewinn aus Warenverkauf: 1 805 535 RM (1 725 586 i. V.), Reingewinn: 170 346 RM (117 513 i. V.), Dividende: wieder 8 % auf 2 Mill RM Aktienkapital.

Vom Elektrizitätswerk der Stadt Straubing, die mit 88 % an der Kraftwerk am Höllenstein AG. beteiligt ist, sind 1929/30 4,221 Mill kWh erzeugt bzw. bezogen worden, d. s. 13 % mehr als im Vorjahr (3,734 Mill kWh) und 176 kWh je Kopf der Bevölkerung. Der Gesamtanschlußwert war am Jahresschluß 5575 kW (5254 i. V.). 10,2 % der bewohnten Häuser der Stadt sind noch ohne elektrischen Anschluß, 32 Haushaltungen haben bereits das elektrische Kochen mit Erfolg eingeführt.

RECHTSPFLEGE.

Stromlieferungsvertrag. Mangelhafte Stromlieferung. Verjährung von Ansprüchen aus dem Vertrage. — Der Inhaber eines Lichtheilinstitutes bezog den zum Betriebe seines Unternehmens erforderlichen Gleichstrom ursprünglich von einer Privatblockstation. Später wurde diese von der Gemeinde übernommen. Zwischen ihr und dem Abnehmer wurde ein Stromlieferungsvertrag geschlossen, dessen Fortsetzung jedoch bald darauf von der Erfüllung gewisser auf den Lieferungsbedingungen begründeter Auflagen abhängig gemacht. Diesem Verlangen, insbesondere dem Verlangen nach Beseitigung einer nach dem Nachbargrundstück führenden Verbindungsleitung, kam der Abnehmer nicht nach. Infolgedessen wurde der Stromlieferungsvertrag gekündigt. Trotzdem ist die Stromlieferung an den Abnehmer auch in Zukunft fortgesetzt worden. In der Folgezeit wurde eine Anzahl weiterer Stromabnehmer an die Leitung des Inhabers des Lichtheilinstitutes angeschlossen, so daß ihm eine Entnahme der gleichen Arbeitsmenge wie früher nicht möglich war. Demnächst wurde die Elektrizitätsversorgung einem besonderen Unternehmen übertragen, das laut öffentlicher Bekanntmachung die im Betriebe der Rechtsvorgängerin entstandenen Verbindlichkeiten übernahm. Die Frage der Kündigung des Stromlieferungsvertrages und dessen Verletzung durch mangelhafte Stromlieferung wurde nun Gegenstand eines Meinungsstreites zwischen Lieferwerk und Abnehmer. Dieser machte geltend, daß die Kündigung, weil unter Ausnutzung des Monopolrechtes vorgenommen, gegen die guten Sitten verstoße, aber auch infolge der stillschweigenden Vertragsfortsetzung überhaupt keine Wirkung gehabt habe. Ferner sei durch den Anschluß weiterer Abnehmer der Vertrag verletzt worden, indem das Lieferwerk sich dadurch selbst außerstand gesetzt hätte, ihm den für sein Lichtheilinstitut benötigten Strom zu liefern. Der sich geschädigt fühlende Stromabnehmer stellte weitgehende Schadensersatzansprüche, deren Berechtigung jedoch in dem folgenden Rechtsstreit alle Instanzen verneinten. (Urteil des RG. v. 28. III. 1930 — VII 534/29.)

Die Schadensersatzansprüche des klagenden Abnehmers betrafen 1. Ansprüche wegen schuldhaft vertragswidriger Stromlieferung (verringerte Arbeitsmenge) — diese waren verjährt —, 2. Ansprüche aus unerlaubter Handlung des Stromlieferers (unmittelbare Schädigung der Person und des Gewerbebetriebes des Abnehmers) — diese waren teils unbegründet, teils ebenfalls verjährt.

Zu 1. Für die Verjährung von Ansprüchen wegen schuldhaft vertragswidriger Stromlieferung kommt nach Auffassung der Gerichte (Kammergericht und Reichsgericht) eine Frist von sechs Monaten in Betracht. Fraglich war dabei aber mit Rücksicht auf eine Entscheidung des RG. (Bd. 117 S. 315) und eine Entscheidung des OLG. Dresden (Rspr. d. OLG. Bd. 41 S. 120), ob § 477 BGB — Verjährung bei Lieferung von beweglichen Sachen — oder ob § 638 BGB — Verjährung bei Vorliegen eines Werkvertrages — anzuwenden sei. Jene Entscheidung des RG. betrifft die Lieferung von Gas und läßt die Ansprüche wegen mangelhafter Lieferung nach § 477 BGB verjähren, die Entscheidung des OLG. Dresden betrifft die Lieferung von elektrischem Strom und läßt die Ansprüche wegen mangelhafter Lieferung nach § 638 BGB verjähren. An sich ist die Verjährungsfrist hier wie dort die gleiche, aber die Erörterung ist darum von Interesse, weil zu entscheiden ist, ob es sich bei einem Stromlieferungsvertrag um Lieferung einer beweglichen Sache oder um einen Werkvertrag handelt. Schon wiederholt hat sich nun das RG. auf den Standpunkt gestellt, daß die Elektrizität keine Sache sei, aber in seiner Rechtsprechung will es die Elektrizität in Lieferungsverträgen entsprechend der Verkehrsauffassung wie eine Sache, eine Ware behandelt sehen und beurteilt deshalb Verträge über die Lieferung elektrischer Arbeit nach den Regeln über den Kauf beweglicher Sachen. Von dieser Auffassung ging das RG. auch bei Beurteilung des vorliegenden Falles nicht ab und entschied sich folglich dahin, daß § 477 BGB heranzuziehen sei. Eine weitere Frage war, ob in einer Verringerung der bisher gelieferten Arbeitsmenge ein „Mangel" des elektrischen Stromes zu sehen ist. Das RG. entschied wie folgt: Ein Mangel des gelieferten elektrischen Stromes ist unbedenklich auch dann anzunehmen, wenn dem Abnehmer eine Entnahme der gleichen Arbeitsmenge wie bisher nicht möglich ist und die gelieferte Menge für den Betrieb des Abnehmers nicht ausreicht. Hierin lediglich die „Lieferung eines Teiles der Ware" zu sehen, womit Mängelansprüche nicht in Frage kämen, ist nicht angängig. Wenn einmal die elektrische Arbeit wie eine bewegliche Sache anzusehen ist, so ist, ohne daß ihre physikalische Beschaffenheit klargestellt zu werden braucht, der Begriff der mangelhaften Beschaffenheit nach der Verkehrsauffassung festzulegen. Jede regelwidrige Beschaffenheit einer Sache, die nach der Verkehrsanschauung ihre Brauchbarkeit beeinträchtigt, erscheint als Mangel dieser Sache und daher ist ein elektrischer Strom von zu geringer Spannung, in gleicher Weise wie z. B. ein unter zu geringem Druck geliefertes Gas, als mit einem „Mangel" belastet anzusehen.

Zu 2. Seine Ansprüche wegen angeblich erfolgter Schädigung seiner eigenen Person leitete der klagende Abnehmer aus § 826 BGB her. Die Ansprüche waren indessen unbegründet. § 826 BGB erfordert, daß das Lieferwerk vorsätzlich und sittenwidrig die Schädigung des Klägers herbeigeführt hätte. Selbst wenn das Lieferwerk den Stromlieferungsvertrag schuldhaft verletzt haben sollte, könnte man von einer unter rücksichtsloser Ausnutzung des Monopols erfolgten Schädigung des Klägers an seiner Person allenfalls nur sprechen, wenn die Organe des beklagten

Digitized by Google

Lieferwerkes bei ihrem Verhalten gegenüber dem Kläger die von ihm behauptete Gesundheitsschädigung vorausgesehen oder mindestens bedingt gewollt hätten. Hierfür lagen aber keinerlei Anhaltspunkte vor. Die geltend gemachten Ansprüche wegen angeblicher Schädigung des Gewerbebetriebes schließlich hielt das RG. in Übereinstimmung mit der Vorinstanz für verjährt, u. zw. nach § 852 BGB.

Grobfahrlässige Brandstiftung, begangen durch Nichtbeachtung elektrotechnischer Sicherheitsvorschriften. — Welche Folgen die Nichtbeachtung der Sicherheitsvorschriften haben kann, zeigt folgender Straffall: Der mit der Reparatur eines Dreschmotors beschäftigte Monteur unterließ es, die von ihm geöffnete Hausanschluß-Panzersicherung wieder vorschriftsmäßig zu schließen. Die Sicherung brannte durch, in der Nähe liegendes Stroh fing Feuer, das sich mit größter Schnelligkeit ausbreitete und schließlich fast die Hälfte aller Gebäude des Dorfes einäscherte. Der gesamte Brandschaden belief sich auf etwa 1,2 Mill RM. Dem der grobfahrlässigen Brandstiftung angeklagten Monteur wurden folgende Handlungen zur Last gelegt: Er öffnete die plombierte Panzersicherung und ersetzte eine 25 A-Sicherung durch eine solche von 20 A. Letztere entnahm er der Motorsicherung und ersetzte den nunmehr hier fehlenden Sicherungsstöpsel durch Einlegen eines Schraubenziehers. Die Hausanschluß-Panzersicherung schloß er nicht, wie vorgeschrieben, wieder mit dem Deckel, so daß beim Durchbrennen der Sicherung der entstehende Funke das in der Nähe lagernde Stroh in Brand setzen konnte. Durch alle diese Handlungen hat der Angeklagte, wie in dem Urteil des LG. Weiden — Ber. Reg. 172/29 — ausgeführt ist, die gebotene Vorsicht außer acht gelassen, die von ihm um so mehr zu erwarten war, als er gelernter Elektrotechniker ist und folglich ohne weiteres die Gefährlichkeit seiner Manipulationen erkennen konnte. Obwohl der Angeklagte nicht vorbestraft war, hielt das Gericht eine Freiheitsstrafe von 2 Monaten Gefängnis für schuldangemessen, da der Angeklagte mit beispiellosem Leichtsinn und größter Fahrlässigkeit gehandelt habe.

Dr. jur. C. v. dem Busch.

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Einladung

zur außerordentlichen Sitzung des Elektrotechnischen Vereins e. V. verbunden mit der Hauptversammlung der Heinrich-Hertz-Gesellschaft zur Förderung des Funkwesens e. V., am Dienstag, dem 21. Oktober 1930, abends 7½ Uhr (pünktlich), im Hörsaal Nr. 301 des Erweiterungsbaues der Technischen Hochschule in Charlottenburg.

Tagesordnung:

I. Geschäftliches.

II. Vorträge:

1. Herr M. v. Ardenne: „Eine Methode zur Schaffung guter Empfangsverhältnisse für den Rundfunk in der Großstadt".
2. Herr Obering. A. Clausing: „Grundsätzliches zur Gütebeurteilung an Empfängern".
3. Herr Dr.-Ing. W. Runge: „Untersuchungen an amplituden- und frequenzmodulierten Sendern".
4. Herr Dr.-Ing. A. Gothe: „Neuere Messungen an Kurzwellen-Richtantennen".

Einlaß in den Vortragsaal gegen Vorzeigung der Mitgliedskarten. Auf den Namen ausgestellte Gastkarten werden bei Vorausbestellung bis 20. Oktober, mittags, von der Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins, Berlin W 35, Potsdamer Straße 118 a II, ausgegeben.

Nachsitzung im „Grand-Hotel am Knie", Charlottenburg, Bismarckstraße 1.

Elektrotechnischer Verein
Der Vorsitzende:
Dr.-Ing. Feyerabend.

Vortragsreihe

des Elektrotechnischen Vereins in Gemeinschaft mit dem Außeninstitut der Technischen Hochschule Berlin über „Technische Akustik".

Vortragender: Herr Präsident a. D. Professor Dr.-Ing. E. h. Dr. K. W. Wagner, Direktor des Heinrich-Hertz-Instituts.

Vom 27. Oktober bis einschl. 15. Dezember 1930.

1. 27. X. 1930: Schallschwingungen. Ebene Schallwellen. Reflexion und Brechung. Akustische Induktivitäten und Kapazitäten. Tonfilter.
2. 3. XI. 1930: Sprache und Musikklänge. Bereich der Tonhöhen und Tonstärken. Formanten. Einfluß von Verzerrungen auf Verständlichkeit und Klangeindruck.
3. 10. XI. 1930: Das Gehör. Der physikalische Mechanismus des Ohres. Die Nervenleitung. Die Empfindlichkeit des Ohres (Hörfläche). Begriff der Lautstärke. Verdeckungserscheinungen. Subjektive Kombinationstöne.
4. 17. XI. 1930: Das allgemeine räumliche Schallfeld. Kugelstrahler. Nullstrahler. Ausgedehnte Strahler. Großflächenmembranen.
5. 24. XI. 1930: Schallsender und Schallempfänger. Telephon. Lautsprecher. Mikrophon.
6. 1. XII. 1930: Schallmessungen. Messung der Schallstärke (Ausschlag, Schalldruck, Schallschnelle). Klanganalyse.
7. 8. XII. 1930: Raum- und Bauakustik. Nachhall. Schalldämpfung. Messung der Gesamtstrahlung von Schallquellen (Ulbrichtsche Kugel für Schall). Günstigste Nachhallzeit. Schallhäufung. Echo. Schalldurchlässigkeit von Baustoffen. Schallisolierung.
8. 15. XII. 1930: Geräusch und Lärm. Physiologische Wirkungen. Geräuschmessung und Geräuschanalyse. Maschinengeräusch. Straßenlärm. Lärmminderung.

Zeit: Montag abends pünktlich 6½ bis 8 Uhr.
Ort: Aula der Technischen Hochschule zu Berlin.

Teilnehmerkarten: Zu haben

a) in der Technischen Hochschule, Zimmer Nr. 138,
b) im Elektrotechnischen Verein, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Postscheckkonto: Berlin Nr. 133 02.

Der Preis für sämtliche Vorträge beträgt:

a) für Mitglieder des Elektrotechnischen Vereins und der Heinrich-Hertz-Gesellschaft zur Förderung des Funkwesens . . . . 8 RM
b) für deutsche Studenten . . . . . 4 „
c) für andere Teilnehmer . . . . . 12 „

Karten für einzelne Vorträge werden nicht abgegeben.

„Fest der Technik."

Die nachstehenden technisch-wissenschaftlichen Vereine in Berlin veranstalten

am Freitag, dem 7. November 1930, 8½ Uhr abends, in sämtlichen Räumen des Zoologischen Gartens zu Berlin

das

„Fest der Technik"

und laden hierdurch zur Teilnahme ein.

Das Fest wird veranstaltet zum Besten der Unterstützungskassen der Vereine zum Zwecke der Linderung der großen Not der Gegenwart.

Anzug: Herren: Gesellschaftsanzug, Frack;
Damen: Gesellschaftskleid.

Musik: Kapelle Kermbach.

Tombola: Reichhaltig mit wertvollen Gewinnen.

Eintrittskarten für Vereinsmitglieder, deren Angehörige und eingeführte Gäste kosten 10 RM, werden auf den Namen ausgestellt und können nur vor dem Fest durch die Geschäftstellen der veranstaltenden Vereine bezogen werden.

Architekten- und Ingenieur-Verein zu Berlin — Automobil- und Flugtechnische Gesellschaft (Technisch-wissenschaftliche Vereinigung e. V.) — Berliner Bezirksverein deutscher Ingenieure — Bezirksverein Groß-Berlin

Digitized by Google

und Mark des Vereins deutscher Chemiker e. V. — Bund Deutscher Architekten, Landesbezirk Brandenburg e. V. — Deutsche Beleuchtungstechnische Gesellschaft e. V. — Deutsche Gesellschaft für Bauingenieurwesen — Deutsche Gesellschaft für Metallkunde — Deutsche Gesellschaft für technische Physik e. V. — Deutsche Keramische Gesellschaft e: V. — Deutsche Maschinentechnische Gesellschaft — Deutscher Kälte-Verein — Elektrotechnischer Verein e. V. — Gesellschaft Deutscher Metallhütten- und Bergleute e. V. — Märkischer Verein von Gas- und Wasserfachmännern — Heinrich-Hertz-Gesellschaft zur Förderung des Funkwesen e. V. — Reichsbund der höheren technischen Beamten e. V. — Reichsbund Deutscher Technik e. V. — Schiffbautechnische Gesellschaft — Verband der Zentralheizungs-Industrie e. V. — Verband Deutscher Diplom-Ingenieure, Bezirksverein Berlin — Verband Deutscher Patentanwälte — Verein deutscher Eisengießereien, Gießereiverband e. V. — Verein Deutscher Gießereifachleute e. V. — Verein Deutscher Heizungs-Ingenieure, Bezirk Berlin, e. V. — Wissenschaftliche Gesellschaft für Luftfahrt e. V.

1. Da jedem der veranstaltenden Vereine nur eine beschränkte Zahl von Eintrittskarten zugeteilt wird, empfiehlt es sich, die Karten bei der Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins (Berlin W 35, Potsdamer Straße 118 a II) bald zu besorgen.

2. Die Eintrittskarten werden gegen Barzahlung oder Einsendung des Betrages auf das Postscheckkonto: Elektrotechnischer Verein, Berlin Nr. 133 02, ausgehändigt.

3. Gastkarten werden bei Vermittlung von Mitgliedern des Elektrotechnischen Vereins ausgegeben.

4. Die Tischnummern sind auf den Teilnehmerkarten vermerkt.

Elektrotechnischer Verein
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker

(Eingetragener Verein).

Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 7 Pallas 7286.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Bekanntmachung

Kommission für Betriebsvorschriften.

Die Kommission hat die gegen den in ETZ 1930, S. 793, angekündigten Entwurf zu einer Neufassung der

„Leitsätze für die Bekämpfung von Bränden in elektrischen Anlagen und in deren Nähe"

eingegangenen Einsprüche durchberaten und gibt nachstehend den Schlußentwurf bekannt, der der Jahresversammlung 1931 zur Inkraftsetzung mit dem 1. Januar 1932 zugeleitet werden soll.

Gleichzeitig wird bei der Jahresversammlung 1931 der Antrag gestellt werden, die bisherige Fassung der Leitsätze vom 1. Januar 1926 vom gleichen Tage ab außer Kraft zu setzen.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

Schlußentwurf.

Leitsätze für die Bekämpfung von Bränden in elektrischen Anlagen und in deren Nähe[1].

Gültig ab 1. Januar 1932[2].

§ 1.

Begriffserklärungen.

1. Niederspannungsanlagen im Sinne dieser Leitsätze sind Anlagen, deren Spannung gegen Erde nicht mehr als 250 V beträgt. Hierzu gehören alle elektrischen Anlagen, die nicht unter 2. fallen, besonders Ortsnetze, Hausinstallationen und die meisten elektromotorischen Betriebe. Da der Isolationszustand durch Brand oder Löschmaßnahmen unter Umständen erheblich herabgesetzt wird, kann eine Berührung auch der im normalen Zustand nicht unter Spannung stehenden Anlageteile (z. B. Leitungsrohre, Motoren usw.) gefährlich sein und ist daher zu unterlassen.

2. Hochspannungsanlagen im Sinne dieser Leitsätze sind Anlagen, deren Spannung gegen Erde mehr als 250 V beträgt. Hierzu gehören u. a. Kraftwerke, Schaltstationen, Transformatorenhäuser oder -säulen, Hochspannung-Freileitungen und elektrische Bahnanlagen. Derartige Anlagen sind im allgemeinen besonders gekennzeichnet, z. B. durch Schilder mit rotem Blitzpfeil, durch die Aufschrift „Vorsicht — Hochspannung — Lebensgefahr" oder dgl. Jede unmittelbare oder mittelbare Berührung ist lebensgefährlich.

3. Fernmeldeleitungen (Fernsprech-, Telegraphenleitungen, Empfangsantennen usw.) sind Schwachstromleitungen; sie können aber beim Brande mit Starkstromleitungen in Berührung kommen und dadurch gefährlich werden (siehe § 4, Ziffer 5).

§ 2.

Allgemeines.

1. Verständnisvolles Zusammenarbeiten zwischen Feuerwehr (FW) und Elektrizitätswerk (EW) — bei Bahnanlagen die zuständige Bahnverwaltung — ist erforderlich. Beauftragte des EW, die sich als solche ausweisen, haben Zutritt zur Brandstelle.

2. Jedes EW hat der Feuerwehr Betriebstellen oder Personen zu bezeichnen, mit denen sich diese bei Bränden in Verbindung setzen kann. Die Betriebstellen oder Personen sollen vom EW Anweisung erhalten, sich auf Anfordern auf der Brandstelle zur Verfügung zu stellen.

3. Die Schlüssel zu wichtigen Abschaltstellen auf dem Lande sollen vom EW der FW übergeben werden, deren Führer für zuverlässige Aufbewahrung und rechtzeitige Herbeischaffung verantwortlich ist, oder vom EW sind andere Anordnungen zu treffen, durch die der Feuerwehr die Vornahme der in §§ 3 und 5 vorgesehenen Maßnahmen ermöglicht wird. In größeren Ortschaften und Städten werden besondere Vereinbarungen unter Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse zu treffen sein.

4. Alle FW sollen dafür sorgen, daß geeignete Leute als Feuerwehr-Elektriker ausgebildet werden, die im Notfalle einfache elektrotechnische Handgriffe in Niederspannungsanlagen unter 250 V (siehe § 2) ausführen können. Die Ausbildung soll im Einvernehmen mit dem EW erfolgen.

5. Der Eingriff in elektrische Anlagen durch ungeschulte Personen hat unter allen Umständen zu unterbleiben. Beim Brande nötig werdende elektrotechnische Arbeiten (siehe §§ 3 und 5) sollen durch das Betriebspersonal oder durch Beauftragte des EW und nur im Notfalle durch die FW-Elektriker erfolgen. Eingriffe und Schaltungen in oder an Hochspannungsanlagen dürfen nur durch das mit diesen Schaltungen genau vertraute Betriebspersonal oder durch Beauftragte des EW ausgeführt werden.

§ 3.

Allgemeine Maßnahmen bei Bränden.

1. In jedem Falle ist dem EW nach § 2, Ziffer 1 und 2, auf dem schnellsten Wege — telephonisch, durch Boten oder telegraphisch — Nachricht von einem Brande zu geben; das EW entsendet auf Anfordern nach Möglichkeit sofort geeignetes Personal zur Brandstelle.

2. In Stromerzeugung- und -verteilungsanlagen sind, soweit überhaupt eine Notwendigkeit vorliegt, nur die vom Brande betroffenen oder unmittelbar bedrohten Teile spannungslos zu machen. Grundsatz muß sein, daß so wenig wie möglich abgeschaltet wird und zwar mit Rücksicht auf die schweren Nachteile für die Bekämpfung des Brandes (z. B. Verdunkelung der Straßen, Stillegung der Wasserversorgung usw.) sowie für die Allgemeinheit (Stillegung gewerblicher Betriebe, Gefährdung von Operationen in Krankenhäusern usw.). Im übrigen gelten die Maßnahmen unter Ziffern 4 bis 6.

3. In Stromverbrauchsanlagen sind in den vom Brande betroffenen oder unmittelbar bedrohten Räumen die Beleuchtungsanlagen und die Anlagen für etwa vorhandene Löschvorrichtungen (Beregnungsanlagen mit elektrisch angetriebenen Pumpen u. a.) in Betrieb zu lassen. Alle sonstigen, elektrisch betriebenen Einrichtungen und Maschinen in diesen Räumen sind abzuschalten und damit spannungslos zu machen.

[1] Diese Leitsätze finden sinngemäß Anwendung bei Feuerwehrübungen.
[2] Angenommen durch die Jahresversammlung 19...

Digitized by Google

4. Das Abschalten hat ordnungsgemäß mit den dafür vorgesehenen Vorrichtungen zu erfolgen. Kein Leitungsdraht ist ohne zwingenden Grund durchzuschneiden oder durchzuhauen. Erden oder Kurzschließen von Leitungen sind Gewaltmittel, die auch für den Ausführenden mit erheblicher Gefahr verbunden sind; sie dürfen nur angewendet werden, wenn Menschen unmittelbar gefährdet sind und dann nur mit größter Vorsicht durch besonders erfahrene Personen.

Das Kurzschließen von Hochspannungsleitungen ist dem FW-Elektriker unbedingt verboten. Dieses Gewaltmittel darf nur in Ausnahmefällen von Fachleuten angewendet werden.

5. Die Lampen in den vom Brande betroffenen oder bedrohten Räumen sind — auch bei Tage — einzuschalten. Im Gegensatz zu allen anderen Beleuchtungsmitteln leuchten sie auch in raucherfüllten Räumen und erleichtern die Rettungsarbeiten.

6. Sind bereits umfangreiche Zerstörungen der elektrischen Anlage eingetreten, so sind diese Teile der Anlage nachträglich spannungslos zu machen.

7. Die Metallteile der FW-Ausrüstung (z. B. an Anzügen und Helmen) und der FW-Geräte sind Strom leitend; jegliche Berührung solcher Teile mit Spannung führenden Leitungen ist unter allen Umständen zu vermeiden.

8. Beim Aufrichten oder Ausfahren von Feuerwehrleitern ist darauf zu achten, daß sie nicht mit elektrischen Freileitungen in Berührung kommen und diese zerreißen. Ebenso ist beim Besteigen der Leitern auf elektrische Leitungen zu achten.

§ 4.

Löschmittel.

1. Elektrische Maschinen, Schalttafeln und Apparate sind nach Möglichkeit vor Löschwasser zu schützen. Beim Brande vorstehender Anlagen sind nicht leitende Löschmittel mit nicht leitenden Treibmitteln zu verwenden. Die Isolierfähigkeit des Löschmittels darf auch durch das Treibmittel nicht herabgesetzt werden. Tetrachlorkohlenstoff soll in engen, schlecht belüfteten Räumen, aus denen die Gase nur schwer entweichen können, nicht oder nur unter Verwendung von Atmungsgeräten (Gasmasken) mit entsprechendem Einsatz benutzt werden. Bei Kabeln, in Schaltanlagen und unterirdischen Kabelverteileranlagen empfiehlt sich daneben die Verwendung trockenen, gesiebten Sandes. Zum Löschen von Maschinenbränden ist Sand unter allen Umständen zu vermeiden; hier darf nur mit sandfreien Trockenlöschern, Kohlensäure oder gleichwertigen Mitteln vorgegangen werden.

2. In oder in der Nähe von Stromerzeugung- und Stromverteilungsanlagen untergebrachte Handfeuerlöscher sind eindeutig und augenfällig dahingehend zu kennzeichnen, ob sie zum Anspritzen Spannung führender Teile zulässig sind oder nicht.

3. Ölbrände können durch Trockenpulverapparate, Kohlensäurelöschapparate, Sand oder nach Abschaltung der Spannung auch durch Schaumlösch- oder gleichwertige Apparate bekämpft werden. In gewissen Fällen empfiehlt sich, eine Abkühlung mit größeren Wassermengen herbeizuführen.

4. Beim Brande von Holzmasten wird sich das Löschen mit Wasser nicht immer vermeiden lassen. Handelt es sich um Hochspannungsleitungen, so sind die in Frage kommenden Leitungstrecken vor dem Löschen spannungslos zu machen, also durch Mast- oder Streckenschalter abzuschalten.

5. Da eine einwandfreie Erdung des Strahlrohres kaum zu erreichen sein wird, wird vor dem Anspritzen von Leitungen gewarnt; besonders gefährlich ist das Anspritzen mit vollem Strahl. Gefährdet werden in solchen Fällen nicht nur der Strahlrohrführer infolge des Stromdurchganges, sondern auch die Umstehenden und die Bedienungsmannschaften an der Spritze, wenn durch das Anspritzen Leitungsdrähte reißen und herunterfallen. Sollte es bei dem Ablöschen eines Feuers doch notwendig sein, mit einem Strahlrohr in der Nähe von Hochspannungsleitungen zu arbeiten, so ist ein Abstand von mindestens 15 m einzuhalten.

§ 5.

Maßnahmen nach dem Brande.

1. Nach Beendigung der Löscharbeiten darf die Brandstelle von Nichtfachleuten erst dann betreten werden, wenn festgestellt ist, daß sämtliche vom Brande betroffenen Teile der elektrischen Anlage vollständig abgeschaltet sind. Die Anlage darf erst wieder endgültig in Betrieb genommen werden, wenn sie von fachmännischer Seite als den Errichtungsvorschriften V.E.S.1. oder V.E.S.2. entsprechend bezeichnet ist.

§ 6.

Behandlung durch elektrischen Strom Verunglückter.

1. Bei Unfällen durch Berührung von Leitungen oder sonstigen Spannung führenden Teilen in Niederspannungsanlagen ist zunächst die betreffende Leitung spannungslos zu machen, da eine vorherige Berührung des Verunglückten den Hilfeleistenden selbst gefährdet. Ist es nicht möglich, die Leitung abzuschalten oder unter entsprechenden Vorsichtsmaßnahmen (Zange mit isolierenden Handgriffen) abzuschneiden (nur durch Fachleute oder FW-Elektriker), so ist der Verunglückte mit trockenen Decken oder sonstigen gut isolierenden Gegenständen anzufassen und von der Leitung zu entfernen.

2. Bei Unfällen in Hochspannungsanlagen soll der Verunglückte von der Leitung erst dann entfernt werden, wenn die Leitung abgeschaltet oder kurzgeschlossen ist. Auch die Annäherung an den Verunglückten ist gefährlich und daher zu unterlassen.

3. Bei vom elektrischen Schlag getroffenen Personen sind unverzüglich an der Unfallstelle Wiederbelebungsversuche durch künstliche Atmung einzuleiten. Von der Schnelligkeit des Arbeitsbeginnes hängt alles ab. Die künstliche Atmung ist ohne jede Unterbrechung so lange fortzusetzen, bis die regelmäßige natürliche Atmung wieder eingetreten ist. Außerdem ist alle 3 s ein Schlag mit der flachen Hand gegen die Herzgegend auszuführen. Aber auch dann muß der Verunglückte noch längere Zeit überwacht und beobachtet werden. Bleibt die natürliche Atmung aus, so muß die künstliche Atmung so lange fortgesetzt werden, bis Leichenflecke auftreten oder durch einen Arzt die Einstellung der Wiederbelebungsversuche angeordnet wird. Erst dann dürfen die Wiederbelebungsversuche eingestellt werden. Ein Arzt ist auf jeden Fall sofort herbeizurufen.

AEF

Ausschuß für Einheiten und Formelgrößen.

Zuschriften mit dem Bemerk „Betrifft AEF" sind zu richten an die Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins, Berlin W 35, Potsdamer Straße 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst 9697.

Der Ausschuß für Einheiten und Formelgrößen stellt die folgenden Entwürfe 36, Formen der elektrischen Entladung in Luft von Atmosphärendruck, und 37, Benennungen in der Akustik, gemäß § 4, Abs. 3 seiner Satzung zur Beratung und lädt die beteiligten Vereine ein, ihm das Ergebnis ihrer Beratung bis zum 1. Februar 1931 möglichst in zwei Ausfertigungen mitzuteilen. Zur gleichen Frist kann sich auch jedes Mitglied der beteiligten Vereine und jeder, der an der Beratung teilnehmen will, zu den Entwürfen äußern. Es wird gebeten, von Äußerungen in Zeitschriften dem AEF stets wenigstens einen Abdruck zu senden.

Berlin, im August 1930. Strecker.

Entwurf 36.

Formen der elektrischen Entladung in Luft von Atmosphärendruck.

I. Allgemeines.

1. Die Form einer Entladung zwischen zwei Elektroden ist abhängig von Form und Größe der Elektroden, ihrer gegenseitigen Lage, weiterhin von der Stromart, Spannung und den Konstanten des Stromkreises.

2. Die Benennungen der Entladungsformen stützen sich auf ihre Lichterscheinung, deren regelmäßigste Ausbildung bei Gleichstrom eintritt. Bei Wechselstrom nicht zu hoher Frequenz wird eine Reihe von Gleichstromformen periodisch wechselnd durchlaufen.

3. Der Entladungsraum wird eingeteilt in:

a) die elektrodennahen Gebiete,
b) die elektrodenfernen Gebiete,
c) das restliche Zwischengebiet, abgetrennt gegen b) durch „ausgezeichnete Stellen".

4. In den elektrodennahen Gebieten findet man, nach steigender Stromdichte geordnet, folgende Entladungselemente:

a) lichtloses Fließen,
b) Glimmen,
c) Lichtbogenfußpunkte.

5. In den elektrodenfernen Gebieten findet man, nach steigender Stromdichte geordnet, folgende Entladungselemente:

Digitized by Google

a) lichtloses Fließen, } mit steigender Charakteristik,
b) Leuchtfäden, }
c) Büschelbogen, } mit fallender Charakteristik.
d) Lichtbogen, }
e) Funkenkanäle, }

6. Im Zwischenstück können dieselben Elemente auftreten wie in den elektrodenfernen Gebieten.

II. Entladungsformen bei Gleichstrom.

7. Mit steigender Stromstärke erhält man im Dauerzustand folgende Reihe von Entladungsformen an kleinen Elektroden:

A. an der Kathode.

a) Lichtloses Fließen,
b) neg. Glimmen,
c) neg. stiellose Büschelentladung,
d) neg. Stielbüschel,
Abart: d*) neg. Streifenentladung,
e) neg. Büschelbogenanteil,
f) neg. Lichtbogenanteil.

B. an der Anode.

a) Lichtloses Fließen,
b) pos. Glimmen,
c) pos. kurzes Stielbüschel,
d) pos. langes Stielbüschel,
Abart: d*) pos. Streifenentladung,
e) pos. Büschelbogenanteil,
f) pos. Lichtbogenanteil.

8. Die Spannungs- bzw. Stromgrenzen der angegebenen Entladungsformen heißen „Grenzspannungen" bzw. „Grenzstromstärken":

a) Anfangspannung = obere Grenzspannung des lichtlosen Fließens,
b) Glimmgrenzspannung,
c) Büschelgrenzspannung,
d) Streifengrenzspannung,
e) Büschelbogen-Grenzspannung.

Die allerkleinste Spannung mit Leuchten an Elektrode heißt „Minimumspannung".
Entsprechendes gilt für „Grenzstromstärken".

III. Entladungsformen der diskontinuierlichen Entladung und des Stoßes.

9. An jeder Grenze erscheinen auch schon bei Gleichstromzufuhr diskontinuierliche Entladungserscheinungen, d. h. rhythmische Strom- und Spannungschwankungen:

a) Stoßglimmen,
b) Stoßbüschel,
c) Spritzbüschel,
d) pulsierende Büschelbogen,
e) zischende Bogen.

10. Teilfunken sind kurzdauernde Entladungsteile mit fallender Charakteristik (z. B. Stiele von Stoßbüscheln). Eine stoßartige, bogenförmige Verbindung beider Elektroden heißt „Vollfunken" oder „Funken" schlechthin. Die Spannung zwischen den Elektroden beim Funkenausbruch heißt „Funkenspannung".

IV. Entladungsformen bei Wechselstrom technischer Frequenz (um 50 Hz).

11. Bei Wechselstrom technischer Frequenz durchläuft die Entladung periodisch die Reihe der entsprechenden Gleichstromformen ohne wesentliche Veränderung durch Nachwirkung. Das Auge sieht von den überlagerten Bildern die vorgeschrittenste Form.

V. Entladungsformen bei Hochfrequenz.

12. Bei Hochfrequenz wird der Charakter durch Nachwirkungserscheinungen verändert. Die Büschelentladung besteht nur noch aus Stielen, die sich wurmartig in den Raum bohren (Wurmbüschel).

VI. Gleitende Entladung.

13. „Gleitende Entladungen" zeigen sich oft an der Grenze zwischen Luft und festen oder flüssigen Isolatoren. Die auftretenden Gleitentladungsformen entsprechen den räumlichen Entladungsformen.

14. Gleitpol heißt das Ausgangsgebiet der Gleitentladungen auf der Oberfläche des Isolators.

15. Mit steigender Spannung und Stromstärke entstehen folgende Entladungsformen:

a) lichtloses Fließen,
b) Glimmen,
c) Polbüschel = Gleitstreifen,
d) Gleitbüschel, ihre Stiele heißen „Gleitfunken", solange sie die Gegenelektrode nicht erreichen,
e) Gleitüberschlag.

16. Die Grenzspannungen der Gleitentladungen sind:

a) Anfangspannung,
b) Glimmgrenzspannung,
c) Polbüschelgrenzspannung = Gleitfunkenspannung,
d) Überschlagspannung.

17. In Rillen und sonstigen Vertiefungen von Isolatoroberflächen entstehen oft Doppelentladungsformen, als:

a) elektrodenloses Glimmen,
b) elektrodenlose Polbüschel und
c) Gleitbüschel mit Gleitfunken.

VII. Sammelnamen für Entladungsformen.

18. Für die technische Praxis genügt oft die folgende summarische Einteilung:

A. Sprühen.

Zusammenfassung aller Entladungsformen mit steigender Gesamtcharakteristik:

a) Glimmlicht, Sammelnamen für II. A. b) und II. A. c) sowie II. B. b),
b) Streifenentladung,
c) Büschelentladung für II. A. d) sowie II. B. c) und II. B. d).

B. Vorentladungen:

Teilfunken und kurzdauernde schwache Vollentladungen, die gelegentlich den Vollentladungen vorausgehen.

C. Vollentladungen:

Zusammenfassung aller zusammenhängenden Entladungsformen mit fallender Gesamtcharakteristik.

a) Bogenentladung für Büschelbogen und Lichtbogen,
b) Funkenentladung.

Erläuterungen[1]

von M. Toepler, W. Estorff, A. Matthias und W. Weicker.

I. Allgemeines.

1. Der für die Technik wichtige Elektrizitätsdurchgang durch Luft von Atmosphärendruck zwischen zwei oder mehreren Elektroden zeigt sehr verschiedenen äußeren und inneren Aufbau seiner Erscheinungsformen. Speziell die Gebiete mit kleiner Feldstärke, in denen keine Stoßionisation stattfindet, erscheinen lichtlos. Die Ausdehnung und die Verteilung der Gebiete mit Lichtentwicklung dient zur Einteilung der verschiedenen Strömungsarten. Diese sind nicht nur abhängig von der Gestalt und Größe des Schlagraumes und von der Art der Ergiebigkeit der Stromquellen, sondern auch von der gesamten Verteilung der Kapazitäten, Widerstände und Selbstinduktionen zwischen Stromquelle und Schlagraum.

2. In der Technik wird z. Z. überwiegend Wechselspannung mittlerer Frequenzen (etwa 50 Hertz) angewendet. Die hier innerhalb jeder Periode auftretenden Entladungserscheinungen durchlaufen eine Reihe von Entladungsformen, z. B. Glimmen, Büschel, Glimmen, welche sich bei Gleichstrom passender Stärke jeweils langdauernd ungeändert, also leicht beobachten lassen. Aus diesem Grunde gelten auch die Entladungsformen des Gleichstromes, wie sie nachstehend in Abschnitt II geschildert werden, zugleich als Typen der bei Wechselspannung bis etwa 100 Hertz innerhalb jeder Periode durchlaufenen Formen. Ergänzungen über den Einfluß großer Frequenzen ergibt Abschnitt V.

3. Entladungsgebiete: Zwischen zwei Elektroden läßt schon ein oberflächlicher Anblick meist ein „negatives Gebiet" und ein „positives Gebiet" leicht unterscheiden, d. h. die Gebiete, deren Lichtgestalt wesentlich von der Kathode bzw. der Anode abhängt. Jedes dieser Gebiete zerfällt seinerseits

a) in sein elektrodennahes und
b) in sein elektrodenfernes Gebiet.
c) Das Berührungsgebiet beider leuchtenden Gebiete heißt „ausgezeichnete Stelle oder Fläche". Bei kleiner Stromstärke oder großem Elektrodenabstande besteht ein „Zwischengebiet", Zwischenraum, zunächst lichtlos, bei Stromvermehrung dann in Form einer elektrodenlosen doppelpoligen Entladungserscheinung zwischen den Entladungsgebieten an den Elektroden als Gaselektroden.

Der elektrodennahe Raum reicht in Luft von Atmosphärendruck etwa 0,1 cm weit von der Elektrode. Der elektrodenferne Anteil von da bis etwa 15 ... 20 cm weit,

[1] Eine ausführliche Zusammenstellung s. Z. Techn. Phys. Bd. 10, S. 73 u. 113 (1929).

Digitized by Google

der Rest ist als Zwischenraum zu bezeichnen. Bei kleinen Elektrodenabständen berühren sich für hinreichenden Strom negative und positive Gebiete in der „ausgezeichneten Stelle". In großen Schlagräumen bildet sich bei schwachem Strom ein dunkles, bei starkem Strom ein leuchtendes Zwischenstück.

In dem häufigsten Falle, daß sich nur zwei Elektroden gegenüberstehen, hat man also die Einteilung

α) bei kleinen Schlagweiten (bis 0,3 cm):
negatives Gebiet, hier nur elektrodennahes negatives Gebiet,
ausgezeichnete Stelle,
positives Gebiet, hier nur elektrodennahes positives Gebiet;

β) bei mittleren Schlagweiten (bis 50 cm):
negatives Gebiet aus elektrodennahem negativem Gebiete und aus elektrodenfernem negativem Gebiete,
ausgezeichnete Stelle,
positives Gebiet, bestehend aus elektrodenfernem positivem Gebiete und elektrodennahem positivem Gebiete;

γ) bei großer Schlagweite (über 50 cm):
negatives Gebiet aus elektrodennahem und elektrodenfernem Gebiete wie vorher,
lichtloses oder leuchtendes Zwischenstück,
positives Gebiet aus elektrodenfernem und elektrodennahem Gebiete wie vorher.

Bei mittleren Abständen zweier gleicher Elektroden sind die positiven elektrodenfernen Gebiete etwa doppelt so groß wie die negativen, die ausgezeichnete Stelle teilt also den Schlagraum ungefähr in Verhältnisse ⅓ negativ zu ⅔ positiv; Halbleiterplatte behindert die Ausbildung der zugehörigen elektrodenfernen Gebiete, Metallspitze begünstigt sie.

Die Angabe der Aufteilung des Entladungsraumes in positive und negative Gebiete und in Zwischengebiete gibt den ersten wesentlichen Anhalt zur Beurteilung der Gesamtströmung.

4. Entladungselemente: Betrachtet man einzelne Raumstellen, Raumelemente im gesamten Entladungsraume, so findet man, daß nur eine beschränkte Zahl von lokalen Strömungsarten, „Entladungselementen", die Bausteine zu den Entladungsgebieten, oder speziell ihren Entladungsformen bilden.

Entladungselemente in elektrodennahen Entladungsgebieten:

Die Strömung stützt sich

a) bei lichtlosem Fließen auf
a_1 Fremdionisation, identisch mit der Townsendschen Strömung* niederer Drucke,
a_2 Elektrodenbestrahlung;

b) bei Glimmen auf } entsprechen dem Glimmstrome niederer Drucke
b_1 einfache Grenzionisation durch Stoß
b_2 doppelte Grenzionisation durch Stoß

c) in Lichtbogenfußpunkten auf } entsprechen dem Lichtbogen niederer Drucke mit glühender oder verdampfender Elektrode
c_1 Thermionen (Glühelektroden)
c_2 Elektrodendampfionen (Dampfelektroden)

Die Elemente sind nach steigender Stromdichte geordnet.

NB. Da die räumliche Ausdehnung aller einzelnen Entladungselemente nahezu umgekehrt proportional dem Drucke wächst, so treten in Vakuumgefäßen technisch brauchbarer Größe bei niederen Drucken Entladungen auf, die fast nur aus elektrodennahen Entladungselementen bestehen. Eine eingehendere Festlegung der Nomenklatur bei niederen Drucken, also für elektrodennahe Gebiete, ist beabsichtigt.

5. Entladungselemente in elektrodenfernen Gebieten. Im elektrodenfernen Gebiete treten als Elemente der Strömung auf:

a) lichtloses Fließen als
a_1 lichtlose Strömung, gestützt auf Fremdionisation, beginnend mit Ohmschem Widerstande, abschließend als Sättigungsstrom,
a_2 lichtlose Stromfäden, gespeist aus den elektrodennahen Gebieten,

b) Leuchtfäden,

c) Büschelbogenstücke, auch Stiele von negativen oder positiven Dauerbüscheln ohne verdampfte Elektrodensubstanz,

d) Lichtbogenstücke mit Strömung vermittels verdampfter Elektrodensubstanz,

e) Funkenkanäle, d. h.
e_1 kurzdauernde Büschelbogenstücke, Stoßbüschelstiele,
e_2 kurzdauernde Lichtbogenstücke.

Die Elemente sind nach zunehmender Stromdichte geordnet; a) und b) besitzen steigende Charakteristik, d. h. die Stromverstärkung ist mit Spannungserhöhung verbunden, c) d) und e) fallende.

6. Entladungselemente im Zwischenstücke.

Das Zwischenstück ist als elektrodenlose Entladung aufzufassen, d. h. als Entladung zwischen dem positiven und negativen Gebiete, also zwischen Gaselektroden. An ihm ist seine negative und positive Seite zu unterscheiden, erstere ist wie die Strömung im positiven elektrodenfernen Gebiete, letztere wie die negative elektrodenferne Entladung gebaut. Es besteht also das Zwischenstück aus den unter 5. von a) ... e) genannten Elementen.

NB. Zur leichteren allgemeinen Orientierung über die Strömung sei folgende Farbenskala angegeben, welche von den Entladungselementen unter 5. und 6. bei wachsender Stromdichte in Luft durchlaufen wird:

a) graublau } steigende Charakteristik
b) blau
c) violettblau, rötlichblau
d) karmin
e) ziegelrot } fallende Charakteristik.
f) orange
g) schwefelgelb
h) gelbweiß
i) weiß
k) violettweiß

Eine Lichtspaltung senkrecht zur Strömungsrichtung, d. h. eine Perlenbildung, Leuchtwolkenbildung oder Leuchtmassenbildung kann bei allen ausgedehnten Entladungsformen eintreten, u. zw. stets nahe beim Erlöschen, d. h. beim Übergange in die stromschwächere Entladungsform; die Lichtschichtung ist also eine Verarmungserscheinung.

II. Entladungsformen bei Gleichstrom.

7. In einem einfach gestalteten Entladungsraume, besonders an kleinen Elektroden, bildet sich bei Gleichstrom immer eine bestimmte Reihe von typischen Gruppierungen der Entladungselemente, d. h. eine Reihe von „Entladungsformen", aus.

A. So hat man bei Stromverstärkung der Reihe nach als Formen des negativen Anteils an einer kleinen Kathode

a) negatives lichtloses Fließen,
b) negatives Glimmen: d. h. an der Elektrode ein oder mehrere Lichtpunkte (aber keine zusammenhängende Lichthaut), elektrodenfern lichtlose Stromfäden,
c) negative stiellose Büschelentladung: d. h. an der Elektrode Lichtpunkte mit divergierenden Leuchtfäden, welche elektrodenfern sich als lichtlose Stromfäden fortsetzen,
d) negatives Stielbüschel: d. h. an der Elektrode weißer Lichtpunkt, zunächst mit einem kurzen roten zentralen Lichtpfriem, bei starkem Strome mit einer züngelnden roten Lichtflamme,
e) negatives Gebiet des Büschelbogens: weißer Lichtpunkt elektrodenfern mit oft geschichteter roter Lichtsäule, bei stärkerem Strome Lichtpunkt mit ungeschichteter ziegelroter bis schwefelgelber, oft stark gespaltener Lichtsäule.
NB. Bei diesen Formen a) ... e) bleibt die Elektrode kalt.
f) Negativer Anteil des Lichtbogens: helle Austrittsfläche und der eigentliche Lichtbogen, letzterer oft von einer leuchtenden Gas- und Dampfhülle umgeben.

NB. Wenn nötig, könnte man einen Thermionenbogen von einem Dampfbogen unterscheiden; die Ausbildung beider hängt wesentlich von der Substanz der Elektrode ab.

B. An einer kleinen Anode treten bei Stromverstärkung als Formen des positiven Anteiles auf:

a) positives lichtloses Fließen,
b) positives Glimmen: Lichtpunkt oder Lichthaut, elektrodenfern stehen lichtlose Stromfäden.
c) positives kurzes Stielbüschel: Lichtpunkt elektrodenfern mit kurzem roten Stiele und weiterhin blauer Krone aus mehr oder minder divergierenden Leuchtfäden, die sich im Dunkelraum als lichtlose Fäden fortsetzen,

* Vgl. Seeliger, Gasentladungen 1927, S. 85.

Digitized by Google

d) positives langes Stielbüschel: Lichtpunkt elektrodenfern mit einem langen (bis 10 cm) Stiele, elektrodenseits rot, raumseits blau mit verstärktem Ende, weiterhin große blaue Krone aus Leuchtfäden;
e) positives Gebiet des Büschelbogens: Lichtpunkt elektrodenfern mit meist ungeschichteter, aber stark gewundener Lichtsäule, letztere bei schwachem Strome rot, bei stärkerem gelb,
f) positives Gebiet des Lichtbogens: blendend heller Krater und elektrodenfern der eigentliche Lichtbogen umgeben von leuchtender Gashülle.

Häufig bildet sich an Kathode oder Anode eine ganze Reihe fadenförmiger Büschel aus, welche die Elektrode wie Borsten einer Bürste umgeben. Man hat dann

an der Kathode

d* negative Streifenentladung,

an der Anode

d* positive Streifenentladung.

Streifenentladung steht also zum Einzelbüschel in analoger Beziehung wie Wald zum einzelnen Baum.

NB. Die Krone des positiven Stielbüschels ist eine Streifenentladung, welche sich nicht auf die Metallanode, sondern auf den Büschelstiel, d. h. auf ihre halbleitende Verlängerung, aufsetzt.

Die Lichtgestalt, d. h. die Einzelheiten im Aufbau und die gesamte Größe jeder der aufgeführten typischen Entladungsformen, ist bei der gleichen Stromstärke fast unabhängig von der Schlagweite, d. h. verändert man die Schlagweite bei konstant gehaltener Stromstärke, so verschieben sich die Entladungsformen fast ohne Gestaltsänderung jeweils mit der zugehörigen Elektrode (Verschiebungsgesetz).

An Drähten oder ausgedehnten Elektroden treten an verschiedenen Oberflächenstellen Gebiete mit verschiedener Entladungsform nebeneinander auf. Oft wird es zur Charakterisierung genügen, die vorgeschrittenste Form im Sinne der vorangehenden Zusammenstellung anzugeben, wobei die Streifenentladung der kurzstieligen Büschelentladung koordiniert ist.

Grenzspannungen und Grenzstromstärken.

8. Steigert man die Spannung bzw. Stromstärke einer zunächst vorliegenden Entladungsform allmählich bis zum Übergange in die nächste Form, so heißt die Spannung oder Stromstärke, bei welcher dieser Übergang einsetzt, „obere Grenzspannung" bzw. „obere Grenzstromstärke". Senkt man die Spannung oder Stromstärke bis zum Überschlage in die nächst tiefere Form, so heißt die Spannung bzw. Stromstärke, für die der Umschlag in letztere eintritt, „untere Grenzspannung" bzw. „untere Grenzstromstärke".

a) Die obere Grenzspannung des lichtlosen Fließens heißt speziell auch „Anfangspannung". Die tiefste Spannung, bei der die Entladung noch leuchtet, heißt „Minimumspannung".

Bei Stromverstärkung folgen weiter:

b) Glimmgrenzspannung,
c) Büschelgrenzspannung, wobei man noch die des kurzen von der des langen Büschels unterscheiden kann,
d) Grenzspannung der Streifenentladung,
e) Grenzspannung des Büschelbogens.

Schließlich Grenzspannung des ruhigen zum zischenden Lichtbogen.

III. Entladungsformen der diskontinuierlichen Entladung und des Stoßes.

9. Der Spannungsturz beim Übergange einer stromschwächeren Entladungsform in die stromstärkere veranlaßt daselbst auch bei Gleichstromzuführung ein selbsttätiges Zerhacken der Elektrizitätströmung im Entladungsraum, an jeder Grenze zweier Formen hat man also diskontinuierliche Entladungen, d. h. rhythmische Stromspannungsschwankungen wie Stoßglimmen, Stoßbüschel usw. bis zum zischenden Bogen.

Größe und Gestalt der Stromspannungsschleife hängt vom Produkte aus Elektrodenkapazität und Spannungssturz der während der Schleife dynamischen Charakteristik ab.

10. Schreitet die Stromdichte bei der Stromspannungsschleife nur an der Elektrode bis zu fallender Charakteristik vor (z. B. in den Stielen von Stoßbüscheln), so heißen diese Teile, diese Stiele „Teilfunken", speziell negative bzw. positive Teilfunken. Hierzu gehören auch die unter IV. 11 geschilderten Spritzbüschel.

Eine stoßartige bogenförmige Verbindung beider Elektroden, d. h. kurzdauernde Verbindung mit durchgehends fallender Charakteristik heißt „Vollfunken" oder „Funken" schlechthin.

Die Spannung zwischen den Elektroden beim Funkenausbruche heißt „Funkenspannung". Das Überschreiten jeder Grenzspannung kann bei geeigneter Wahl der Konstanten des Stromkreises zu Funkenbildungen führen, also eine Funkenspannung sein.

IV. Entladungsformen bei Wechselstrom technischer Frequenz.

11. Bei Wechselspannung durchläuft die Leuchterscheinung der Entladung periodisch die vorgenannte Reihe von negativen und positiven Entladungsformen. Bis zu 100 Hz erscheinen die Formen noch wenig durch Nachwirkung verzerrt.

Namensergänzung: Für Elektrodenabstände über 100 cm und Spannungen von mehr als 300 kV gegen Erde bedürfen die oben genannten Entladungsformen an der Elektrode einer Ergänzung. Hier beginnen 30 ... 50 cm lange Büschel wie Lichtspritzer in den Raum hinein aufzutreten, bei etwa 500 kV bilden diese mit ihren funkenartigen Stielen eine neue auffallende Form der positiven Entladung, die „Spritzbüschel" genannt wird.

In Ergänzung sei ferner bemerkt, daß es zur Charakterisierung der Entladung oft genügt, deren vorgeschrittenste positive bzw. negative Form anzugeben. An ausgedehnten Elektroden also die nach Zeit und Ort vorgeschrittenste im Sinne obiger Einteilung.

V. Entladungsformen bei Hochfrequenz.

12. Bei hohen Frequenzen veranlaßt die Nachwirkung des Luftgebläses, der Wärme, der Ionisierung usw. eine mit der Frequenz zunehmende Verzerrung der vorstehend genannten Entladungsformen. Die lichtlosen Stromfäden und die Leuchtfäden verkümmern zuerst, so daß auch die positive Büschelentladung bei hohen Frequenzen nur noch aus Büschelstielen mit fallender Charakteristik besteht; diese Stiele bohren sich wurmartig in den Raum, sie werden

d*** „Wurmbüschel" genannt.

Bei höchsten Frequenzen kann alles bis zum Auftreten eines homogenen Raumleuchtens ausgeglichen sein.

VI. Gleitende Entladung.

13. Feste und flüssige Isolatoren im oder am Entladungsraume können infolge ihrer größeren Dielektrizitätskonstante oder ihrer größeren Leitfähigkeit den Entladungsvorgang in seinem überwiegenden Teile oder ganz an ihre Oberfläche oder Grenzschicht heranziehen:

„Gleitende Entladungsteile".

Steht eine Elektrode auf einem Isolator auf, so kann der ganze ihr zugehörige Entladungsanteil gleitend verlaufen. Prinzipiell gibt es hier ebenso viele Gleitformen wie räumliche Entladungsformen, natürlich entsprechend verzerrt.

14. Das Ausgangsgebiet auf der Oberfläche für das Gleiten heißt „Gleitpol". Sitzt die Metallelektrode nicht auf der Oberfläche auf, so ist also der Fußpunkt des speisenden Leuchtfadens oder Funkenkanales der eigentliche Gleitpol, die Gesamtentladung besteht also aus einem räumlichen und einem gleitenden Teile.

15. An einem aufsitzenden Gleitpole läßt sich zunächst der Beginn leuchtender Entladung (also z. B. Anfangspannung und Minimumspannung) und dann evtl. das Auftreten von Glimmen (Glimmgrenzspannung) unterscheiden.

Weiterhin umgibt sich der Gleitpol bei höherer Spannung bzw. Stromstärke mit einer Lichtfigur, welche ausschließlich aus Leuchtfäden aufgebaut ist. Diese, bisher oft Lichtenbergsche Figur genannt, soll „Polbüschel" oder „Gleitstreifen" heißen, letzteres, da sie ja eine gleitende Streifenentladung ist.

Wird eine bestimmte Spannung am Pole erreicht, negativ bzw. positiv, so wird das Polbüschel von Funkenkanälen durchbrochen, welche einen ausgedehnten Elektrizitätserguß ermöglichen. Dieser bildet ein weitverzweigtes Büschel, aufgebaut aus Funkenkanälen mit seitlichen Leuchtfäden. Nur erstere sind weithin sichtbar und ihre Ausdehnung z. Z. für die Technik wichtig. Neben dem Namen „Gleitbüschel" für die Gesamtfigur sei der Name „Gleitfunken" für die Gesamtheit seiner Stiele eingeführt.

Das Weiterwachsen dieser Gleitbüschel erfolgt unter vielfacher Verästelung entweder in glatten Elektrizitätsergüssen oder in mehr oder minder regelmäßigen „Rückstufen".

Erreicht ein funkenähnlicher Stiel des Gleitbüschels, also ein Gleitfunken den Gegenpol oder einen Stiel des Gegenbüschels, so heißt der so entstandene Kurzschluß „Gleitüberschlag".

Digitized by Google

Folgt beim Spannungstoße dem Spannungsanstiege in Kürze ein Spannungsabstieg, so bildet sich innerhalb der Hinfigur eine Rückfigur, „Rückschlagfigur".

16. Beim Spannungsanstiege am Gleitpole ist also zu unterscheiden

a) Anfangspannung vor Beginn des Leuchtens am Pole,
b) Glimmgrenzspannung vor Erscheinen eines Polbüschels,
c) Polbüschelgrenzspannung = Gleitfunkenspannung, diejenige Spannung am Pole, bei welcher zuerst (meist leicht auch mit Gehör bemerkbar) Gleitfunken das Polbüschel durchbrechen,
d) Überschlagspannung, die Spannung, bei welcher der Gleitüberschlag erfolgt.

17. Wie sich im Raume bei Blitzen zwischen Wolken oder in Striktionselektroden elektrodenlose Doppelbüschel bilden, so entstehen in Rillen, Vertiefungen usw. von Isolatoren leuchtende Zwischenstücke, d. h. elektrodenloses Glimmen, dann elektrodenlose Gleitstreifen, schließlich elektrodenlose Gleitbüschel und Gleitfunken.

Entwurf 37.

Benennungen in der Akustik.

1. Schall:	Elastische Wellen mit Frequenzen innerhalb des Hörbereichs.
2. Infraschall:	Elastische Wellen mit Frequenzen unterhalb der unteren Hörgrenze.
3. Ultraschall:	Elastische Wellen mit Frequenzen oberhalb der oberen Hörgrenze.
4. Körperschall:	In festen Mitteln sich ausbreitender Schall.
Luftschall:	In Luft sich ausbreitender Schall.
Wasserschall:	In Wasser sich ausbreitender Schall.
5. Ton:	Schallschwingung von sinusförmigem Verlauf.
6. Klang:	Zusammengesetzte Schallschwingung, deren Teiltöne ganze Vielfache eines Grundtones sind.
7. Klanggemisch:	Zusammensetzung von Einzelklängen, deren Grundtöne voneinander unabhängig sind.
8. Schalleistung:	Mechanische Leistung in Form von Schall.
9. Schallstärke: (Schallintensität)	Zeitlicher Mittelwert der Energiestromdichte.
10. Schalldichte:	Zeitlicher Mittelwert der räumlichen Dichte der Schallenergie.
11. Lautstärke:	Stärke der Schallempfindung.
12. Druckamplitude:	Scheitelwert des durch die Schallschwingung hervorgerufenen Wechseldruckes.
12a) Effektiver Druck:	Quadratischer Mittelwert des Wechseldruckes.
13. Geschwindigkeitsamplitude:	Scheitelwert der Wechselgeschwindigkeit der schwingenden Mediumteilchen.
13a) Effektive Geschwindigkeit:	Quadratischer Mittelwert der Wechselgeschwindigkeit.
14. Wegamplitude:	Größter Ausschlag der schwingenden Mediumteilchen.
15. Hörsamkeit:	Schallverhältnisse in einem Raum.
16. Nachhallzeit:	Zeit, in der in einem Raum die Schalldichte auf den 10^6ten Teil ihres Anfangswertes abfällt.
17. Reflexionsgrad:	Verhältnis zwischen reflektierter und auftreffender Schallstärke.
18. Absorptionsgrad:	Verhältnis zwischen absorbierter und auftreffender Schallstärke.
19. Durchlaßgrad:	Verhältnis zwischen durchgelassener und auftreffender Schallstärke.
20. Schallwiderstand:	(Komplexes) Verhältnis von Druck zu Geschwindigkeit der Mediumteilchen.
21. Schallhärte:	(Komplexes) Verhältnis von Druck zu Weg.
22. Bewegungsempfänger:	Schallempfänger, dessen Schallhärte gleich derjenigen des umgebenden Mediums ist.
23. Druckempfänger:	Schallempfänger, dessen Schallhärte sehr groß gegenüber derjenigen des umgebenden Mediums ist.
24. Elongationsmikrophon:	Mikrophon, bei dem die durch den Schall erzeugte EMK der Elongation der schwingenden Teile des Mikrophons proportional ist.
25. Geschwindigkeitsmikrophon:	Mikrophon, bei dem die durch den Schall erzeugte EMK der Geschwindigkeit der schwingenden Teile des Mikrophons proportional ist.

SITZUNGSKALENDER.

Elektrotechn. Verein zu Breslau. 21. X. 1930, abends 8 h, Elektrot. Inst. der T. H.: Vortrag Prof. Dr.-Ing Gg. Hilpert, „Anschauliches über Wanderwelle und Wanderwellenstirn mit Versuchen".

Elektrotechn. Verein Chemnitz. 17. X. 1930, nachm. 5 h und 18. X. 1930, nachm. 3 h: Besichtigung des neuen Fernamts. Anmeldungen am Vortragsabend vom 16. X. 1930.

Elektrotechn. Verein des Berg. Landes, Elberfeld. 21. X. 1930, abends 8 h, Vortragsaal der Berg. Elektrizitäts-Versorgungs-Gesellschaft, Wuppertal-Elberfeld, Alexanderstraße 18: Vortrag Prof. Fischer, „Neuheiten im Transformatorenbau".

Elektrotechn. Gesellschaft Hannover. 21. X. 1930, abds. 8 h, Hörsaal 42 der T. H.: Lichtbildervortrag Dir. Urbach, „Kondensatoren zur Verbesserung des Leistungsfaktors".

Elektrotechn. Gesellschaft zu Köln. 18. X. 1930, nachm. 3½ h, Treffpunkt Tor II, Schanzenstraße: Besichtigung einiger Werkstätten der Felten & Guilleaume, Carlswerk AG, insbes. der gekapselten, ausfahrbaren Hochspannungsschaltanlage. Anmeldungen bis zum 17. X. 1930 an Ziv.-Ing. G. Wolzenburg, Köln, Kümpchenshof 8.

Elektrotechn. Verein Leipzig. 21. X. 1930, abds. 8 h, Hörsaal der Höh. Maschinenbauschule, Wächterstr. 13: Experimentalvortrag Baurat Dipl.-Ing. Angermann, „Die oszillogr. Darstellung el. Vorgänge".

Elektrotechn. Gesellschaft zu Magdeburg. 21. X. 1930, abds. 8¼ h, Aula der Staatl. Ver. Maschinenbauschulen, Am Krökentor 1: Lichtbildervortrag Prof. Dr. Unger, „Neue Kühl- und Isoliermethoden im Elektromaschinenbau".

Elektrotechn. Verein München. 22. X. 1930, abds. 8 h, Hörsaal 127 der T. H. München: Filmvortrag Dir. Dr. Bergmeister, „Stahlbetonmaste der Tumag AG, München". Anschließend Zeitlupenfilm (mit 1500 Aufnahmen/s der Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren G. m. b. H.): „Lichtbogenüberschläge großer Leistung an Isolatoren ohne und mit Schutzarmaturen".

Deutsche Maschinentechnische Gesellschaft, Berlin. 21. X. 1930, abds. 7 h, gr. Saal des Ingenieurhauses, Friedrich-Ebert-Straße 27: Lichtbildervortrag Min.-Rat Laudahn, „Schnellaufende Dieselmotoren"

Deutsche Beleuchtungstechnische Gesellschaft, Berlin. 23. X. 1930, abds. 5½ h, Physikal. Hörsaal der T. H.: Vortrag Dr.-Ing. F. Putnoky, „Die wirtschaftliche Beleuchtung von Webstühlen. Neue arbeitstechnische Untersuchungen". Anschließend Aussprache.

Verein deutscher Ingenieure (Fachgruppe „Vertriebsingenieure"). Vortragsreihe: „Wirtschaftlicher Vertrieb" vom 5. XI. 1929 bis 4. III. 1931, abds. 8 h im gr. Saal des Ingenieurhauses. Die Reihe umfaßt 9 Vorträge, in denen aus dem Gebiet des industriellen Vertriebs Überblicke und Anregungen im Sinne der Leistungsteigerung gegeben werden. Im Anschluß an die Vorträge wird den Teilnehmern Gelegenheit geboten, in der Diskussion einzelne Fragen der Vertriebstechnik in verschiedenen Gewerbezweigen zu erörtern. Teilnehmergebühr 25 RM.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

W. Christiani †. — Am 2. X. d. J. starb in Potsdam der Wirkliche Geheime Oberpostrat Wilhelm Christiani, Ehrenmitglied des Elektrotechnischen Vereins und ehemaliger Vorsitzender des Verbandes Deutscher Elektrotechniker. Wir kommen auf die Verdienste des Verstorbenen in einem besonderen Nachruf noch zurück.

G. Bitter. — Herr Gustav Bitter, ehemals Direktor und Vorstand der Brandenburgischen Kreis-Elektrizitätswerke in Spandau, hat das Ingenieurbüro E. G. Fischinger

Digitized by Google

in Dresden übernommen, dessen Leitung sein Begründer, Herr Dr.-Ing. E. h. E. G. Fischinger mit Rücksicht auf sein Alter niederlegt.

A. Grünhut. — Hofrat Ing. A. Grünhut, Wien, konnte am 1. IX. d. J. auf eine 30jährige Tätigkeit bzw. Leitung der Zeitschrift Elektrotechnik und Maschinenbau (E u. M) zurückblicken. Herr Grünhut hat es in dieser Zeit verstanden, die Zeitschrift im In- und Auslande zu einem hohen Ansehen zu bringen.

Hochschulnachrichten. — Dr.-Ing. H. Piloty, Leiter der Wissenschaftlichen Entwicklungsabteilung der AEG, hat sich nunmehr entschlossen, dem vor einiger Zeit an ihn ergangenen Ruf der T. H. München auf einen Lehrstuhl der Abteilung Maschinenbau und Elektrotechnik als Nachfolger von Prof. Dr. K. Heinke Folge zu leisten.

Dagegen hat Prof. K. Küpfmüller, T. H. Danzig, den an ihn ergangenen Ruf[1] der T. H. München abgelehnt und wird in Danzig bleiben.

BRIEFE AN DIE SCHRIFTLEITUNG.

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Schriftleitung und ohne deren Verbindlichkeit.)

Stromverdrängung in Statorwicklungen als Wirkung des Stirnfeldes.

Durch Versuche an einem größeren Turbogenerator weist Herr Dr. POHL in ETZ 1930, S. 1195 nach, daß das „Stabendquerfeld" nicht in der Mitte der Stabschicht, sondern in der Nähe des äußeren Kreisumfanges der Stabschicht Null ist, so daß ähnlich wie in dem in Nuten eingebetteten Teil der Wicklung der an der Bohrung liegende Stab einem verhältnismäßig starken Querfeld ausgesetzt ist. Anscheinend sind die überraschenden Ergebnisse an einem Turbogenerator mit dem POHLschen Ringschirm gewonnen, und es ist wohl anzunehmen, daß die Verteilung des Stabendquerfeldes bei der sonst üblichen Ausführung der Turbogeneratoren, d. h. ohne POHLschen Ringschirm, der Bohrungstab von dem Stabendquerfeld wesentlich entlastet wird.

Am Schluß der Arbeit werden dann einige Überlegungen zur Berechnung der Zusatzverluste bei verschachtelten Zweischichtwicklungen angestellt. Es sei in diesem Zusammenhang darauf hingewiesen, daß eine geschlossene Formel für das Widerstandsverhältnis einer solchen Wicklung in meinem Buche „Elektrische Maschinen I", S. 244 und 245 zu finden ist. In dem speziell von POHL behandelten Beispiel ergibt sich das Widerstandsverhältnis für einen Bohrungstab innerhalb der Nut zu $k_{N_0} = \varphi(\xi) + 1{,}5\,\psi(\xi)$, worin ξ die reduzierte Stabhöhe und $\varphi(\xi)$ und $\psi(\xi)$ die bekannten EMDEschen Funktionen zur Berechnung des Widerstandsverhältnisses sind, die für $\xi \leq 1{,}0$

$$\varphi(\xi) = 1 + \frac{4}{45}\xi^4 \quad \text{und} \quad \psi(\xi) = \frac{1}{3}\xi^4$$

lauten.

Karlsruhe, 2. IX. 1930. R. Richter.

Erwiderung.

Zu der von Herrn Prof. RICHTER gestellten Frage habe ich mich in ETZ 1930, S. 1197, links unten, schon geäußert. Die Lage des Wirbelzentrums hängt einmal von der magnetischen Leitfähigkeit der Statorstirnfläche ab, die durch Ringschirme und Dämpfungskreise stark erhöht bzw. vermindert werden kann, anderseits von der Leitfähigkeit im Inneren, d. h. der magnetischen oder unmagnetischen Ausführung der Induktorkappen oder Bandagen. Nach neueren Untersuchungen überlagert sich auch die Tangentialkomponente des Induktorstreufeldes dem vom Stator erzeugten Tangentialfelde und verschiebt das Wirbelzentrum nach außen. Das Ergebnis der Untersuchung eines Turbogenerators ohne Schirmringe, bei dem sich über dem unmagnetischen Bandagenteil wieder eine starke Verschiebung des Wirbelzentrums nach außen vorfand, sowie Mittel zur Kompensierung des Querfeldes kommen demnächst zur Veröffentlichung.

Infolge eines Versehens ist bei der Berechnung der Zusatzverluste verschachtelter Zweischichtwicklungen eine Fußnote, welche auf Richters allgemeine Formel hinweisen sollte, fortgeblieben. Meine Darstellung bezweckte, ein Bild der Gesamtvorgänge zu geben, das eine einfache Zurückführung auf den Normalfall ermöglicht.

Berlin, 11. IX. 1930. R. Pohl.

[1] ETZ 1930, S. 989.

LITERATUR.

Besprechungen.

Alternating current bridge methods. 2. Aufl. Von B. Hague. Mit 112 Abb. i. Text, XVI, 391 u. 24 S. in 8°. Verlag Isaac Pitman & Sons, Ltd., London 1930. Preis geb. 15 s.

Das Buch ist in 5 Abschnitte gegliedert: Die Grundprinzipien, die symbolische Theorie der Wechselströme und ihre Anwendung auf die Brückenschaltungen, die Apparate, die Klassifikation der Brückenschaltungen nach den Verbindungen der Elemente: Widerstand, Induktivität, Kapazität, Gegeninduktivität, die Wahl einer Brückenschaltung und die zu beobachtenden Vorsichtsmaßregeln. Diese Stoffeinteilung ist sehr günstig, da das vierte Kapitel eine systematische Übersicht über die große Zahl der Brückenschaltungen ermöglicht, während das fünfte Kapitel dem praktischen Bedürfnis, eine geeignete Brücke schnell zu finden, Rechnung trägt. Das Buch umfaßt alle Wechselstrombrücken von niedriger bis hoher Frequenz. Eingehend sind die Fehlerquellen und die Grenzen der Genauigkeit behandelt, vielfach sind Meßbeispiele angeführt. Die einschlägige Weltliteratur ist in bewunderungswerter Vollständigkeit aufgeführt und verarbeitet. Dementsprechend weist die neue Auflage gegenüber der 1923 erschienenen ersten Auflage mannigfache die Fortschritte an Apparaten, Methoden und Anwendungen besprechende Erweiterungen auf. Eingehender behandelt sind die Gegeninduktivitäten, die Anwendungen der Brücke in der Starkstromtechnik zur Messung der Verluste in Hochspannungskabeln und Durchführungen, in großen Ölschaltern und in zur Phasenkompensation dienenden Synchronmaschinen, ferner die Brücken zur genauen Messung der Frequenz. — Die Fülle des Stoffes ist vorzüglich gemeistert, die Darstellung ist klar und übersichtlich. Schering.

Wasserkraftanlagen. Von Dr.-Ing. F. Bundschu. (Samml. Göschen Bd. 665 u. 666.) Bd. 1: Allgemeines u. Stauwerke. Mit 67 Abb. u. 96 S. in kl. 8°. Bd. 2: Werkwasserleitungen u. Entwurfsgrundlagen. Mit 77 Abb. u. 130 S. in kl. 8°. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin u. Leipzig 1929. Preis jedes Bandes geb. 1,50 RM.

Es ist sicherlich eine schwierige Aufgabe, ein derartig umfangreiches Gebiet, wie es der Bau von Wasserkraftanlagen darstellt, auf den beschränkten Raum von 2 Göschen-Heften zusammenzudrängen. Dadurch kommt es auch, daß einige Teile bei der Beschreibung stark zurückgeblieben sind, während andere Teile im Verhältnis zum verfügbaren Raum verhältnismäßig breit angelegt sind (Hydraulische Untersuchungen). Insbesondere sind die in neuerer Zeit auch in Deutschland häufiger ausgeführten Staudämme aus geschüttetem Material nicht gut weggekommen; ebenso ist auch darauf hinzuweisen, daß Fischschleusen auch in Deutschland bereits ausgeführt worden sind (Jettenbach a. Inn) und auch bei neueren Anlagen projektiert sind. Es dürfte sich vielleicht ermöglichen lassen, bei einer Neuauflage entsprechende Ergänzungen noch vorzunehmen. Alles in allem genommen dürften die beiden kleinen Bände eine gute Übersicht über den heutigen Stand des Baues von Wasserkraftanlagen geben und somit ein Hilfsmittel besonders auch für den Studierenden sein. O. Walch.

Vorlesungen über Differentialgeometrie und geometrische Grundlagen von Einsteins Relativitätstheorie. Von Prof. W. Blaschke. Teil 1: Elementare Differentialgeometrie. 3. erw. Aufl. Bearb. u. herausgeg. v. Prof. G. Thomsen. (Die Grundlehren d. mathemat. Wissensch. in Einzeldarstellungen Bd. 1, herausg. v. R. Courant unt. Mitarb. v. W. Blaschke, M. Born, C. Runge †.) Mit 35 Textfig., X u. 311 S. in gr. 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1930. Preis geh. 18 RM, geb. 19,60 RM.

Das Buch, bisher drei Bände umfassend, bringt eine vektorielle Behandlung der Differentialgeometrie. Der erste Band führt zunächst in die Kurven- und Flächentheorie ein. Den Übergang zwischen beiden soll eine Theorie der Flächenstreifen bilden. Die Variationsrechnung findet auf Kurven und Flächen Anwendung. Mit Hilfe der invarianten Ableitungen auf einer Fläche wird eine übersichtlichere Darstellungsweise erzielt. Ein Kapitel ist der Geometrie auf einer Fläche gewidmet. Fragen der Krümmungstheorie und der Gesamterstreckung der Flächen werden im Zusammenhang behandelt. Mit einer auf dem Studyschen Übertragungsprinzip beruhenden Liniengeometrie schließt der erste Band. Jedem Kapitel sind Aufgaben und Lehrsätze angefügt. Auf die Praxis wird nicht Bezug genommen. In erster Linie kommt das Buch wohl für Universitätsstudierende in Betracht. W. Fender.

Digitized by Google

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

„Finanzfragen der deutschen Elektrowirtschaft." — Unter dieser Überschrift hat der Direktor im Siemens-Schuckert-Konzern Dr.-Ing. M. Haller kürzlich eine an interessanten Zahlenzusammenstellungen reiche Betrachtung erscheinen lassen[1], der wir folgende Angaben entnehmen: Zu der Frage, welche Mittel jährlich notwendig sind, um die Elektrizitäts- und die elektrotechnischen Erzeugungsbetriebe dem wachsenden Geldbedarf anzupassen, bringt die bekannte Veröffentlichung des Enqueteausschusses[2] hinsichtlich der Elektrizitätswerke wertvolles Material. Die Kosten für Neuanlagen je Kilowatt werden hier bei Wärmekraftwerken auf 1000 RM angesetzt, während sie bei Wärmekraftanlagen bis auf 1600 RM steigen, wovon jeweils 700 RM auf die Stromverteilung entfallen. Bei den Selbstverbraucherwerken spielen die Kosten der Verteilungsnetze naturgemäß eine wesentlich geringere Rolle und dürften mit nur etwa 300 RM/kW einzusetzen sein. Während der gegenwärtige Buchwert für öffentliche Elektrizitätswerke mit 800 RM/kW angenommen wird, dürfte er bei den Selbstverbraucherwerken rd. 500 RM betragen. Nach den statistisch festliegenden Ziffern über die installierte Leistung im Jahr 1928 (6,3 Mill kW in öffentlichen, 4,8 Mill kW in Selbstverbraucherwerken) kommt man somit zu einem Buchwert von 5 Mrd RM für die öffentlichen und von 2,4 Mrd RM für die betriebseigenen Anlagen, insgesamt also zu 7,4 Mrd RM. Bei Annahme einer jährlich rd. 10%igen Leistungsteigerung in den öffentlichen und einer 3%igen in den Selbstverbraucheranlagen ergibt sich, wenn die oben genannten Kostenpreise eingesetzt werden, für die erforderlichen Erweiterungen in der Stromversorgung ein jährlicher Kapitalbedarf von 720 Mill RM. Da die Benutzungsdauer i. a. steigt, die Stromerzeugung also rascher wächst als die Summe der installierten Kilowatt, so hebt sich auch der Kapitalumschlag; er betrug nach Angaben für 63 Elektrizitätswerke (Aktiengesellschaften) 1926 22,38 % und 1927 24,07 %. Vergleichsweise werden entsprechende Kapitalumschlagsziffern aus anderen wichtigen Erzeugerländern genannt: sie beliefen sich 1929 in der öffentlichen Versorgung der V. S. Amerika auf 21,1 % und in England 1927/28 auf 28,6 %. Für die Preispolitik der Werke ist die stärkere Ausnutzung der Anlagen von großer Bedeutung; in Deutschland stieg der Ausnutzungsfaktor von 7 % im Jahr 1900 auf 15,2 % im Jahr 1913, 25,4 % im Jahr 1925 und 25,6 % im Jahr 1928. Interessant ist die Tatsache, daß in den Ländern, die je 1 km² über die meisten eingebauten Kilowatt verfügen, auch die Stromverkaufspreise die niedrigsten sind.

Für eine entsprechende Beurteilung der Kapitalverhältnisse in der Elektroindustrie geht der Verfasser von den Ergebnissen der Betriebszählung des Jahres 1925 aus, wo 336 000 Arbeiter und Angestellte in dieser Industrie beschäftigt wurden. Für eines der größten elektrotechnischen Unternehmen hatte er damals[3] durchschnittlich 7000 RM notwendiges Kapital und (1924/25) 7200 RM Umsatz je Beschäftigten ermittelt. Dies würde, auf die damalige deutsche Gesamtbelegschaft bezogen, einem 1925 arbeitenden Kapital von 2,35 Mrd RM und einem Gesamtumsatz von 2,40 Mrd RM entsprechen. Dr. Haller rechnet für die Zeit von 1925 bis 1928 mit einer Vermehrung der Beschäftigtenzahl um 15 % auf 390 000 und mit einer Zunahme der Produktion je Kopf auf etwa 8000 RM jährlich, so daß er für 1928 zu einem Gesamtumsatz der Elektroindustrie von etwa 3,12 Mrd RM gelangt. Das in dieser Industrie 1928 arbeitende Kapital wird entsprechend den oben genannten Ziffern auf rd. 3 Mrd RM geschätzt. Da auch hier eine durchschnittliche jährliche Steigerung des Bedarfs um 10 % anzunehmen ist, wird das angelegte Kapital jährlich um etwa 300 Mill RM wachsen müssen.

Für die deutsche Elektrizitätserzeugung und die elektrotechnische Fabrikation zusammen, also die Elektrowirtschaft im ganzen, ergibt sich somit ein jährlicher Kapitalbedarf von 720 und 300 Mill RM, d. h. von mehr als 1 Mrd RM. Diese Ziffern zeigen angesichts der herrschenden Wirtschaftsverhältnisse die dringende Notwendigkeit, die Kapitalbildung im Inland nach jeder Richtung hin zu fördern; „Vermögensbildung dürfte steuertechnisch nicht bestraft werden". Zur Deckung des Kapitalbedarfs bleibt jedoch auch weiterhin die Einfuhr aus kapitalstarken Ländern erforderlich. Der Verfasser erwähnt die Entwicklung der Auslandanleihen und auch die Beteiligung ausländischer Gesellschaften an deutschen Unternehmungen in den letzten Jahren. Allein im Jahr 1929 haben die unmittelbaren Beteiligungen dieser Art in Deutschland ebensoviel betragen wie die offene Aufnahme von Auslandanleihen, nämlich rd. 350 Mill RM. Bei 10 Aktiengesellschaften der elektrotechnischen Fabrikation mit einem nominellen Aktienkapital von zusammen rd. 345 Mill RM (40 % des Nominalaktienkapitals aller elektrotechnischen Gesellschaften Deutschlands) befanden sich nicht weniger als 115 Mill RM, also über 33 %, in ausländischem Besitz.

Dr. Haller verweist abschließend auf diejenigen Länder, deren Kapitalmarkt für die Beschaffung der Mittel in Frage kommt und unterstreicht dabei die Tatsache, daß, so wichtig die amerikanische Kapitalausfuhr auch erscheint, sie netto in den Jahren 1922/1928 noch nicht einmal die den Staaten aus dem Ausland an Zinsen zugeflossenen Beträge erreicht hat. Außer England, der Schweiz, Holland und Schweden nennt er vor allem Frankreich als gewaltig erstarkende Kapitalmacht.

[1] Techn. Wirtsch. Bd. 23. 1930. S. 144.
[2] Die deutsche Elektrizitätswirtschaft. Verhandlungen und Berichte des Unterausschusses für Gewerbe. E. S. Mittler & Sohn, Berlin.
[3] M. Haller, Kapital und Arbeit im industriellen Betrieb. 2. Aufl. Verlag Julius Springer, Berlin 1926.

Der elektromotorische Antrieb von Kraftfahrzeugen in Deutschland 1930. — Aus einer von Wirtsch. u. Stat.[1] veröffentlichten Statistik über den Bestand der Kraftfahrzeuge im Jahr 1930 geht hervor, daß die Zahl der mit Elektromotoren oder andern Nichtverbrennungsmaschinen angetriebenen Personenkraftwagen (ausschl. Omnibusse) von 614 Mitte 1929 auf 432 und die der ebenso angetriebenen Zugmaschinen (ausschl. selbstfahrende Arbeitsmaschinen) von 2203 auf 1968 zurückgegangen ist.

Vorgänge im Ausland. — Nach dem Berl. Börs.-Cour. haben Theodore Gary & Co. und bedeutende britische Telephongruppen zusammen mit der als Holdinggesellschaft bekannten Transamerica Corp. unter dem Namen General Telephone & Electric Corp. in New York einen neuen internationalen Fernsprechkonzern gegründet, der überall in der Welt Fernsprechapparate bauen und Telephonkonzessionen erwerben will. Er soll, wie weiter berichtet wird, hauptsächlich das Auslandgeschäft der von Gary & Co. kontrollierten Associated Telephone & Telegraph Co. weiterentwickeln, die aber selbst in der bisherigen Form bestehen bleibt. Man vermutet, daß sich die Gründung der neuen Gesellschaft gegen die von Morgan beherrschte International Telephone & Telegraph Corp. richtet. Die Associated Telephone & Telegraph Co. steht in enger Beziehung zu der Automatic Electric Co., Chicago, der Inhaberin der Strowger-Patente, deren Verwertung sich die Siemens & Halske AG. 1909 gesichert hat. — Die American Telephone & Telegraph Co. hat nach der Frankf. Zg. die Teletype Corp. of Chicago durch Aktienaustausch erworben. Letztere baut Maschinentelegraphen und wird als Untergesellschaft der Western Electric Co. geführt werden. — Der Schweiz. Bauzg. entnehmen wir die Mitteilung, daß in Basel unter Beteiligung der SSW, der AEG, der AG. Brown, Boveri & Cie., Baden, der Mannheimer Gesellschaft dieses Konzerns und der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg die Internationale Ljungström Union AG. mit 1 Mill Fr gegründet worden ist. Das neue Unternehmen wird nicht selbst erzeugen, sondern im wesentlichen Verwertungs- und Verrechnungsfunktionen aus der Übernahme eines Lizenzabkommens mit der AB. Ljungströms Angturbin, Stockholm, ausüben.

[1] Bd. 10. 1930. S. 747.

Bezugsquellenverzeichnis.

Die Anfragen sind an die Schriftleitung der ETZ Berlin W 9, Linkstr. 23/24, zu richten. Anfragen ohne Rückporto bleiben unbeantwortet.

Frage 40: Wer fertigt Transformatoren-Schutzkappen an?

Frage 41: Wer fertigt Schwachstromzubehörteile aus Bakelit an?

Frage 42: Wer stellt Anker für Kleinventilatoren von 35 W aufwärts für Gleich- und Wechselstrom her?

Berichtigung.

In Zahlentafel 2 des Aufsatzes „Deutschlands Elektroaußenhandel im Rahmen des Welt-Elektroaußenhandels" (ETZ 1930, S. 1303) beträgt die Summe der 1. Reihe 1660,3 Mill RM.

Abschluß des Heftes: 11. Oktober 1930.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Elektroführersitzkarren für den Paketzustelldienst der Deutschen Reichspost.

Mitteilung der AEG.

Die Fahrzeuge für den Paketzustelldienst bei der Post haben andere Aufgaben zu erfüllen als Kraftfahrzeuge im allgemeinen. Nach Zurücklegung der Anfahrstrecke, die zumeist nicht sehr groß ist, fahren die Paketzustellwagen von Haus zu Haus, wo sie für die Zustellung der Sendungen an den Empfänger halten müssen. Zweifellos ist das elektrisch angetriebene Fahrzeug bei dieser Verwendungsweise jedem anderen überlegen, da der Motor während der Wartezeiten

Abb. 1. AEG-Elektroführersitzkarren EKF 1502 für den Paketzustelldienst.

Abb. 3. AEG-Elektroführersitzkarren EKF 1502 im Straßendienst der Deutschen Reichspost.

stillgesetzt wird. Hinzu kommen die sonstigen günstigen Eigenschaften des Elektrofahrzeuges, und zwar:

geräusch- und geruchloser Betrieb,
große Wendigkeit und Anpassungsfähigkeit bei allen Betriebsverhältnissen,
geringer Platzbedarf und daher bevorzugte Verwendungsmöglichkeit in engen oder sehr belebten Straßen,
Bedienung durch jedermann ohne wesentliche Vorkenntnisse,
geringe Beschaffungskosten,
geringe Betriebs- und Unterhaltungskosten.

Wie Abb. 1 erkennen läßt, kommt für den genannten Dienst zweckmäßig der AEG-Elektro-Führersitzkarren für 2000 kg Tragkraft mit entsprechend gestaltetem Aufbau zur Verwendung. Das Fahrzeug, das in der

Abb. 2. AEG-Elektroführersitzkarren EKF 2002 mit hinten liegender Bedienungstür für den Aufbau.

Ebene eine Geschwindigkeit von 20 km bei Vollast und 24 km bei Leerfahrt entwickelt, hat zwei Motoren, die über Zahnradvorgelege die Räder der Hinterachse antreiben, sowie einen Führersitz-Vorbau mit rechtsseitiger Einsteigöffnung. Der Fahrschalter für drei Vorwärts- und zwei Rückwärtsgänge sowie mit einer Bremsstellung für Kurzschlußbremsung ist in einem besonders abgeteilten Raum unterhalb des Führersitzes untergebracht. Der Bedienungshebel für die Betätigung des Fahrschalters, die entsprechend der Vor- bzw. der Rückwärtsfahrt erfolgt, befindet sich links vor dem Führersitz und trägt den Druckknopf für die Betätigung der elektrischen Hupe. Außer der elektrischen Bremse ist noch eine auf die angetriebenen Räder wirkende Innenbackenbremse vorhanden, die durch einen Fuß- oder Handhebel betätigt werden kann. Der letztgenannte hat Rasten für die Feststellung während des Stillstandes des Fahrzeuges. Bei der Betätigung der mechanischen Bremse wird der Hauptschalter mittels einer Kulisse ausgeschaltet und die Stromzuführung zu den Motoren unterbrochen. Bei Fortsetzung der Fahrt ist der Fahrschalterhebel von Hand in die Nullstellung zurückzubringen, wodurch sich der Hauptschalter wieder einschaltet, so daß das Anfahren mit dem ersten Gang erfolgt. Die mechanische Bremse ist mit einem Bremsausgleich versehen, der ein gleichmäßiges Abbremsen beider Treibräder gewährleistet. Der Elektro-Führersitzkarren ist entsprechend seiner Tragfähigkeit mit Luftreifen $23 \times 5''$ bzw. $25 \times 6''$ ausgerüstet. Die Felge mit Radscheibe ist nach Lösen von sechs Senkbundmuttern abnehmbar. Ein Reserverad kann mitgeführt werden. In Preßformen hergestellte Kotflügel verhindern ein Verschmutzen des Kraftspeichers. Die Batterie ist auf

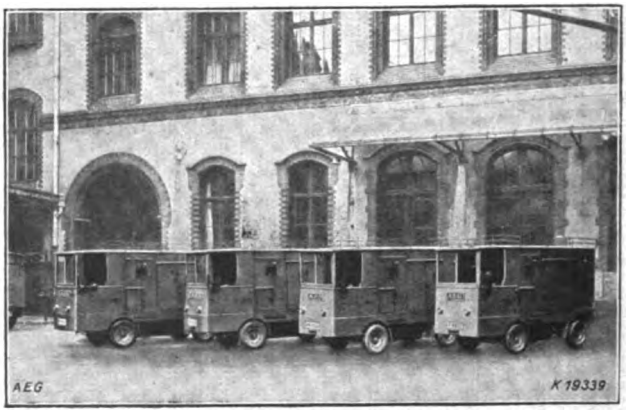


Abb. 4. AEG-Elektroführersitzkarren EKF 1502 mit Aufbau für den Paketzustelldienst in einem Posthof.

Gummirollen unterhalb des Rahmens aufgehängt und seitlich herausfahrbar.

Aufbauten, wie sie aus den Abb. 1 bis 4 zu erkennen sind, können den Wünschen der Postdienststellen entsprechend gestaltet werden. Eine mitgeführte und an allen drei Seiten anzubringende Leiter gestattet, wie Abb. 3 zeigt, auch eine gute Zugänglichkeit zu dem mit einem Umlaufgitter versehenen Wagendach. Für Wertsendungen ist ein besonderes Gelaß vorgesehen.

Digitized by Google

PFEIL

HOCHLEISTUNG
DEUTSCHER AUSWUCHTTECHNIK

VERLANGEN SIE SPEZIALPROSPEKT 877

20-30 ANKER
JE STUNDE UND MASCHINE

CARL SCHENCK
MASCHINENFABRIK UND
EISENGIESSEREI G.M.B.H
DARMSTADT

Digitized by Google

gineering
brary

E T Z

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

INHALT

Die Saale-Talsperren. Von H. Kyser. 1477
Die Erzeugung von hochgespanntem Gleichstrom aus Drehstrom. Von W. Deutsch u. W. Hoß. 1480
Lichttechnische Baustoffe. Von E. Summerer. 1483
Messung von veränderlichen Stromwerten mittels Glimmlampen. Von A. Körblein. 1486
Induktivitäts- und Kräfteberechnung für eisenlose kreisrunde Spulen mit parallelen Achsen. Von J. Hak. 1489
Die Untergrundbahn Gesundbrunnen—Neukölln in Berlin (GN-Bahn). Von Przygode. 1492.

Rundschau

Bestimm. d. zusätzl. Verluste in d. Mänteln u. Bewehrungen v. Einleiterkabeln. 1495
Konzentr. Verbindungsklemme f. Freileitungen. 1495
Kurvenverzerr. durch hochgesätt. Transformatoren. 1495
Bau eines großen Elektromagneten. 1496
Ein komplexer Wechselstromkompensator f. höhere Spann. 1496
Verbesser. in d. Herstell. v. Krarupadern. 1496
Vielfach-Trägerstrom-Telegraphie m. Sprachfrequenzen f. Fernsprechkabel. 1497
Künstl. Verkehrsmess. in selbsttät. Fernsprechanlagen. 1497
Elektromagnet. Ausgleichvorgänge in geschichtetem Erdreich. 1499
Oszillographie d. Ströme in Isolierstoffen. 1499
69. Hauptversamml. d. VDI. 1499
Neues elektrisches Prüfamt. 1500
Preisausschreiben f. d. Verwend. v. Kohlenstaubasche. 1500
Neue Normblätter des DNA. 1500
Energiewirtschaft. 1500
Vereinsnachrichten. 1503 **Bekanntmachung des VDE.** 1505
Sitzungskalender. 1506
Briefe a. d. Schriftleit.: E. Fauth. 1506
Literatur: A. Güntherschulze, K. Arndt, O. Höring, Jahrbuch d. Brennkrafttechn. Ges. 1506
Geschäftliche Mitteilungen. 1507
Bezugsquellenverzeichnis. 1508

43. HEFT · 51. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9
(1477-1508) 23. OKTOBER 1930

Digitized by Google

AUDIMETER

Sprechleistungsmesser nach Dr.-Ing. E. Asch

D. R. P. angemeldet

Audimeter nach Dr.-Ing. Asch

Ein Instrument zur wattmetrischen Messung von **Hörfrequenz-Gemischen** und **Einzelfrequenzen**

Generalvertrieb:

db Dipl.-Ing. D. Bercovitz & Söhne

BERLIN-SCHÖNEBERG

Neuer

Verzinkungsanlagen
Verzinnungsanlagen
Verbleiungsanlagen

nach dem Schleuderverfahren

Patent **Miele**

50% Materialersparnis gegenüber dem früheren Tauchverfahren.

Besonders geeignet für kleinere Gegenstände wie: Klein-Eisenwaren, Schrauben, Muttern, Nägel, Stanzteile, Jnstallationsmaterial, Drahtwaren, Schiffsartikel, Fittings u.s.w.

Mielewerke A.G.
Gütersloh/Westfalen

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

51. Jahrgang **Berlin, 23. Oktober 1930** **Heft 43**

Die Saale-Talsperren*.

Von Oberbaurat Dipl.-Ing. H. Kyser, Weimar.

Im thüringischen Saalelauf von der bayerischen Grenze bis Eichicht oberhalb Saalfeld sind schon vor dem Kriege Talsperren geplant und im Entwurf durchgearbeitet worden, denen die Aufgabe zufallen sollte, elektrische Kraft zu gewinnen. Insbesondere war es die Firma Carl Zeiß, Jena, die mit dem Bau ihrer Kraftwerke Wisenta und Ziegenrück an der Saale den Gedanken der Errichtung von Talsperren weiter verfolgte und planmäßig bearbeiten ließ[1]. Die außerordentlich günstigen Verhältnisse in geologischer und baulicher Hinsicht gaben den Plänen gute Aussichten für ihre Verwirklichung.

Mit der Neugestaltung der Staatsverhältnisse in Thüringen griff auch das thüringische Wirtschaftsministerium die Pläne der Talsperren auf und übernahm deren Bearbeitung, um einmal volkswirtschaftliche Vorteile allgemeinerer Art (Hochwasserschutz) zu erreichen und dann die gewinnbare elektrische Arbeit in die Landeselektrizitätsversorgung einzugliedern. Diesen Plänen entgegen standen die durch den Übergang der Reichswasserstraßen auf das Reich von diesem entwickelten Pläne über die Ausnutzung der in der Saale möglichen Talsperren für die Zwecke des Mittellandkanals, u. zw. in der Hauptsache für dessen Südflügel. Das Talsperrenwasser sollte zur Aufhöhung des Wasserstandes der Elbe in trockenen Jahren benutzt werden, um den Frachtschiffsverkehr auf der Elbe sicherzustellen und zu ermöglichen, daß gegenüber den bisherigen Ladungsverhältnissen der Elbkähne nunmehr Schiffe bis 1000 t Ladegewicht verkehren konnten. Auf die Verhältnisse des Mittellandkanals und die Beziehungen zu den Talsperren soll im einzelnen hier nicht eingegangen werden. Zu diesen Aufgaben kommen in allgemein volkswirtschaftlicher Hinsicht noch die Beseitigung der Hochwassergefahr und die Vergleichmäßigung der Saalewasser für die landwirtschaftlichen und gewerblichen Unterlieger in wasserarmen Jahren.

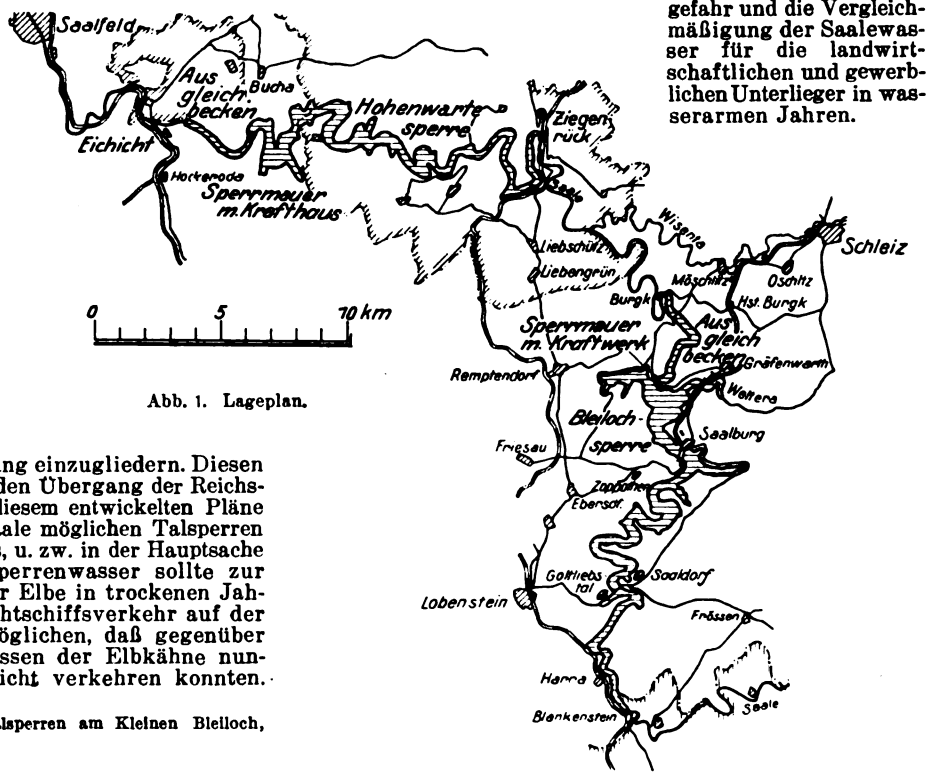


Abb. 1. Lageplan.

* S. auch Sommer, Die Saaletalsperren am Kleinen Bleiloch, Deutsches Bauwesen 1928, Heft 9.

[1] Vgl. ETZ 1918, S. 478.

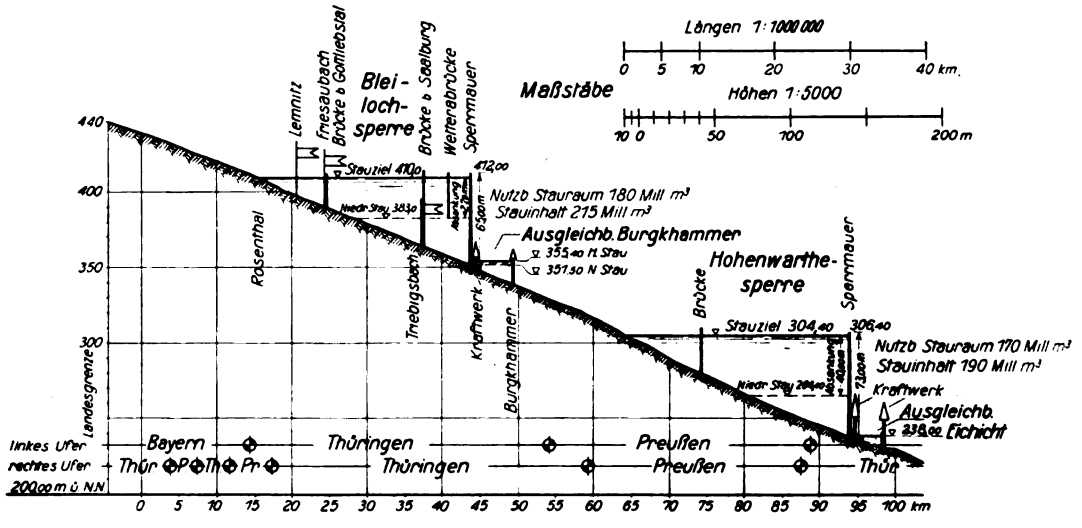


Abb. 2. Längenschnitt der Saale-Talsperren.

Digitized by Google

Zur vollständigen Durchführung des Planes der Aufhöhung des Elbwassers genügte die in der Bleilochtalsperre zu sammelnde Wassermenge nicht. Infolgedessen

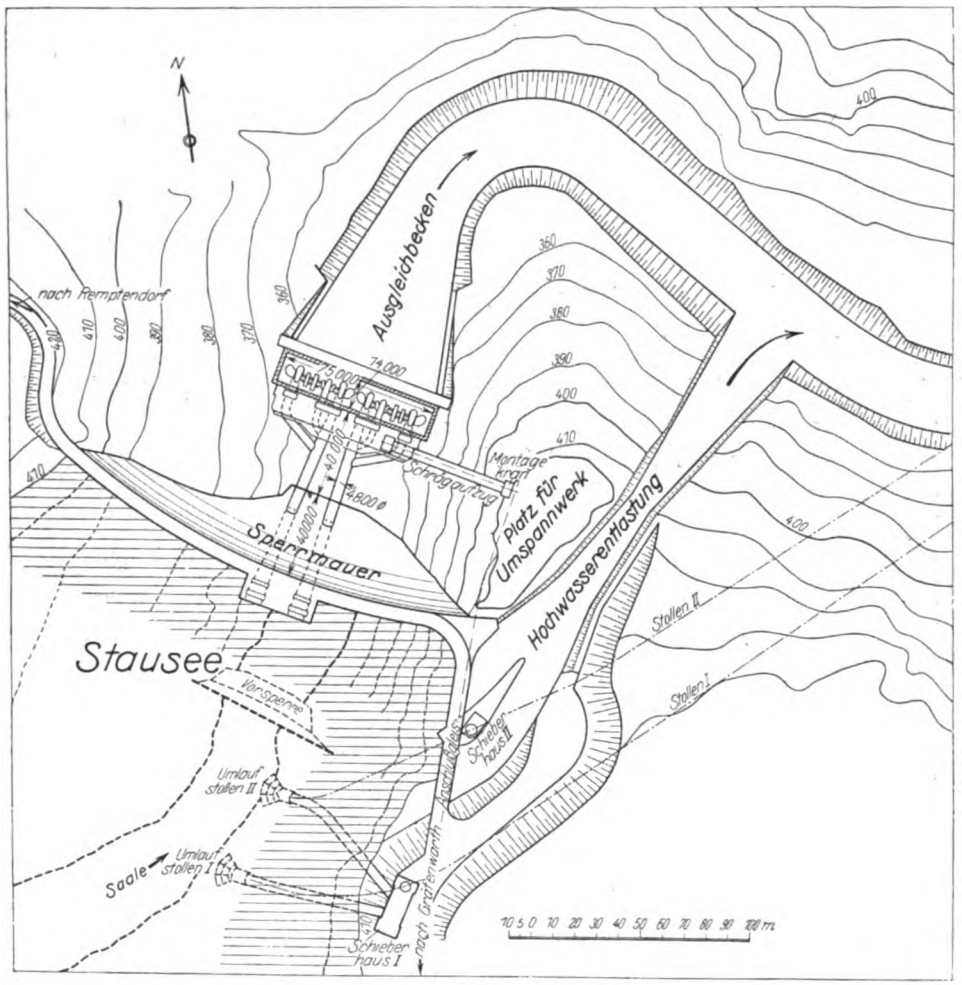


Abb. 3. Gesamtanlage der Bleilochsperre.

wurde seitens der Elbstrombauverwaltung bzw. des Reichsverkehrsministeriums zusammen mit Preußen durch ein in Saalfeld neu errichtetes Talsperren-Neubauamt noch eine zweite Talsperre bei Hohenwarthe in der Nähe von Eichicht in allen Einzelheiten durchgearbeitet.

Aus den zahlreichen Entwürfen, die für alle möglichen Sperren im Thüringer Walde untersucht wurden[2], haben sich schließlich die Talsperren bei den Bleilöchern und bei Hohenwarthe als die ausbauwürdigsten herausgestellt. Jahrelange Verhandlungen haben weiter dazu geführt, allen Belangen, also sowohl denen des Reiches bezüglich der Wasserwirtschaft als auch den thüringischen hinsichtlich der kraftwirtschaftlichen Ausnutzung der Bleilochsperre, entsprechen zu können, und die Folge davon war, daß der vom Lande Thüringen gegründeten AG. Obere Saale im Jahre 1929 auch das Reich sowie die Länder Preußen und Sachsen, ferner die Landeselektrizitätsgesellschaften: Preußische Elektrizitäts-AG. und AG. Sächsische Werke als Aktionäre beitraten, um zunächst den Bau dieser ersten Sperre durchzuführen, nachdem bereits seit dem Jahre 1925 die AG. Obere Saale, nur auf die Beteiligung des Landes Thüringen gestellt, eine Reihe von Vorarbeiten in Angriff genommen und zum Abschluß gebracht hatte. Zu diesen Vorarbeiten gehörte der Bau von Wegen und Straßen, die Aufschließung der Baustelle an den Bleilöchern, die Vorbereitung für den Sperrenbau selbst durch Anlegung von zwei Umlaufstollen von je 4 m Dmr. und 400 m Länge für die Umleitung der Saale, die Errichtung einer elektrischen Bahn von Schleiz nach Saalburg und die Anlage von zwei Brücken über den späteren Stausee (Wetterabrücke und Staalburger Brücke)[3].

[2] S. Sommer, a. a. O.
[3] Jüngling, Die Stahlüberbauten der Wettera- und Saalburger Brücke über den Stausee der Saale-Talsperre am kleinen Bleiloch. Der Stahlbau 1929, Heft 5 u. 6.

Heute sind die Arbeiten an der Sperrmauer und am Kraftwerke in vollem Gange. Der Bauzeitplan sieht vor, daß die Sperre in wasserwirtschaftlicher und kraftwirtschaftlicher Hinsicht den Betrieb am 1. X. 1932 aufnehmen soll.

Die Abb. 1 zeigt den Lageplan und die Abb. 2 den Längenschnitt für beide Sperren. Die technischen Einzelheiten für die Bleilochsperre sind aus der Zahlentafel 1 zu ersehen. Eine Ergänzung für die Hohenwarthesperre ist zunächst unterblieben, da die Projektzahlen infolge der Änderung des ersten Bleilochentwurfes gegenüber der jetzigen Ausführung einen in allen Punkten zutreffenden Vergleich zur Zeit nicht ohne weiteres zulassen. Der Beckeninhalt der Hohenwarthesperre wird etwa 195 Mill m³ betragen, also nicht wesentlich geringer sein als der der Bleilochsperre. Auch sonst werden annähernd die gleichen Verhältnisse vorliegen. Die Abb. 3 läßt die Durchbildung der Sperrenanlage mit Kraftwerk erkennen. Die Kronenlänge der Sperrmauer wird 225,5 m, die Höhe über Gelände 65 m, die Kronenbreite 5,40 m und die Mauermasse 175 000 m³ betragen. Das Kraftwerk wird etwa 40 m vom Sperrmauerfuß entfernt liegen.

Das Niederschlagsgebiet der Saale von ihrem Ursprung bis zur Bleilochsperre umfaßt 1226 km², die mittlere jährliche Zuflußmenge an der Sperrstelle beträgt 420 Mill m³ entsprechend einer mittleren sekundlichen Wassermenge von 13,30 m³.

1. Ausbauverhältnisse für die Bleiloch-Talsperre.

Größe des Niederschlagsgebietes	1226 km²
Mittlere jährliche Zuflußmenge	420 Mill m³
Mittlere sekundliche Zuflußmenge	13,30 m³
Fläche des Stausees	918 ha
Gesamter Staubeckeninhalt	215 Mill m³
Länge des Staubeckens, in der Flußachse gemessen	28 km
Größte Breite	2 km
Höchstes Stauziel in der Sperre	+ 410 ü. N. N.
Tiefstes Absenkziel in der Sperre	+ 383 „
Höchster Wasserstand im Unterbecken	+ 355,4 „
Tiefster Wasserstand im Unterbecken	+ 351,5 „
Gesamter Unterbeckeninhalt	5 Mill m³
Nutzraum des Unterbeckens	2,65 „
Größte Stauhöhe der Hauptsperre	56,5 m
Zahl der Maschinensätze	2
Jeder Maschinensatz erhält Turbinen	2
„ „ „ Pumpen	1
Leistung je Maschinensatz	20 000 kW

Turbinenbetrieb:

Nutzgefälle	27,0	42,1	42,1	58,0 m
Wassermenge	50,3	32,05	61,0	45,5 m³/s
im Betrieb	2 Turbinen		1 Turbine	

Pumpenbetrieb:

Förderhöhe	28,0	36,0	41,0	41,0	50,0	58,0 m
Fördermenge	30,5	24,5	19,0	35,0	29,0	20,5 m³/s
Drehzahl der Antriebsmaschine	150	150	150	176,5	176,5	176,5/min

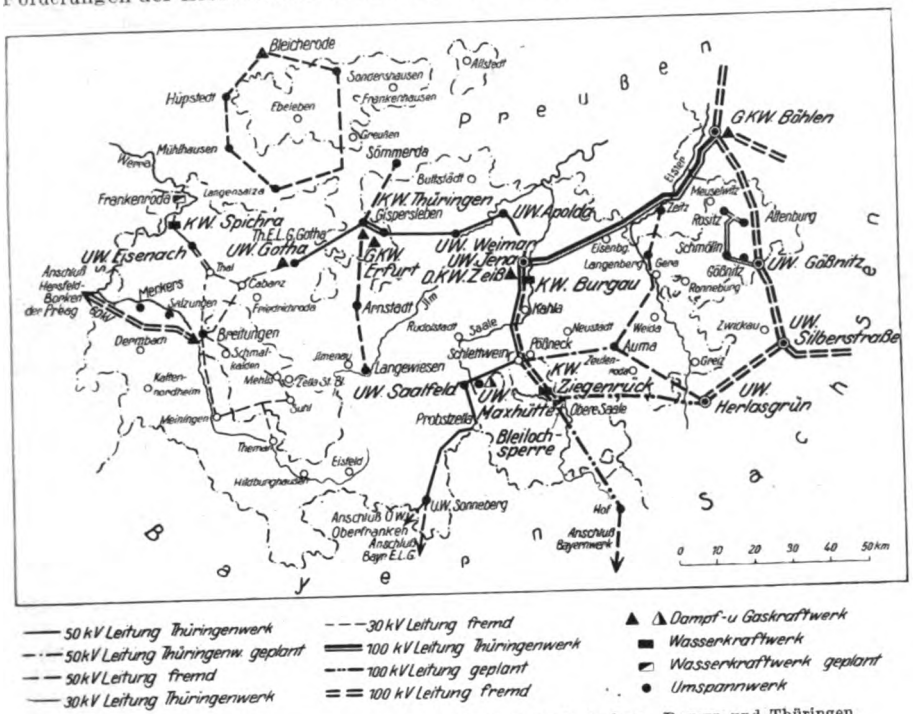
Erzeugbare elektrische Arbeit insgesamt	50 Mill kWh
Betriebstundenzahl der Höchstleistung im Jahr	1250
Rohrleitungsdurchmesser	4,5 m
Zahl der Rohrleitungen je Maschinensatz	1

Digitized by Google

Der wasserwirtschaftliche und kraftwirtschaftliche Betrieb wird in der Weise geführt werden, daß einmal den Forderungen der Elbstrombauverwaltung voll entsprochen wird, das Talsperrenwasser also zu jeder Zeit für die Elbanreicherung verfügbar, ferner aber auch die wirtschaftliche Gewinnung elektrischer Energie gewährleistet ist. Um letzteres zu erreichen, wird das Kraftwerk als Spitzenkraftwerk ausgebaut und mit Pumpen versehen, also ein Pumpspeicherwerk geschaffen. Das an das Kraftwerk anschließende Ausgleichsbecken wird so groß bemessen, daß selbst bei der größten für die Elbwasseraufhöhung geforderten Wassermenge über 24 h diese Wasermenge von den Turbinen in etwa 9 Tagesstunden verarbeitet und im Becken entsprechend aufgefangen wird. Am Ausgang dieses Beckens wird noch ein kleines Laufwasserkraftwerk angelegt.

Die Kraftwerksleistung wird 40 000 kW betragen, die Jahresarbeitsmenge etwa 50 Mill kWh. Die Spitzenleistung von 40 000 kW soll über 4 Tagesstunden abgegeben werden, so daß die Jahresbenutzungszeit der Höchstleistung etwa 1250 h beträgt. In welcher Form diese Leistung in die Tagesleistungsfahrpläne der abnehmenden Landeselektrizitätsversorgungen eingegliedert wird, ist noch nicht endgültig entschieden. Als Abnehmer kommen zunächst die AG. Sächsische Werke und das Thüringenwerk in Frage. Mit dem Bayernwerk sind Verhandlungen angeknüpft, doch steht zu erwarten, daß die anfallende Spitzenleistung schon kurz nach Betriebseröffnung von den beiden erstgenannten Unternehmungen wird vollständig aufgenommen werden können. Abb. 4 zeigt die in Aussicht genommene Leitungsverbindung nach Sachsen, Bayern und Thüringen. Sie ist indessen noch nicht endgültig festgelegt, da die verschiedenen Lösungsmöglichkeiten weiterer Untersuchung bedürfen. In Abb. 5 schließlich ist ein Ausschnitt aus einem vorläufigen Wasserwirtschaftsplane wiedergegeben. Die wasserwirtschaftliche Untersuchung der Sperrenausnutzung ist an Hand solcher Wasserwirtschaftspläne über einen Zeitraum von etwa 22 Jahren den Entschließungen vorausgegangen. Ist die Wasseranforderung in wasserreichen Jahren nur von untergeordneter Bedeutung, so steht der verbleibende Sperreninhalt der Kraftwirtschaft in den Wintermonaten zur Verfügung und die Pumpenanlage hat nicht zu arbeiten. Ist die Sperre Ende September voll für die Elbezwecke in Anspruch genommen worden, wird die Pumpenanlage über den Winter so lange betrieben, bis die Saalezuflüsse die Sperre wieder gefüllt haben. Im Durchschnitt ergibt die Untersuchung der Wasserverhältnisse über einen Zeitraum von etwa 22 Jahren, daß zur vollständigen Füllung der Sperre ein Zeitraum von etwa einem halben Jahre erforderlich ist, wenn nur wenig Hochwässer mit in Betracht gezogen werden.

Aus den Angaben der Zahlentafel 1 ist zu ersehen, daß die Durchbildung der kraftwirtschaftlichen Anlagen ganz besondere, bisher wohl kaum vorgekommene Anforderungen an die Turbinen und Pumpen stellt, sofern beste Wirkungsgrade erreicht werden sollen. Das liegt in den außerordentlich schwankenden Gefälls- bzw. Förderverhältnissen begründet. Die Lösung dieser technischen Aufgabe wird voraussichtlich derart erfolgen, daß die Turbinen je Maschinensatz in zwei gleiche Einzelmaschinen aufgeteilt werden, während die Pumpen bei den in Aussicht genommenen 2 Maschinensätzen von je 20 000 kW nur je einmal angeschlossen werden. Die elektrischen Maschinen werden


Preußen
Bayern
Sachsen
Bleicheroda
Sondershausen
Allstedt
Hüpstedt
Ebeleben
Frankenhausen
Greußen
Sömmerda
Mühlhausen
Buttstädt
Frankenroda
Langensalza
KW. Spichra
TH.E.G. Gotha
UW. Eisenach
UW. Gotha
KW. Thüringen
Gispersleben
UW. Apolda
UW. Weimar
UW. Jena
KW. Erfurt
KW. Zeiß
KW. Burgau
Arnstadt
Kahla
Rudolstadt
Saalfeld
Neustadt
Weida
Pößneck
Auma
Zwickau
UW. Silberstraße
Schleiz
Triptis
Greiz
Langewiesen
KW. Ziegenrück
UW. Saalfeld
UW. Maxhütte
Obere Saale
UW. Herlasgrün
Protzstelle
Bleiloch-sperre
Meiningen
Eisfeld
Hildburghausen
UW. Sonneberg
Anschluß Oberfranken
Anschluß Bayernwerk
Hof
Gaschwitz
Meuselwitz
Lehndorf
Rositz
Altenburg
Eisenberg
Langenberg
Gera
Schmölln
Gößnitz
UW. Gößnitz
Ronneburg
Zeitz
Merkers
Salzungen
Breitungen
Dermbach
Kaltennordheim
Tiefenort
Sulzbach
Thal
Cabarz
Friedrichroda
Ilmenau
Stadtilm
Teuschnitz
Ebersdorf
Lobenstein
Naila
Selbitz
Rehau
Hirschberg
Plauen
Reichenbach
Zwickau
Werdau
Crimmitschau
Glauchau
Meerane
Zwickau
Oelsnitz
Lengenfeld
Auerbach
Markneukirchen
Adorf
Bad Elster
Klingenthal
Schöneck
Markneukirchen
Oelsnitz
Auerbach
Reichenbach
Plauen
Hirschberg
Selbitz
Rehau
Naila
Lobenstein
Ebersdorf
Teuschnitz
Stadtilm
Ilmenau
Triptis
Greiz
Zeitz
Lehndorf
Meuselwitz
Gaschwitz
Ronneburg
Gößnitz
Schmölln
Altenburg
Rositz
Eisenberg
Langenberg
Gera
Weida
Neustadt
Pößneck
Auma
Zwickau
Crimmitschau
Glauchau
Meerane
Werdau
Lengenfeld
Auerbach
Markneukirchen
Adorf
Bad Elster
Klingenthal
Schöneck
Oelsnitz

eine Drehzahlregelung erhalten, über deren Form Schlußentscheidungen noch nicht getroffen sind. In einem späteren Aufsatze wird weiteres berichtet werden.

Die Wirtschaftlichkeit der Energiegewinnung ist dadurch gewährleistet, daß der Strompreisberechnung nicht die gesamten Baukosten der Anlage zugrunde gelegt werden. Zu diesem Zwecke sind die Aktien der Gesellschaft in Vorzugs- und Stammaktien eingeteilt und die Verzinsung der Vorzugsaktien zunächst sichergestellt, die in den Händen der Elektrizitätsunternehmungen und des Landes Thüringen liegen. Die Stammaktien, die sich in den Händen von Reich und Ländern befinden, rechnen sich die Vorteile der Wasserwirtschaft zugute. Besonders ist darauf hinzuweisen, daß auch die Reichsanstalt für Arbeitslosenversicherung und Arbeitslosenvermittlung beteiligt ist und die wertschaffende Erwerbslosenfürsorge hier ein großes und dankbares Feld der Betätigung findet. In dieser Erkenntnis ist der AG. Obere Saale die Mitarbeit des Reichsarbeitsministeriums bzw. der Landesanstalt Erfurt in weitestem Maße zur Verfügung gestellt.

Wie bereits erwähnt, soll in einem weiteren Aufsatze später über Baueinzelheiten der Bleiloch-Talsperre berichtet werden, sobald insbesondere die maschinentechnischen Anlagen in ihrer Ausgestaltung völlig geklärt sind. Aber schon hier sei darauf hingewiesen, daß die Saale zwischen den beiden Sperrstellen Bleiloch und Hohenwarthe mit ihren hohen Hängen eine große Zahl von Möglichkeiten zur Errichtung von Pumpspeicherwerken bietet. Sehr eingehende Untersuchungen nach dieser Richtung haben bereits gezeigt, daß Mittel- und Hochgefälls-Pumpspeicherwerke in einem Gesamtausmaße von etwa 600 000 ... 800 000 kW unter Benutzung der Sperrenbecken als Unterbecken bauwürdig sind. Es liegen bereits vollständige Entwürfe vor, die in ihren Gesamtkosten, bezogen auf das ausgebaute kW, Anlagenwerte ergeben, die weit unter den Kosten von Dampfkraftwerken neuester Bauart und Ausgestaltung liegen. Auch über die Eingliederung dieser gewaltigen Pumpspeicherwerke in die großdeutsche Elektrizitätsversorgung sind wirtschaftliche und betriebstechnische Untersuchungen und Planbearbeitungen durchgeführt worden. Hierüber wird in Kürze ebenfalls eine Veröffentlichung folgen. Auf die Anlage dieser Werke wurde auch bei den jetzigen Bauarbeiten und Entwürfen in vollem Maße Rücksicht genommen.

Die Erzeugung von hochgespanntem Gleichstrom aus Drehstrom.

Von Walther Deutsch und Wilhelm Hoß, Frankfurt a. M.

Übersicht. Es wird über Bauart, Wirkungsweise und Anwendungsgebiete eines neuen mechanischen Hochspannungs-Gleichrichters berichtet, mit dem es angenähert möglich wird, den Maximalwert der verketteten Transformatorspannung als Gleichspannung zu erhalten.

Die Gebiete, in denen hochgespannter Gleichstrom heute zur Anwendung kommt, sind nicht sehr zahlreich. Sehr hohe Leistungen, etwa solche, wie sie für Kraftübertragungszwecke in Betracht kommen, sind mit Gleichstrom in der Größenordnung von 100 000 V nur ganz ausnahmsweise bewältigt worden, obgleich man sich mit diesem Problem schon seit längerer Zeit beschäftigt hat[1]. Die Patentliteratur weist Hochspannungsmaschinen der verschiedensten Bauart auf, und sie sind wohl auch versuchsweise betrieben worden; eine allgemeine praktische und wirtschaftliche Anwendungsmöglichkeit haben aber alle diese Versuche nicht gezeitigt.

Hingegen gibt es für Leistungen, wie sie in der Röntgentechnik, bei der elektrischen Gasreinigung, in der Kabelmeßtechnik und im allgemeinen für die Zwecke wissenschaftlicher Untersuchungen benötigt werden, eine ganze Reihe von Möglichkeiten zur Erzeugung eines mehr oder weniger konstanten Hochspannungs-Gleichstromes. Wenn es sich um sehr kleine Ströme, etwa solche von einigen wenigen Milliampere handelt, so kann mit den einfachsten Mitteln eine unvollkommene Gleichrichtung erzielt werden, die man durch Parallelschaltung von Kondensatoren beliebig verbessern kann. Bei größeren Leistungen stößt man infolge der großen und teueren Kondensatoren auf Schwierigkeiten. In vielen Fällen der Praxis kommt es aber gar nicht auf eine völlig konstante Stromstärke an; man begnügt sich daher vielfach mit der Ausnutzung einer Hälfte des Einphasenstromes ohne nachträgliche Glättung durch Kondensatoren. Eine bessere Ausnutzung erhält man durch Schaltungen, in denen beide Wellenhälften verwendet werden.

Eine weitere Verbesserung der Kurvenform bringt die Gleichrichtung von Drehstrom in ähnlichen Schaltungen, wie sie auch für Kraftzwecke in den Quecksilberdampf-Großgleichrichtern zur Anwendung kommen. Es wird dabei die Phasenspannung des in Stern geschalteten Transformators gleichgerichtet. Eine sehr vollkommene Gleichrichtung kann man mit Hilfe der Graetzschen Drehstromschaltung erzielen.

Fast alle diese Methoden konnte man bisher sowohl mit Glühkathodeneinrichtungen als auch, bis auf die Drehstrom-Gleichrichtung, mit mechanischen Gleichrichtern bewältigen. Da es aber einen mechanischen Gleichrichter für Drehstrom noch nicht gab, konnte man die Vorteile der Drehstrom-Gleichrichtung mit denjenigen einer mechanischen Gleichrichtung nicht kombinieren.

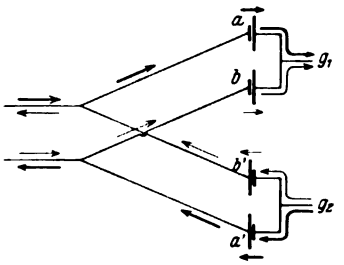


Abb. 1. Graetzsche Schaltung für Wechselstrom.

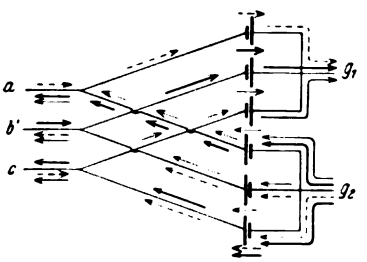


Abb. 2. Graetzsche Schaltung für Drehstrom.

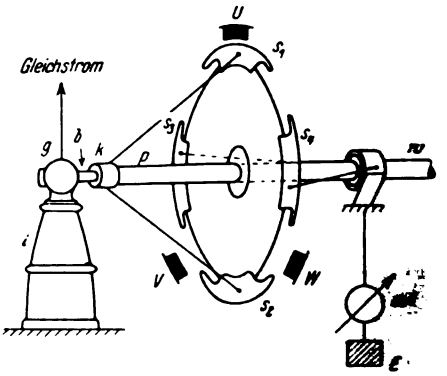


Abb. 5. Einscheiben-Gleichrichter.

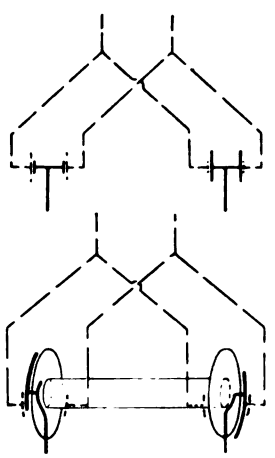


Abb. 3. Mechanischer Einphasen-Gleichrichter.

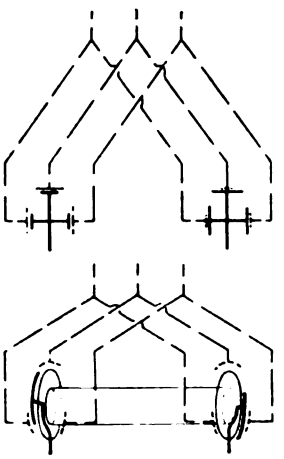


Abb. 4. Mechanischer Drehstrom-Gleichrichter.

[1] R. Thury, ETZ 1930, S. 114.

Digitized by Google

Diese Sachlage hat sich nun durch die Erfindung des mechanischen Drehstrom-Gleichrichters[2], über den im folgenden gesprochen werden soll, völlig geändert. Es ist nicht nur möglich geworden, einen hochgespannten Gleichstrom mit sehr geringer Welligkeit — also eine praktisch konstante Gleichspannung — zu erzeugen, sondern die Konstruktion dieses Gleichrichters ermöglichte es auch, über den Leistungsbereich der übrigen Methoden hinauszugehen.

Es sei zunächst im folgenden an die ursprünglich für Niederspannung verwendete sog. Graetzsche Schaltung für Einphasenstrom und Drehstrom erinnert (Abb. 1 und 2); für den ersteren braucht man 4 Ventilzellen. Ist in einem gewissen Augenblick die Stromrichtung die des dick ausgezogenen Pfeiles in Abb. 1, so sind die Ventile b und b' gesperrt, im anderen Falle die Ventile a und a'.

Abb. 6. Wirkungschema der Drehstrom-Gleichrichtung.

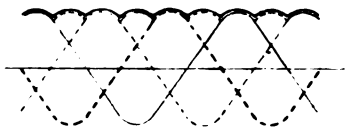


Abb. 7. Kurvenform des gleichgerichteten Drehstromes.

Für Drehstrom (Abb. 2) benötigt man bekanntlich 6 Ventilzellen. Da hier jederzeit die Summe der in den 3 Zuleitungen fließenden Ströme gleich Null ist, können immer eine Leitung als Hinleitung, die beiden anderen als Rückleitungen betrachtet werden, und es treten daher prinzipiell dieselben Verhältnisse auf wie bei der Einphasenschaltung. In Abb. 3 und 4 sind die Ventile durch Kontakte ersetzt, die synchron mit dem Wechselstrom das Sperren und Öffnen eines Ventiles auf mechanischem Wege nachahmen. Man könnte einen solchen Gleichrichter etwa durch zwei auf einer von einem Synchronmotor angetriebenen Welle sitzende Scheiben aus Isoliermaterial realisieren, auf deren Umfang je ein segmentförmiger Kontakt, diametral versetzt, fest angebracht ist; zur Abnahme des Gleichstromes müßte jedes Segment mit einem isoliert aufgesetzten Schleifring verbunden werden. Man sieht ohne weiteres, daß man durch diese Anordnung das Prinzip der Drehstromschaltung erfüllen kann.

Da die beiden Segmente am Umfang je einer Isolierscheibe sitzen, könnte man die Anordnung ähnlich wie in Abb. 4 treffen, jedoch so, daß man nur eine einzige Isolierscheibe benutzt. Die Welle eines solchen Gleichrichters müßte aber mit 3000 U/min umlaufen. Um mit der normalen Drehzahl 1500 U/min zu arbeiten, verwendet man daher 4 Segmente, von denen je 2 einander gegenüberliegende (in Abb. 5 z. B. s_1 und s_2 einerseits und s_3, s_4 anderseits) miteinander leitend verbunden werden. Auf diese Weise entsteht die in Abb. 5 skizzierte Anordnung. Auf das freie Wellenende w des Synchronmotors ist die Isolierscheibe mit den 4 Metallsegmenten s_1, s_2, s_3 und s_4 aufgekeilt. Die Fortsetzung der Welle w bildet die Welle p aus Isoliermaterial; sie ist mit der Welle w fest verbunden und an ihrem freien Ende nicht gelagert. Ein von w isolierter Schleifring ist durch Drähte mit den Kontakten s_3 und s_4 verbunden, ebenso ist der an p sitzende Schleifring k mit den Kontakten s_1 und s_2 verbunden. U, V, W sind feststehende Kontakte, die mit den 3 Sekundärpolen des Hochspannungstransformators verbunden sind. s_3 und s_4 sind über die Schleifringanordnung und über ein Milliamperemeter geerdet, so daß an k die volle Gleichstrom-Hochspannung liegt. Zur Abnahme des Verbraucherstromes drückt der federnde Kohlekontakt b an die Stirnseite von k. Die Bürstenanordnung sitzt in dem Kollektor g, der auf dem Isolator i fest angebracht ist und von dem der hochgespannte Gleichstrom abgenommen werden kann.

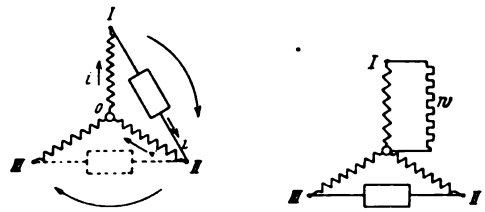


Abb. 8 u. 9. Wirkungschema der Umschaltung.

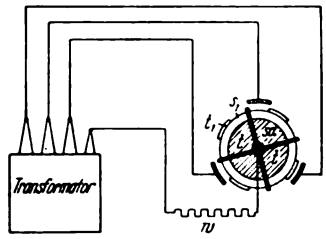


Abb. 10. Zweischeiben-Gleichrichter.

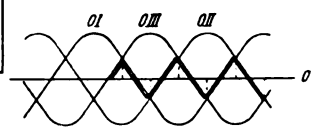


Abb. 11. Ausgleichspannung.

Man kann die Wirkung der Drehstrom-Gleichrichtung an Abb. 6 verdeutlichen. Hier ist der Verbraucher eine Röntgenröhre und die Wirkung der Gleichrichtung kann begrifflich dadurch ersetzt werden, daß man diese Röntgenröhre hintereinander in die Stellungen *1*, *2* usw. bringt und die zyklische Vertauschung sechsmal in jeder fünfzigstel Sekunde (also jede dreihundertstel Sekunde) vornimmt. Bedeuten daher die 3 Kurven der Abb. 7 die verketteten Spannungen des Transformators, so ergibt sich als Kurvenform der gleichgerichteten Drehstrom-Hochspannung die stark ausgezogene Wellenlinie.

Nun ersieht man aus Abb. 8, daß beim Übergang von der Phase *I*, *II* auf die Phase *II*, *III* die Transformatorwicklung *O II* keine Unterbrechung des Stromes — der noch kurz vorher in dem Kreis *O I II O* geflossen war — erfährt, daß aber dieser Stromlauf bei diesem Übergang in der Phase *O I* plötzlich unterbrochen wird; insbesondere bei höheren Leistungen entstehen dadurch Überspannungen und Ausgleichvorgänge, denen man auf keine andere Weise begegnen konnte als dadurch, daß man die jeweils stromlos werdende Phasenwicklung des Transformators *O I* auf künstliche Art, nämlich durch plötzliche Hinzu-

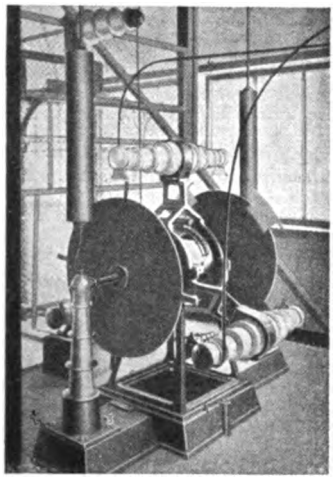


Abb. 12. Teil einer Hochspannungsanlage mit Lurgi-Drehstrom-Gleichrichter.

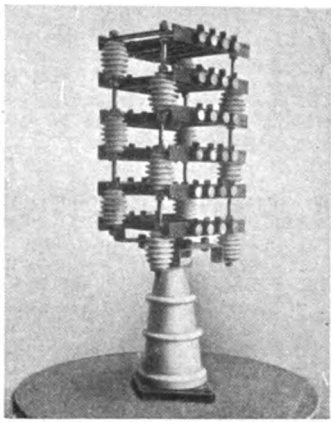


Abb. 13. Ausgleichwiderstand.

Abb. 14. Drehstromtransformator mit Ausgleich-Nullpunkt-Milliamperemeter.

[2] Zahlreiche Patente der Metallgesellschaft-Aktiengesellschaft im In- und Ausland.

Digitized by Google

schaltung eines Widerstandes w (Abb. 9) wiederbelastet. Dieser Widerstand ist so bemessen, daß die betreffende Transformatorwicklung möglichst ohne Unterbrechung ihren Stromwert beibehält. Bei Niederspannung wäre die Ausführung einer solchen Schaltung mit Schwierigkeiten verbunden, bei Hochspannung sorgen die an den rotierenden Kontakten auftretenden Bogenentladungen für einen weichen Übergang von dem einen in den anderen Zustand.

Das Einschalten dieser Widerstände geschieht ebenfalls durch rotierende Kontakte, die am Umfang einer aus Isoliermaterial bestehenden Scheibe befestigt sind. Prinzipiell ersieht man die Schaltung aus Abb. 10. Darin bedeuten s_1 mit den Kontakten t_1 die Hauptscheibe und s_2 mit den (metallisch miteinander verbundenen) Segmenten t die Ausgleichscheibe, und man erkennt, daß, sobald ein Segment der Hauptscheibe einen Transformatorpol zu verlassen droht, ein Arm des Ausgleichkreuzes diese Phase wiederum über den Widerstand w zum neutralen Punkt des

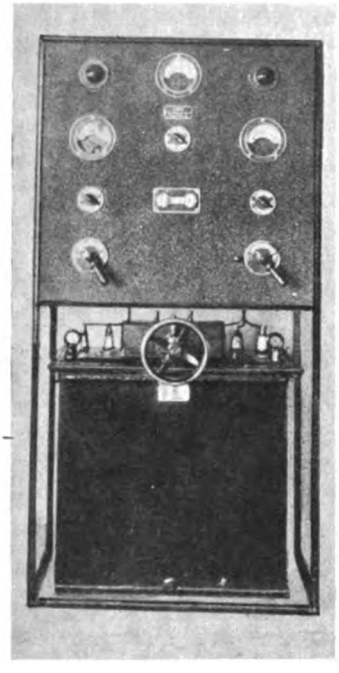


Abb. 15. Schalttafel mit abgehobenem Schutzblech.

Transformator zurückführt. Am Ausgleichwiderstand liegt nach dem vorstehenden eine Wechselspannung, deren Kurvenform der stark ausgezogenen Linie in Abb. 11 entspricht. Die am Widerstand vernichtete Energie ist, wie man leicht berechnen kann, nur ein sehr geringer Bruchteil der Gesamtenergie.

Durch die zweite Scheibe werden die Überspannungen auf ein Mindestmaß herabgedrückt und der Transformator besser belastet; man ist daher in der Lage, nach diesem Prinzip höhere Leistungen gleichzurichten.

Die Ausführungsform des Gleichrichters geht aus der Abb. 12 hervor. Zur Verwendung kommt ein stabiler Synchronmotor, dessen Stator verdrehbar ist. Auf der einen Seite dieses Motors sitzt die Hauptscheibe, die die Gleichrichtung vornimmt. Die vordere Scheibe ist die sog. Ausgleichscheibe. Die 3 Durchführungsisolatoren tragen die Zuführungsegmente der 3 Phasen. Die 2 Stützisolatoren ermöglichen die ruhende Abnahme des hochgespannten Gleichstromes und des dem Transformator zugeführten Ausgleichstromes. Dieser wird über den Hochspannungswiderstand geleitet, den Abb. 13 zeigt. Er besteht aus einer Reihe hintereinander und parallel geschalteter Silitstäbe, die je nach der Leistung des Gleichstromes gewählt werden. Den erforderlichen Hochspannungstransformator zeigt Abb. 14. Er trägt ein kugelig abgeschirmtes effektiv zeigendes Milliamperemeter zur Messung des Ausgleichstromes.

Aus Abb. 15 ist die Schalttafel ersichtlich, die die Meßinstrumente, Volt-, Amperemeter und Schalter enthält. Als besonders betriebsicher hat sich die Verwendung des stufenlosen Schubtransformators erwiesen[3]. Die Anlagen

[3] W. Reiche, ETZ 1927 S. 651

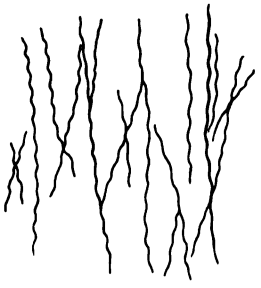


Abb. 16a. Staubbahnen bei Verwendung des Einphasen-Gleichrichters (nach der Originalaufnahme gezeichnet).

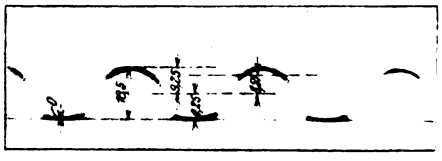


Abb. 16b. Oszillogramm der gleichgerichteten Einphasenspannung beim Versuch nach Abb. 16a.

Abb. 17a. Staubbahnen bei Verwendung des Drehstrom-Gleichrichters (nach der Originalaufnahme gezeichnet).

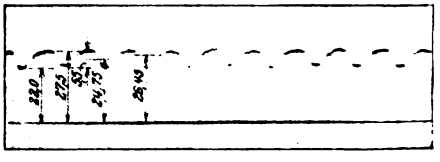


Abb. 17b. Oszillogramm der gleichgerichteten Drehstromspannung beim Versuch nach Abb. 17a.

sind typisiert und können an jedes Drehstromnetz beliebiger Spannung angeschlossen werden.

In den verschiedensten Anwendungsgebieten hat sich gezeigt, daß ein konstanter Gleichstrom Vorteile bietet; überall dort kann der neue Drehstrom-Gleichrichter erfolgreich Verwendung finden. Er ist stabil gebaut und der Verschleiß ist, wie bei allen mechanischen Gleichrichtern, äußerst gering, da er dem eines normalen Motorgleichkommt. Insbesondere eignet sich der mechanische Drehstrom-Gleichrichter für die medizinische Röntgentechnik, u. zw. sowohl für Diagnostik- als auch für Therapiebetrieb. Es ist sowohl seiner prinzipiellen Wirkungsweise gemäß als auch dank seiner Vervollkommnung in Schaltung und Bauart nicht mehr mit jenen Mängeln behaftet, die von seiten der Ärzte an den rotierenden Gleichrichtern mit Recht gerügt worden waren, wobei zwar diejenigen auszunehmen sind, die sich auf das Geräusch und die Bildung von Stickoxyden beziehen, die aber in zeitgemäß gebauten Krankenhäusern praktisch belanglos sind, weil dort stets eine Trennung in Behandlungs- und Maschinenraum vorgenommen wird[4], wobei das Schalten und Regeln des Gleichrichters selbsttätig durch Fernsteuerung (Druckknopfsteuerung) vom Schaltraum aus erfolgt. Die Wartung ist bedeutend einfacher als die der Ventilröhren-Gleichrichter; es ist ferner im Gegensatz zu den letzteren ein dauernder Betrieb bei voller Belastung praktisch ohne Betriebskosten gewährleistet, ohne daß der Anschaffungspreis einer solchen Anlage aus dem Rahmen des bisherigen fällt. Da die erzeugte Gleichspannung nur eine Welligkeit von wenigen Prozenten hat, kann man beim Therapiebetrieb ohne jeden Kondensator auskommen, so daß sich bei starker Belastung keine Verschlechterung der Strahlung einstellt. Dabei wird die Benutzung der kräftigsten der heute gebauten Röntgenröhren ermöglicht und damit die Fernbestrahlungstechnik begünstigt. Für die größeren und mittleren Diagnostikapparate ist mit Rücksicht auf die von seiten des Arztes gestellten Anforderungen eine Dauergleichspannung von maximal 80 kV, für die Tiefentherapieapparate eine solche von 180 kV gewählt. Bekanntlich lassen sich schon bei 55 kV sämtliche Extremitätenaufnahmen herstellen, bei 55...65 kV liegt das Strahlenoptimum und über 80 kV kann man auch mit Doppelfilmen bei der jetzt vorliegenden Gradation nicht mehr arbeiten[5].

Schwärzungsversuche unter Verwendung einer Coolidge-Röhre ergaben bei Verwendung des Drehstrom-Gleichrichters für die gleiche Schwärzung etwa die halbe Zeit gegenüber der Verwendung eines mechanischen Wechselstrom-Gleichrichters; es liegt auf der Hand, daß dies für die medizinische Röntgentechnik große Vorteile bietet. Außerdem ist es jetzt möglich, einen Röntgendauerbetrieb bei hohen Leistungen durchzuführen; dasselbe gilt für die Metallröntgentechnik.

[4] H. Holfelder u. W. Körte, Das Röntgeninstitut Frankfurt a. M., Verlag A. Thieme & Co., Leipzig 1929.

[5] S. Glasscheib, Die Röntgentechnik in Diagnostik und Therapie, Verlag Julius Springer, Berlin 1929.

Digitized by Google

In der Kabeltechnik hat man bisher vielfach von der Delonschen Gleichrichtung[6], die mit Kondensatorbatterien arbeitet, Gebrauch gemacht. Gerade bei dieser Prüfung ist es aber wichtig, mit einer größeren Leistungsreserve zu arbeiten, so daß auch hier der Drehstrom-Gleichrichter am Platze ist.

Ein weiteres Anwendungsgebiet ist die elektrische Gasreinigung. Hier handelt es sich bekanntlich darum, die feinen im Gas schwebenden Teilchen mit Hilfe des Koronaeffektes aufzuladen und im hochgespannten Feld an eine Elektrode zu bewegen[7]. Bei pulsierendem Strom werden die Teilchen abwechselnd vom Gasstrom und vom elektrischen Feld beeinflußt, wodurch sie treppenförmige Bewegungen nach der Niederschlagselektrode machen (Abb. 16 a u. b); bei Verwendung des Drehstrom-Gleichrichters sind die Bahnen glatte Kurven (Abb. 17 a u. b). Aus der schematischen Abb. 18 kann man ersehen, wie sich unterbrochener Strom und Gleichstrom bei der elektrischen Gasreinigung auswirken. Während ein Teilchen bei pulsierendem Strom die Welle *a* durchläuft, wird bei Gleichstrom die gerade Linie *b* durchlaufen, woraus sich eine erhebliche Verbesserung der elektrischen Gasreinigung ergibt, die sich denn auch in den verschiedensten Betriebsanlagen gezeigt hat. Auf diesem Gebiet sind bis heute bereits Drehstrom-Gleichrichter von insgesamt mehr als 1000 kW in dauerndem Betriebe.

Nicht zuletzt sei erwähnt, daß auch die erheblichen Anforderungen, die bei physikalischen Untersuchungen heute an die Erzeugung hoher Gleichspannungen gestellt werden, durch die neue Gleichrichtungsart erfüllt werden. So sind u. a. für diesen Zweck mit Erfolg mechanische Drehstrom-Gleichrichter gebaut worden, die betriebsmäßig Gleichstrom von 30 kW bei 300 kV in Staffelschaltung liefern.

Der Vorteil dieser Drehstromanlagen[8] liegt auch in der symmetrischen Belastung des heute allgemein für Kraftzwecke eingeführten Drehstromnetzes. Die Kosten einer Drehstromanlage liegen in derselben Größenordnung wie die für eine mechanische Einphasen-Gleichrichteranlage. Es sind bis heute Leistungen bis zu 50 kW bei 78 kV Gleichspannung erzielt worden. Damit ist aber keineswegs die Grenze für die Leistungsaufnahme erreicht, da erfolgreiche Versuche gezeigt haben, daß Aussicht auf eine erhebliche Leistungsteigerung besteht.

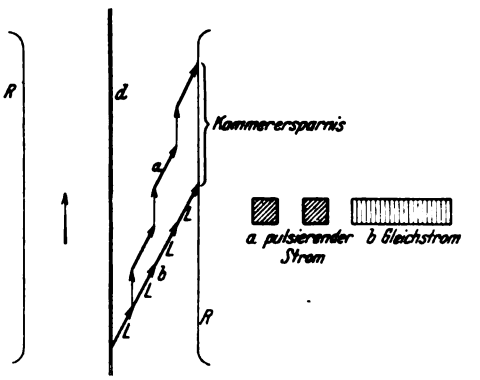


Abb. 18. Teilchenbewegung bei elektrischer Gasreinigung.

[6] J. Delon, ETZ 1912, S. 1179.
[7] W. Deutsch, Z. techn. Phys. Bd. 6, S. 423 (1925); Bd. 7, S. 623 (1926); Metall u. Erz Bd. 24, S. 356 (1927).
[8] Hergestellt von der Firma Koch & Sterzel AG., Dresden.

Lichttechnische Baustoffe.

Von Dipl.-Ing. **E. Summerer**, Berlin.

Übersicht. **Bericht über eine ausgedehnte Messung der lichttechnischen Konstanten (Reflexion, Durchlässigkeit) der gebräuchlichsten lichttechnischen Materialien.**

Im allgemeinen kann bei guten Gläsern mit einer Absorption bis zu rd. 10 % gerechnet werden, während die Absorptionswerte bei Marmor, Alabaster höher, bei Seide (farblos) niedriger liegen. Das Verhältnis zwischen Reflexion und Durchlässigkeit schwankt bedeutend.

In der Lichttechnik finden eine Reihe von Materialien Verwendung, über deren Eigenschaften man manchmal eine recht unklare Vorstellung vorfindet. Selbst in den Kreisen, die diese Stoffe verarbeiten, begnügt man sich sehr oft mit einer rein gefühlsmäßigen Beurteilung. Mag diese Tatsache begründet sein in einer gewissen Schwierigkeit der Messung der lichttechnischen Eigenschaften oder im Mangel einfacher Meßapparate, so erscheint doch eine möglichst genaue Messung dieser Baustoffe und ihre Beurteilung im Interesse ihrer Weiterbildung und ihrer Verwendung notwendig. Zur Vervollständigung der wenigen vorhandenen Werte über die Reflexion, Durchlässigkeit und Absorption lichttechnischer Baustoffe seien daher in der Folge die Ergebnisse einer ausgedehnten Versuchsreihe mitgeteilt, die die neueren Materialien, soweit sie zugänglich waren[1], umfaßte.

Beabsichtigt war die Messung der Materialkonstanten. Die Messung mußte sich also vor allen Dingen auf die Feststellung der Reflexion und der Durchlässigkeit der betreffenden Baustoffe erstrecken. Die Reflexion ϱ stellt das Verhältnis des von einem Material reflektierten Lichtstromes Φ_r zum auftreffenden Lichtstrom Φ dar. Die Durchlässigkeit τ ist das Verhältnis des durchgelassenen Lichtstromes Φ_d zum auftreffenden Lichtstrom Φ. Die Absorption wird errechnet aus der Differenz $1-(\tau+\varrho)$. Die Messung erfolgte nach bekannter Methode[2] mit der Ulbrichtschen Kugel. Die Werte, ausgedrückt in Prozent des auftreffenden Lichtstromes, bedeuten also die Gesamtreflexion bzw. -durchlässigkeit und nicht wie eine Reihe älterer Messungen nach anderer Methode die Reflexion bzw. Durchlässigkeit in einer bestimmten Richtung des Materials.

Als Meßproben wurden meist kleine Planglasscheiben gebräuchlicher Dicke der betreffenden Stoffe von rd. 10 cm × 10 cm Größe verwendet.

Bei nicht gleichmäßig getrübten Stoffen (z. B. Alabaster) stellt jeder Meßwert das Mittel aus einer Reihe von an verschiedenen Stellen der Oberfläche vorgenommenen einzelnen Messungen dar.

Es lag der Gedanke nahe, sämtliche gleichartigen Stoffe auf gleiche Dicke zu beziehen, um darauf eine Bewertung aufzubauen. Da es aber bis jetzt praktisch nicht möglich ist, für die wichtigsten lichttechnischen Baustoffe bei der Herstellung genau gleiche Dicke oder Zusammensetzung sämtlicher Stücke (sowohl nach Farbe als auch Trübung), wodurch die lichttechnischen Eigenschaften bedingt sind, zu gewährleisten, wurde darauf verzichtet. Die einzelnen Zahlenwerte beziehen sich also auf praktische Verhältnisse.

Die durch die Messung festgestellten Eigenschaften der Stoffe geben uns ein Bild über das Verhalten der Materialien, allerdings nur quantitativ. Den Lichttechniker interessiert aber auch die Art der Beeinflussung des Lichtes (Streuung des Materials — Eignung zur Blendungsvermeidung), der Architekt stellt ästhetische Anforderungen. Eine Beurteilung nach diesen Gesichtspunkten kann bis jetzt nicht nach exakten Methoden erfolgen, abgesehen davon, daß sie auch von der jeweils verwendeten Lichtquelle abhängt. Eine solche Beurteilung ist aber notwendig, da die Materialeigenschaften — unter diesen Gesichtspunkten betrachtet — ebenso wichtig sind wie die durch obige Messung feststellbaren. Im Anschluß an die Messungen wird daher in der Folge stets auch ein kurzer Hinweis auf die Eignung des Materials in physiologischer und dekorativer Hinsicht gegeben werden.

Meßergebnisse.

Wie schon oben erwähnt, ist es äußerst schwer, für bestimmte Glassorten genau die gleichen lichttechnischen Eigenschaften zu garantieren. Die durch die Fabrikation bedingte Ungleichmäßigkeit gleichartiger Materialien kann daher zu verschiedenen lichttechnischen Eigenschaften an und für sich gleicher Stoffe führen. Es ist daher in den folgenden Meßergebnissen kein Wider-

[1] Die Messungen wurden von der Osram G. m. b. H. Kommanditgesellschaft durchgeführt.
[2] Lax, Pirani, Schönborn, Licht u. Lampe Bd. 15, S. 458 (1926).

Digitized by Google

spruch zu erblicken, wenn verschiedene Proben des gleichen Materials und gleicher Dicke nicht vollkommen gleiche Reflexions- und Durchlässigkeitswerte ergeben.

1. Klar- und Ornamentgläser.

Über diese Arten Gläser liegen bereits einige Untersuchungen vor[3], so daß bei den vorliegenden Messungen auf eine Prüfung verzichtet werden konnte.

Im allgemeinen besitzt Klarglas in der Stärke von 2 ... 4 mm eine Durchlässigkeit von 90 ... 92 % bei einer Absorption von rd. 2 ... 4 %. An die im Bauwesen verwendeten Klargläser werden meist größere mechanische Anforderungen gestellt als an die Materialien der Lichttechnik, so daß diesen Gläsern eine größere Absorption zukommt (besonders auch deshalb, weil diese Gläser meist nicht genügend farblos sind).

Während das unbearbeitete Klarglas in der Beleuchtungskörper-Herstellung wenig Bedeutung hat, ist es ein bedeutender Baustoff in der Glühlampentechnik, für deren besondere Anforderungen aber Spezialgläser ausgebildet worden sind.

Bei den Ornamentgläsern schwanken nach Frühling die lichttechnischen Eigenschaften in folgenden Grenzen:

Dicke mm	Reflexion %	Durchlässigkeit %	Absorption %
3,2 ... 5,9	7 ... 24	57 ... 90	3 ... 21

Aus der Reihe der Ornamentgläser finden vor allem die Riffelgläser wegen ihrer Eigenschaft, das Licht in eine Richtung besonders zu lenken, Verwendung im Scheinwerferbau, während die übrigen Ornamentgläser zum Beleuchtungskörperbau wenig geeignet erscheinen, da sie weder zur Lenkung des Lichtes noch zur Blendungsvermeidung besonders zweckdienlich sind.

2. Mattgläser.

	Dicke mm	Mattierung	Reflexion %	Durchlässigkeit %	Absorption %
Klarglas seidenmatt	1,75	außen	7	87	6
„ „	2,0	außen	6	85	9
„ „	2,0	außen	8	88	4
„ „		innen	8	89	3
„ säurematt	2,1	außen	13	76	11
„ „		innen	7	88	5
„ „	2,2	außen	20	63	17
„ „		innen	8	82	10
„ „	2,0	außen	12	78	10
„ „	2,0	innen	9	86	5
„ sandstrahlmatt	2,4	außen	18	72	10
„ „		innen	16	77	7
„ „	2,0	außen	16	71	13
„ „		innen	14	77	9
„ „	2,2	außen	13	72	15
„ „	2,5	außen	13	77	10
„ „		innen	12	81	7
„ „	3,1	außen	14	70	16
„ „		innen	11	78	11

Wie zu erwarten ist, entspricht einer stärkeren Mattierung ein größerer Absorptionsverlust. Es erscheint dabei ziemlich gleichgültig, ob die Mattierung durch Flußsäure oder durch Sandstrahlgebläse erfolgt.

Die Messungen ergeben, je nachdem ob die mattierte Seite der Lichtquelle zugewandt ist (Innenmattierung) oder ob sie der Lichtquelle abgekehrt ist (Außenmattierung), verschiedene Werte der lichttechnischen Konstanten. Bei Innenmattierung erhält man gegenüber Außenmattierung eine etwas geringere Reflexion, dafür um so größere Durchlässigkeit und damit eine geringere Absorption. Diese Meßergebnisse bestätigen gleiche Untersuchungsreihen anderer Stellen[4], wonach die Innenmattierung der Außenmattierung auf Grund der größeren Wirtschaftlichkeit vorzuziehen ist. Die Innenmattierung führt ferner zu einer geringeren Verschmutzungs- und leichteren Reinigungsmöglichkeit der Beleuchtungsgläser. Die Streuung der Mattgläser ist gering, sie setzen daher die Leuchtdichte der Lichtquellen wenig herab und sind im allgemeinen nicht genügend zur Blendungsvermeidung. Zur Aufhebung von Beleuchtungsungleichmäßigkeiten (Schlieren) finden die Mattgläser jedoch vielseitige Verwendung.

[3] Z. B. Frühling, Licht u. Lampe Bd. 17, S. 593 (1928).
[4] Lax u. Pirani, Licht u. Lampe Bd. 15, S. 458 (1926).

3. Trübgläser[5] (durchgehend getrübt) mit zerstreuter Durchlässigkeit — Opalgläser.

	Dicke mm	Reflexion %	Durchlässigkeit %	Absorption %
Gruppe I	1,7	52	28	20
	2,0	57	12	31
	2,4	40	38	22
	3,4	66	13	21
	3,6	64	12	24
Gruppe II	1,2	43	51	6
	1,3	47	47	6
	1,4	47	46	7
	1,7	52	41	7
	1,9	46	47	7
	2,0	51	41	8
	2,0	52	41	7
	2,0	53	40	7
	2,3	49	40	11
	2,5	54	37	9
Gruppe III	1,4	66	29	5
	1,5	67	27	6
	1,5	61	35	4
	1,8	68	26	6
	1,8	69	25	6
	1,8	65	31	4
	2,0	74	19	7
	2,0	72	28	7
	2,0	73	20	7
	2,2	74	19	7
	2,3	74	18	8
	2,5	69	24	7
	2,5	70	23	7
	2,6	71	22	7
	3,0	74	19	7
	3,0	78	15	7
	3,0	71	21	8
	3,2	77	16	7
	3,4	78	13	9
	3,5	65	25	10

Nach den Messungen können wir zwei Hauptgruppen der Opalgläser unterscheiden: Gläser mit großer Absorption (über rd. 10 %) und Gläser mit geringerer Absorption (unter rd. 10 %). Diese können ebenfalls wieder eine Unterteilung erhalten, da bei der einen Gruppe die Reflexion ungefähr gleich der Durchlässigkeit ist, während bei der anderen Gruppe der reflektierte Lichtstrom den durchgelassenen Lichtstrom bedeutend überwiegt. Nach diesen verschiedenen Eigenschaften der Gruppen wird der Verwendungszweck der einzelnen Gläser zu wählen sein.

Die Opalgläser sind gut streuende Materialien. Bei passender Zusammensetzung liegt ihre Absorption nicht höher als bei den anderen lichttechnischen Baustoffen; sie sind daher geeignete Mittel zur Lichtlenkung und Blendungsvermeidung.

4. Trübgläser (überfangen) mit zerstreuter Durchlässigkeit — Opalüberfanggläser.

	Dicke mm	Reflexion %	Durchlässigkeit %	Absorption %
Gruppe I	1,9	31	66	3
	2,2	36	59	5
	2,2	36	59	5
	2,2	42	50	8
	2,3	45	47	8
	2,3	45	48	7
	2,5	33	58	9
	2,6	32	60	8
	2,7	32	60	8
	2,7	32	58	10
	2,8	45	50	5
	2,9	45	49	6
Gruppe II	2,8	61	30	9
	2,9	54	35	11
	3,2	67	25	8
	3,3	62	27	11

Die Absorption der Opalüberfanggläser kommt der guter Massivtrübgläser gleich. Wir können auch hier mehrere Gruppen (zwei) unterscheiden: Gläser mit überwiegender Reflexion und solche mit großer Durchlässigkeit. Hiernach richtet sich auch ihr Verwendungszweck. Die Streuung des Opalüberfangglases steht der diffusen Durchlässigkeit des Opalglases nicht nach. Da bei Opalüberfanggläsern

[5] Vgl. ETZ 1930, S. 436

Digitized by Google

die Durchlässigkeit noch etwas größer zu sein scheint als bei Massivtrübgläsern, stellt das Opalüberfangglas eines der günstigsten lichttechnischen Materialien dar.

5. Trübgläser mit gemischter Durchlässigkeit — Opalingläser.

Dicke mm	Reflexion %	Durchlässigkeit %	Absorption %
2,2	28	58	14
2,5	13	84	3
2,5	15	83	2

Die durch Messung festgestellten Zahlenwerte entsprechen ungefähr den Ergebnissen der Messung bei Opalüberfanggläsern. Trotzdem ist diese Art von Trübgläsern lichttechnisch wenig geeignet, da sie eine geringere Streuung besitzen, also zur genügenden Blendungsvermeidung nicht herangezogen werden können. Opalingläser beeinflussen außerdem das Licht qualitativ, d. h. bei auftreffendem weißen Licht wird der kurzwellige Teil stärker gestreut als der langwellige. Im auftreffenden Licht sehen daher diese Gläser blaugrau aus, während bei durchfallendem Licht das Leuchtsystem rot hindurchscheint.

6. Marmor ($CaCO_3$).

	Dicke mm	Reflexion %	Durchlässigkeit %	Absorption %
Marmor, einseitig poliert	7,3	30	5	65
	7,3	59	8	33
	7,5	61	7	32
	7,5	71	5	24
	8,1	59	3	38
	8,2	67	6	27
	8,3	59	4	37
	8,3	50	3	47
	9,3	61	6	33
	10,0	50	3	47
	10,5	62	unter 0,8	rd. 37
	11,6	80	„ 0,9	„ 19
Marmor, matt	3,2	57	19	24
	3,2	69	13	18
	5,7	62	8	30
	6,9	48	4	48
	7,0	59	3	38
Marmor, getränkt	3,4	40	27	33
	3,5	34	34	32
	4,0	45	21	34
	4,9	39	22	39
	3,1	44	33	23
	3,6	54	35	11
	3,6	27	40	33
	3,1	39	12	49
	2,1	42	24	34
	3,4	37	39	24

Bei sehr geringer Durchlässigkeit entspricht die Absorption des Naturmarmors dem Opalglas geringerer Qualität von gleicher Dicke. Da jedoch aus Festigkeitsgründen für normale Plattengrößen eine Dicke unter 8 mm meist nicht mehr möglich ist, muß stets mit einer großen Absorption gerechnet werden. Durch besondere Präparation des Marmors kann seine Durchlässigkeit erhöht, die Reflexion vermindert werden.

Die gute Streuung, das gute Aussehen des durchleuchteten Marmors bedingen seine Verwendung zu dekorativen Zwecken, wobei der große Absorptionsverlust durch erhöhten Energieaufwand ausgeglichen werden muß.

7. Alabaster ($CaSO_4$).

	Dicke mm	Reflexion %	Durchlässigkeit %	Absorption %
Alabaster, gemasert	11,2	49	30	21
	12,9	67	17	16
	13,2	67	19	14
	13,4	66	18	16
Alabaster, gefärbt	6,4	27	34	39
	6,5	29	50	21

Wenn auch Alabaster wegen seiner noch geringeren Festigkeit für gebräuchliche Plattengrößen oder Schalen eine Mindestdicke von rd. 10 ... 12 mm haben muß, so ist seine Durchlässigkeit doch bedeutend größer, die Absorption geringer als bei unpräpariertem Marmor. Trotz der geringeren Festigkeit und Dauerhaftigkeit wird daher Alabaster der Verwendung von Marmor gewöhnlich vorgezogen.

8. Papier.

	Reflexion %	Durchlässigkeit %	Absorption %
Zeichenpapier, weiß	73	0	27
Karton, schwach bemalt	69	8	23
Pergament, ungefärbt	48	42	10
„ hellgelb getönt	37	41	22
„ dunkelgelb getönt	36	14	50

Ungefärbtes Pergament erweist sich als lichttechnisches Material gut verwendbar sowohl was seine Streuwirkung als auch seine (geringe) Absorption betrifft. Da Pergamentschirme jedoch größtenteils aus dekorativen Gründen ganz oder teilweise getönt werden, verlangt der durch die Farbe bedingte Absorptionsverlust einen erhöhten Energieaufwand.

9. Seide und andere Stoffe.

	Reflexion %	Durchlässigkeit %	Absorption %
a) Weiß:			
Baumwolle	35	57	8
Schirting	68	28	4
„ gestärkt	64	29	7
Seide Fabrikat A	35	60	5
Crêpe de Chine B	35	64	1
Japonseide A	33	66	1
„ B	30	69	1
„ C	28	71	1
„ D	38	61	1
„ E	33	66	1
„ F	30	69	1

Die Absorption von ungefärbten, zum Bau von Beleuchtungskörpern verwendeten Stoffen ist sehr gering.

Die einzelnen Messungen der in obiger Zahlentafel erwähnten Japonseide beziehen sich auf gleichartige Seidenproben verschiedener Dichte. Die Messung zeigt, daß mit zunehmender Dichte keine meßbare Zunahme der Absorption eintritt. Lichttechnisch ist jedoch die dichtere Seide jedem lichteren Gewebe vorzuziehen, da zur Blendungsverhütung eine gute Streuung, also dichtes Gewebe notwendig ist. Aus den Werten ersieht man, daß es nicht gerechtfertigt ist, hinsichtlich der Blendungsvermeidung schlechtere, also dünnere Gewebearten zu verwenden wegen angeblich günstigerer Absorptionswerte.

Bei farbigen Seiden bedingt die Färbung eine bedeutende Zunahme der Absorption des Materials. Die Absorption kann herabgesetzt werden durch Steigerung der Reflexion, indem man die farbige Seide mit weißen Futterstoffen auf der der Lichtquelle zugekehrten Seite hinterlegt. Die bedeutende Zunahme der Reflexion der Seidenkombination bei geringer Abnahme der Durchlässigkeit führt zu ziemlich großer Abnahme der Absorption (siehe Zahlentafel):

	Reflexion ohne %	Reflexion mit %	Durchlässigkeit ohne %	Durchlässigkeit mit %	Absorption ohne %	Absorption mit %
b) Farbige Seide ohne und mit Futter:						
Futterseide, weiß	35		60		5	
Seide, neugrün	24	43	33	23	43	34
„ gelb	19	42	54	31	27	27
„ oliv	19	42	33	19	48	39
„ gelb	17	41	53	31	30	28
„ rotgelb	17	39	46	27	37	34
„ hellbraun	17	39	36	21	47	40
„ hellsepia	16	38	28	15	56	47
„ lachsfarben	13	39	33	19	54	42
„ grün	13	37	24	14	63	49
„ hell-lila	13	37	28	16	59	47
„ weinrot	9	36	28	13	63	51
„ tabak	9	38	28	15	63	47
„ hellkarmin	8	35	29	15	63	50
„ grün	8	37	25	12	67	51
„ dunkelfrais	8	37	16	9	76	54
„ dunkeljade	8	35	19	11	73	57
„ rot	7	36	13	7	80	57
„ violett	5	33	20	11	75	56
„ blau-lila	5	36	16	9	79	55

In der Lichttechnik finden noch eine Reihe anderer, jedoch weniger gebräuchlicher Materialien Verwendung.

Digitized by Google

über die einige orientierende Messungen vorgenommen wurden, die der Vollständigkeit halber in den folgenden Tafeln angegeben seien.

10. Zellon.

	Dicke mm	Reflexion %	Durchlässigkeit %	Absorption %
Zellon, grau (durchsichtig)	0,5	8	79	13
„ weiß (getrübt)	1,03	55	17	28
„ gelb „	0,93	36	9	55
„ blau „	1,0	12	4	84
„ grün „	1,0	12	4	84

Im Vergleich mit Opal- bzw. Opalüberfangglas oder Seide besitzt Zellon eine größere Absorption. Die Streuung ist bei getrübtem Material gut.

11. Opalglas, farbig überfangen.

	Dicke mm	Reflexion %	Durchlässigkeit %	Absorption %
Opalglas, rot überfangen	2...3	64...69	2...4	29...34
„ orange „	2...3	63...68	6...10	22...31
„ gelb „	2...3	57...68	12...20	20...23
„ grün „	2...3	60...66	3...9	30...31
„ blau „	2...3	67	1	32

Reflexion und Durchlässigkeit wurden bei diesen Proben stets bei der Lichtquelle zugekehrter, weißer Opalglasschicht gemessen. Daraus erklärt sich die ziemlich konstante Reflexion bei den verschiedenen farbigen Überfangschichten.

12. Lichtundurchlässige Reflektormaterialien.

	Reflexion %	Absorption %
Silber, hochglanz poliert	90...92	8...10
Glas, rückseitig verspiegelt	70...85	15...30
weißes Email	66...75	30...34
Nickel, poliert	53...55	45...47
„ matt	48...52	48...52
Aluminium, poliert	67...70	30...33
„ matt	55...60	40...45
Messing, poliert, verchromt	61...62	38...39
„ „ matt	52...55	45...48
Weißblech	69	31
„ weißer Anstrich	76...86	14...24

Das äußerst gute Reflexionsvermögen hochglanzpolierten Silbers hat für die praktische Beleuchtungstechnik wenig Bedeutung, da der Silberbelag durch Glasabdeckung oder Lackaufstrich gegen atmosphärische Einflüsse geschützt werden muß, wodurch das Reflexionsvermögen bedeutend abnimmt. Aus besonderen Gründen, z. B. zur Vermeidung von Schlieren, wird bei Spiegeln oft die reflektierende Oberfläche gewellt, wodurch bei ungünstiger Ausführung eine Abnahme der Reflexion der verspiegelten Fläche eintreten kann.

Häufig betrachtet man Weißblech als gutes Reflektormaterial; die Meßwerte zeigen, daß ein guter weißer Anstrich bedeutend günstiger wirkt.

Zusammenfassung.

Material	Dicke mm	Reflexion %	Durchlässigkeit %	Absorption %
Klarglas	2...4	6...8	90...92	2...4
Ornamentglas	3,2...5,9	7...24	57...90	3...21
Klarglas, außen mattiert	1,75...3,1	7...20	63...87	4...17
„ innen mattiert	1,75...3,1	6...16	77...89	3...11
Opalgläser				
Gruppe 1	1,7...3,6	40...66	12...38	20...31
„ 2	1,7...2,5	43...54	37...51	6...11
„ 3	1,4...3,5	65...78	13...35	4...10
Opalüberfanggläser				
Gruppe 1	1,9...2,9	31...45	47...66	3...10
„ 2	2,8...3,3	54...67	27...35	8...11
Opalingläser	2,2...2,5	13...28	58...84	2...14
Marmor, poliert	7,3...10,0	30...71	3...8	24...65
„ getränkt	3...5	27...54	12...40	11...49
Alabaster	11,2...13,4	49...67	17...30	14...21
Papier: Karton, schwach getönt		69	8	23
Pergament, ungefärbt		48	42	10
„ hellgelb getönt		37	41	22
„ dunkelgelb „		36	14	50
Seide, weiß		28...38	61...71	1
„ farbig		5...24	13...54	27...80
„ „ mit Futter		33...43	7...31	27...57

Auf Grund der obigen Messungen, die natürlich nicht als vollständig zu betrachten sind, erhalten wir vorstehende Zusammenstellung der angenäherten Werte der Reflexion, Durchlässigkeit und Absorption lichttechnischer Baustoffe von gebräuchlicher Zusammensetzung und Dicke.

Die Ergebnisse obiger Messungen geben ein Bild über die lichttechnischen Eigenschaften der verschiedensten Baustoffe gebräuchlicher Dicke. Sie stellen als Materialkonstante ein Charakteristikum jedes Stoffes dar und bilden somit die Grundlage für den Beleuchtungskörperbau. Passendes Material und zweckmäßige Form führen zu einer lichttechnisch einwandfreien Leuchte.

Es wäre natürlich falsch, obige Werte als Beleuchtungskörper-Wirkungsgrad, d. h. als Verhältnis des aus einem Beleuchtungskörper austretenden Lichtstromes zum Gesamtlichtstrom der Lampen aufzufassen. Aus einem Beleuchtungskörper tritt nicht nur ein mehr oder weniger großer direkter Lichtstrom und der von den Beleuchtungskörperflächen durchgelassene Lichtstrom (proportional der Durchlässigkeit τ des Materials) aus, sondern auch ein Teil des an der Innenseite des Beleuchtungskörper-Materials reflektierten Lichtes. Je nach der Form des Beleuchtungskörpers wird daher ein bestimmtes Material eine andere scheinbare Absorption besitzen als obige Meßwerte angeben. Da dieser Wert jedoch von der Form des Beleuchtungskörpers abhängig ist, also keine Materialkonstante darstellt, werden der Beurteilung lichttechnischer Baustoffe praktisch nur obige Meßwerte zugrunde gelegt werden können.

Messung von veränderlichen Stromwerten mittels Glimmlampen.

Von **Armin Körblein**, Nürnberg.

Übersicht. Zur Bestimmung der Höhe kurzdauernder Stromspitzen (Kurzschlüsse auf Sicherungen oder Selbstschalter, bei Überstromauslösern, Anlaufstrom von Motoren) wird die Zündspannung von Glimmlampen verwertet. Letztere werden in Potentiometerschaltung an einen bekannten Meßwiderstand angeschlossen, der den zu messenden Strom führt. Sind nur kleinere Spannungen verfügbar, so werden mittels einer Zusatzgleichspannung, bei Wechselstrom durch Zwischenschaltung eines Wandlers die Glimmlampen zum Zünden gebracht.

Die Messung schnell veränderlicher oder kurzdauernder Stromstärken, wie sie insbesondere bei Ein- oder Ausschaltvorgängen, Kurzschlüssen und ähnlichen nicht stationären Stromzuständen auftreten, ist im allgemeinen nur mit dem Oszillographen möglich. Dieser eignet sich aber wegen der vielen dazu erforderlichen meßtechnischen Einrichtungen und wegen seiner mechanischen Empfindlichkeit fast nur für Laboratoriumsarbeiten, sehr wenig jedoch für den praktischen Betrieb, wie etwa in den einfacher eingerichteten Prüffeldern sowie bei Montagearbeiten.

Die nachstehend beschriebenen Schaltungsanordnungen ermöglichen solche Messungen mit verhältnismäßig sehr einfachen Mitteln und gleichzeitig mit einer Genauigkeit, die der des Oszillographen nicht nachsteht, sie sogar noch übertreffen kann.

Für die Ausführung der Messung werden keine der üblichen Meßinstrumente zu Hilfe genommen, an ihrer Stelle dient das Aufleuchten von Glimmlampen als Indikator. Kennzeichnend für das gegenüber den üblichen Glühlampen abweichende Verhalten der Glimmlampen sind die unter den Begriffen „Zündspannung" und „Lösch"- bzw. „Abreißspannung" bekannten charakteristischen Eigenschaften. Man versteht darunter die Eigentümlichkeit, daß überhaupt erst beim Anlegen einer gewissen Mindestspannung, der „Zündspannung", ein Aufleuchten eintritt, wäh-

Digitized by Google

rend bei Verminderung der Spannung bis zu einem bestimmten Wert, der „Löschspannung", die Stromleitung wieder unterbrochen wird, die Glimmlampe also völlig zum Erlöschen kommt.

Über die sonstigen Eigenschaften und die vielseitige Verwendbarkeit der Glimmlampe hat F. Schröter in klarer und ausführlicher Weise unter Anführung von Literaturnachweisen[1] berichtet.

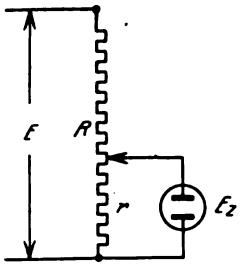


Abb. 1. Messung von Spannungsspitzen mit Spannungsteiler-Widerstand und Glimmlampe.

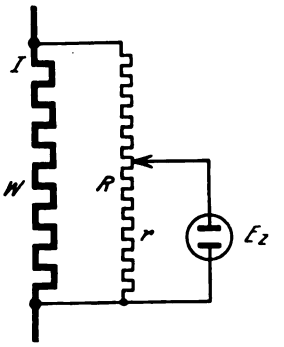


Abb. 2. Messung von Stromspitzen mit Spannungsteiler-Widerstand und Glimmlampe.

1. Grundsätzliche Schaltungen.

Es ist bekannt[2], eine Gleich- oder Wechselspannungsspitze E dadurch zu messen, daß man nach Abb. 1 einen Widerstand R einschaltet und davon einen Teil r abgreift, bei welchem gerade noch das Aufleuchten einer angelegten Glimmlampe mit bekannter Zündspannung E_z eintritt; dann ist die gesuchte Höchstspannung $E = \frac{R}{r} E_z$.

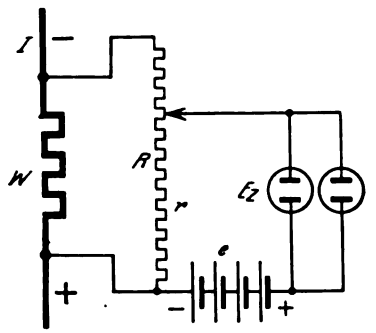


Abb. 3. Messung von Stromspitzen mit Spannungsteiler-Widerstand unter Zwischenschaltung einer Zusatzgleichspannung.

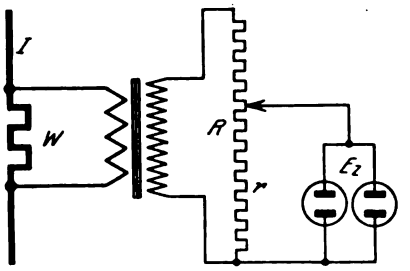


Abb. 4. Messung von Stromspitzen mittels Stromwandlers, Spannungsteilers und Glimmlampen.

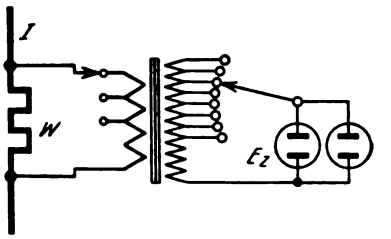


Abb. 5. Messung von Stromspitzen mit sekundär abgezweigtem Spannungswandler und Glimmlampen.

Dieses Verfahren läßt sich mit entsprechender Abänderung zur Messung der Höhe von Stromspitzen oder Stromscheitelwerten benutzen. Zu diesem Zweck legt man nach Abb. 2 einen passenden und genau bekannten Meßwiderstand W in den Stromkreis, dessen Stromhöchstwert bestimmt werden soll. Parallel zu diesem Widerstand wird der aus Abb. 1 bereits bekannte Spannungsteiler-Widerstand R mit dem Glimmlampenkreis angelegt und der Widerstand r so abgeglichen, daß die Glimmlampe gerade noch aufleuchtet. Aus dem so erhaltenen Spannungsabfall im bekannten Meßwiderstand W läßt sich dann der gesuchte Höchststrom I errechnen: $I = \frac{R E_z}{r W}$. In dieser Schaltung darf der Spannungsteiler-Widerstand R wegen des äußerst geringen Stromverbrauchs der Glimmlampe im Zündaugenblick so groß gewählt werden, daß er gegenüber dem parallel geschalteten Widerstand W unberücksichtigt bleiben kann.

Diese Anordnung gestattet sowohl die Messung von Gleichstromspitzen als auch von Wechselstrom-Scheitelwerten, wenn der Widerstand W so groß ist, daß der Spannungsverbrauch in demselben im Augenblick der Messung größer als die Zündspannung der Glimmlampe ist. Dies ist z. B. fast immer der Fall bei Kurzschlußversuchen an Sicherungen, Selbstschaltern usw. mit Netzspannung.

Bleibt die so verfügbare Spannung aber kleiner als die Zündspannung der Glimmlampe, dann kann man dieses Meßverfahren noch erweitern durch Einfügen einer zusätzlichen Gleichspannung e in den Glimmlampenkreis nach Abb. 3 unter Beachtung der Vorzeichen. Dann ergibt sich $I = \frac{R(E_z - e)}{r W}$. Die Zwischenschaltung einer solchen Zusatzspannung ist bei Gleich- und Wechselstrom durchführbar.

Um die Eingrenzung des Stromhöchstwertes schneller und schärfer ausführen zu können, empfiehlt es sich sehr, statt einer Glimmlampe deren mehrere mit etwas voneinander verschiedenen Zündspannungen parallel anzuschließen[3] wie in Abb. 3 auch bereits angedeutet.

In den meisten Fällen wird man bei Wechselstrom die erforderliche Zündspannung für die Glimmlampe mittels eines kleinen Spannungswandlers erzeugen müssen, dessen Unterspannungswicklung an den Enden des Meßwiderstandes W liegt. Der Wandler kann als Einspulentransformator oder besser als Transformator mit zwei getrennten Wicklungen nach Abb. 4 ausgeführt sein. Diese Anordnung ist ohne weiteres eichbar, da sich die Spannungsteilerstellungen $R : r$ bei Erreichung der Zündspannung in Abhängigkeit von Strömen bekannter Größe und mit sinusförmigem Verlauf für jeden Meßwiderstand W in Form von Eichkurven auftragen lassen.

Eine Vereinfachung der Meßeinrichtung ergibt sich, wenn man nach Abb. 5 den Spannungsteilerwiderstand $R : r$ fortfallen läßt, dafür den Spannungswandler auf der Oberspannungsseite mit einer entsprechend großen Zahl von Anzapfungen versieht und zu einem Stufenschalter führt. Nach Bedarf kann auch die Unterspannungseite mehrstufig ausgeführt werden, der Meßwiderstand ist aber unerläßlich; auch diese Anordnung ist eichbar.

Wie von W. Riegel angegeben wurde, läßt sich an Stelle des im Zuge der stromführenden Leitung eingebauten Widerstands W ein Stromwandler verwenden, dessen Sekundärseite für sehr niedrige Stromstärke, also große Windungszahl gewickelt ist, so daß daran ohne weiteres der Teilerwiderstand mit den Glimmlampen angeschlossen werden kann. Unter Weiterentwicklung dieser Idee besteht grundsätzlich die Möglichkeit, einen für Meßzwecke im Leitungszug bereits vorhandenen Stromwandler zur Beobachtung und Messung von auftreffenden Über- bzw. Kurzschlußströmen zu benutzen. Seine Sekundärklemmen erhalten dann nach Abb. 6 einen rein ohmschen Widerstand B, der der Nennbürde des Wandlers entspricht und an den der normale Spannungswandler mit Spannungsteiler (wie in Abb. 2) angelegt ist. Ist die ganze Anordnung geeicht, so können an jedem im Netz eingebauten Stromwandler Messungen über die Höhe von Schaltstromstößen und sonstigen Überströmen durchgeführt werden, wenn der Schaltvorgang selbst einige Male auftritt oder wiederholt werden kann.

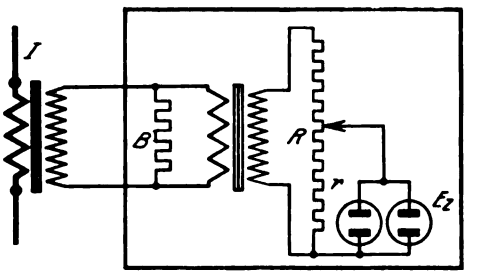


Abb. 6. Stromspitzenmessung bei eingebauten Stromwandlern mit geeichter Meßeinrichtung.

Diese Anordnungen können in sinngemäßer Abänderung auch zur Messung von Spannungsstößen benutzt werden.

[1] F. Schröter, Die Glimmlampe, ein vielseitiges Werkzeug des Elektrikers. Verlag Hachmeister & Thal, 2. Auflage, Leipzig 1928. ETZ 1919, S. 186.

[2] Palm, Z. techn. Phys. Bd. 4, S. 233 u. 258 (1923).

[3] U.S.A.-Patent Nr. 1 454 474.

Digitized by Google

2. Praktische Ausführungen und Verwendungsmöglichkeiten.

Bei den bisher durchgeführten Messungen wurden nur Neonglimmlampen der Firma Osram für 100 ... 120 V mit Bienenkorbelektroden verwendet und zu diesem Zwecke einige Lampen ausgesucht, deren Zündspannungen möglichst niedrig, etwa zwischen 75 und 90 V Gleichspannung bzw. Wechselspannungs-Scheitelwert liegen. Der im Sockel befindliche Vorschaltwiderstand wurde nicht entfernt. Diese Lampen haben binnen drei Jahren bei etwas schonender Behandlung und Schutz vor Überspannung keine Änderung der Zündspannung gezeigt.

Im Augenblick der Messung bedeckt das Glimmlicht je nach dem Grad der Überschreitung der Zündspannung mehr oder weniger die Drahtelektroden und wechselt unter Umständen von Messung zu Messung sprunghaft die Ansatzstelle. Es erscheint sehr oft nur als schnell vorübergehender „Wischer", ist aber trotzdem auch bei Tageslicht wegen der intensiven Rotfärbung mühelos zu beobachten.

Um den Zündvorgang leichter beobachten zu können, ist bereits empfohlen worden, in den Glimmlampenstromkreis einen Fernhörer zu schalten; die Erreichung des Zündpunktes macht sich durch ein deutliches Knacken im Hörer bemerklich.

Zu solchen Messungen wären Glimmlampen mit gestreckten Drahtelektroden in kleinster Ausführung erwünscht, ähnlich den im Glimmlichtoszillographen von Gehrcke verwendeten. Sie würden dann auch die Polarität der Überströme bzw. Überspannungen und bei bewegten Glimmlampen oder im rotierenden Spiegel die Zahl der Zündspitzen erkennen lassen.

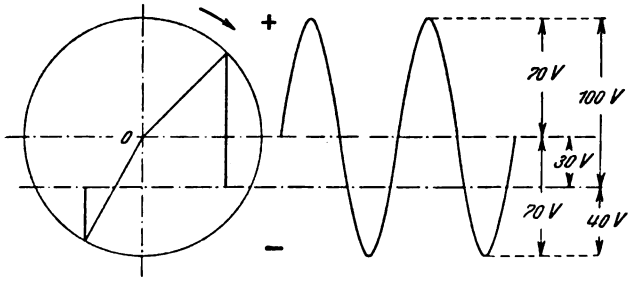


Abb. 7. Änderung des Wechselspannungs-Scheitelwerts mittels Zusatzgleichspannung.

Zur Bestimmung der Höchstwerte des Stromes bei Kurzschlußversuchen mit Sicherungen, kleinen Selbstschaltern und ähnlichem ist eine Einrichtung nach Abb. 2 an Stelle eines Oszillographen sehr angebracht und völlig ausreichend, wenn Messungen über die Größe der Eigen- und der Lichtbogenzeiten nicht erforderlich sind. Der zur Begrenzung des Kurzschlusses im Stromkreis liegende Hauptstromwiderstand W muß praktisch induktionsfrei und genügend genau bekannt sein.

Beim Vorliegen niedrigerer Netzspannungen (110 V) reicht oft der am Widerstand auftretende Spannungsabfall zur Zündung der Lampen nicht aus, so daß man zu dem in Abb. 3 dargestellten Kunstgriff der Einfügung einer Hilfsspannung gezwungen ist. Dazu genügen Taschenlampen- oder Anodenbatterien kleinster Kapazität. Die Gefahr einer Entladung derselben besteht nicht, da nach Unterschreitung der Löschspannung, d. h. derjenigen Mindestspannung, bei welcher das Glimmen gerade noch aufrechterhalten wird, jede Stromleitung in der Lampe aufhört. Dieses Verfahren ist auch bei solchen Messungen mit Wechselstrom brauchbar. In Abb. 7 sei zur näheren Erläuterung eine sinusförmige Wechselspannung mit beispielsweise 70 V Scheitelwert (etwa 49,5 Veff) dargestellt, bei der eine Glimmlampe von etwa 90 V Zündspannung noch nicht ansprechen kann. Wird aber eine Gleichspannung in der dargestellten Höhe von 30 V vor die Glimmlampe geschaltet, so tritt eine einseitige Verlagerung der Nullinie ein, die Minusscheitelwerte erreichen im Bild nur die Höhe von 40 V, die Plusscheitelwerte aber eine solche von 100 V und bringen dadurch die eine Elektrode der Glimmlampe zum Aufleuchten.

Bei den Versuchen mit Wechselstrom darf nicht übersehen werden, daß das Aufleuchten der Glimmlampe nur vom Höchstwert der angelegten Spannung abhängig ist, eine Lampe mit 90 V Zündspannung also bereits bei einer sinusförmigen Wechselspannung von $85 : \sqrt{2} = 60$ Veff zu glimmen beginnt. Bei nicht sinusförmiger Spannungskurve muß deren Scheitelfaktor entsprechend berücksichtigt werden. Die Zündspannung ist bis zu hohen Wechselzahlen frequenzunabhängig.

Sehr zweckmäßig ist die Verwendung von 2 oder noch besser von 3 Glimmlampen mit etwas voneinander verschiedener Zündspannung. Bei Ausführung einer Meßreihe stellt man den Teilerwiderstand so ein, daß von drei Lampen nur eine oder zwei gerade noch zum Aufleuchten kommen. Je näher die Zündspannungen der Lampen beisammen liegen, eine um so genauere Feststellung der Stromspitze ist möglich, doch dürfte ein Unterschied in den Zündspannungen von 2 ... 3 V für praktische Fälle ausreichen.

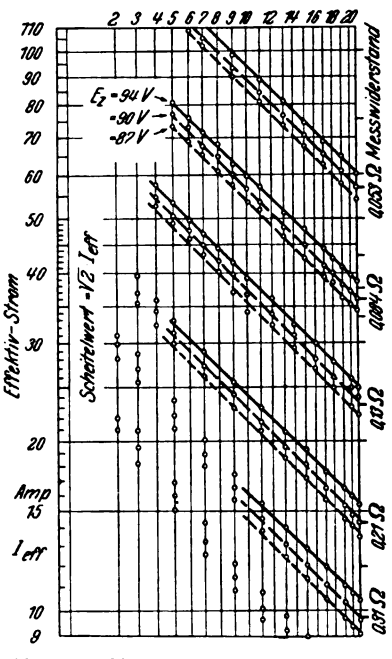


Abb. 8. Eichkurven für verschiedene Zündspannungen der Glimmlampen und verschiedene Meßwiderstände.

Zur Messung des Einschaltstroms von Transformatoren und des Anlaufstroms von kleineren und mittleren Kurzschlußläufermotoren wurde nach Abb. 5 ein Wandler angefertigt, über dessen Abmessungen vielleicht nähere Angaben erwünscht sind. Ein vorhandenes Wandlereisen von 3,7 cm² Eisenquerschnitt erhielt für die Unterspannung 46 Windungen Kupferdraht von 0,8 mm Dmr. für die Oberspannung 1140 Windungen Kupfer von 0,3 mm Dmr. mit Abzweigungen nach jeder Lage (etwa 3 Wdg.) zu einem kleinen Stufenschalter. Als austauschbare Meßwiderstände W dienten verschieden starke freitragende und mäanderförmig gebogene Widerstandsdrähte mit vernachlässigbarem Temperaturkoeffizienten, die nur während der Eichung thermisch etwas länger beansprucht sind, also ziemlich schwach bemessen werden können.

Bei Verwendung logarithmischer Koordinaten (Rechenschieberteilung) für Eichstrom und Abzweigwindungszahl der Oberspannungswicklung ergaben sich als Eichkurven Linienscharen, die bei nicht zu kleinen Stromstärken und nicht zu weit getriebener Induktion im Wandlereisen gerade und unter sich parallele Linien darstellen, wie sich aus Abb. 8 ergibt. Eine weitere Teilung enthält die im gleichen Maßstab aufgetragenen Werte für die auswechselbaren Meßwiderstände W. Unter Berücksichtigung der angedeuteten Einschränkungen erhält man durch passende Auswahl des Ohmwerts der austauschbaren Meßwiderstände für jede Glimmlampe entsprechend ihrer Zündspannung eine gerade Linie als Eichkurve, während die Stromwerte eine feste Teilung darstellen, die für jeden Meßwiderstand mit einem zugehörigen konstanten Faktor vervielfacht werden muß.

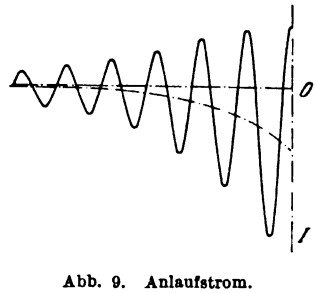


Abb. 9. Anlaufstrom.

Schaltstöße bzw. Anlaufströme von Motoren usw. erhalten sehr oft durch das Auftreten einer Gleichstromüberlagerung — rush-Strom — eine stark einseitige Verlagerung, wie dies in Abb. 9 angedeutet ist. Da die Zwischenschaltung eines Spannungswandlers nach Abb. 4, 5 und 6 bei der Messung der Stromhöchstwerte keine formgetreue Abbildung einer solchen unsymmetrisch abklingenden Stromkurve ergibt, ist eine Messung der höchsten Stromspitze nicht möglich. Die gemessenen Werte entsprechen im allgemeinen einer Stromspitze, als ob keine Gleichstromkomponente vorhanden gewesen wäre.

Die direkte Messung solcher stark einseitig verlaufenden Stromstöße ist möglich, wenn z. B. bei Hochspannungsmotoren die Höchststromspitze an dem Meßwiderstand eine solche Spannung erzeugt, daß evtl. unter Zwischenschaltung einer kleinen Zusatzbatterie die Zündspannung der

Digitized by Google

Glimmlampen direkt, also ohne Zuhilfenahme eines Spannungswandlers erreicht wird.

Der in irgendeine Zuleitung geschaltete Meßwiderstand W ist gegenüber dem Verbraucherwiderstand verhältnismäßig klein und bewirkt daher keine merkliche Dämpfung der Stromspitze. Das z. B. bei Versuchen zur Messung des Anlaufstromes von Drehstrommotoren zuweilen verwendete Verfahren, einen Strommesser mit vorgeschobenem Zeiger einzuschalten, ergibt wohl meist zu unsichere Werte.

Gut brauchbar sind die vorstehend beschriebenen Verfahren und zur Bestimmung von kurzdauernden Stromstößen, deren Höhe aus Spannung und Widerstand im ganzen Kreis nur ungenau und umständlich zu errechnen oder mittels Stromzeigers nicht ablesbar ist. Dies ist der Fall bei Versuchen über das Ansprechen von Stromrelais oder Maximalmagneten, die für länger dauernde Belastung mit Überstrom nicht ausreichend bemessen sind, ferner bei der Messung des Einschaltstromes von kalten Glühlampen und ähnlichem.

Induktivitäts- und Kräfteberechnung für eisenlose kreisrunde Spulen mit parallelen Achsen.

Von Ing. J. Hak, Paris.

Übersicht. Es werden einige Formeln und Kurventafeln wiedergegeben, die zur Bestimmung der Gegeninduktivität von Kreisen mit parallelen Achsen und der zwischen ihnen wirkenden Kraft dienen und die zur Berechnung dieser Werte für parallele Spulen verwendet werden können.

Die Aufgabe, Gegeninduktivitäten und Kräfte für kreisrunde Spulen mit rechteckigem Wicklungsquerschnitt und mit gemeinsamen Achsen zu berechnen, wurde in einem in dieser Zeitschrift veröffentlichten Aufsatz behandelt[1]. Da es manchmal interessant ist, Gegeninduktivitäten und besonders Kräfte berechnen zu können für Spulen, die sich nicht in axialer Lage befinden, sondern parallele Achsen besitzen, werden im folgenden einige sich auf diesen Fall beziehende Formeln und Kurventafeln angegeben.

Die noch allgemeinere Aufgabe, die Gegeninduktivität von zwei eine beliebige gegenseitige Lage im Raume einnehmenden Spulen zu bestimmen, könnte prinzipiell in derselben Weise behandelt werden, in der die Gegeninduktivität von koaxialen Spulen gefunden wurde. Nach der Ableitung eines für die Gegeninduktivität von zwei beliebig angeordneten Kreisen geltenden Ausdrucks müßte derselbe über den ganzen von den beiden Spulen erfüllten Raum integriert werden, was die gesuchte Gegeninduktivität der Spulen ergeben würde. Eine gewisse Erleichterung dieser Berechnung könnte die Anwendung der Taylorschen Reihe für zwei Veränderliche ergeben: Nachdem man den Ausdruck für die Gegeninduktivität der beiden durch die Mittelpunkte der Spulen gehenden Kreise gefunden hat, kann mittels der Taylorschen Reihe der Wert der Gegeninduktivität für zwei beliebige andere Kreise beider Spulen abgeleitet werden, wonach eine zweifache Integration ebenfalls durchzuführen ist. Auf diese Weise wurden die für koaxiale Spulen geltenden Formeln von Stefan und Weinstein erhalten; für Spulen in beliebiger gegenseitiger Lage liegt noch keine solche vor. Ihre Gestalt müßte äußerst kompliziert ausfallen, da schon der viel einfachere Fall von zwei Kreisen in beliebiger Lage eine ziemlich verwickelte Berechnung erfordert.

Diese letzte Aufgabe, die Gegeninduktivität von Kreisen in beliebiger Lage zu bestimmen, wurde in eleganter Weise von Snow[2] gelöst, und man kann annehmen, daß diese Aufgabe für alle möglichen Fälle rechnerisch zugänglich geworden ist. Der praktisch einzig vorkommende Fall (von Funkgeräten und Laboratoriumsmessungen abgesehen) ist derjenige, wo die Spulen einander gleich sind und eine Symmetrieebene, d. h. Stirnseiten in einer Ebene besitzen. Aber auch für diesen Fall wurden exakte Formeln für die Gegeninduktivität solcher Spulen nicht abgeleitet; eine von Dwight[3] angegebene darf nur als Näherungsformel betrachtet werden. Dagegen sind Ausdrücke für die Gegeninduktivität von parallelen Kreisen einfacher und zugänglicher, und mit diesen wollen wir bei der Lösung auskommen.

Die rechnerische Bestimmung der Gegeninduktivität oder der Kraft zwischen Spulen mit Hilfe der für die Gegeninduktivität oder die Kraft zwischen Kreisen geltenden Ausdrücke kann in verschiedener Weise geschehen. In erster Annäherung ersetzt die mit dem Produkt der Windungszahlen multiplizierte Gegeninduktivität der durch die Spulenmittelpunkte gehenden Kreise den gesuchten Wert der Gegeninduktivität der Spulen. Zwecks einer etwas genaueren Bestimmung kann jede Spule durch eine Anzahl von Kreisen ersetzt werden, wonach die Summe der Gegeninduktivitäten aller Kreispaare zu bilden ist. Für koaxiale Spulen hatte Rayleigh eine bequeme Formel angegeben, in welcher nur die Gegeninduktivitäten der durch die Spulen- und Spulenseiten-Mittelpunkte gehenden Kreise vorkommen. Es kann leicht bewiesen werden, daß ein der Rayleighschen Formel ähnlicher Ausdruck auch für zwei sich in beliebiger Lage befindende Spulen gültig ist, da nämlich die Formel von Rayleigh nichts anderes als eine für jede holomorphe Funktion geltende, sich auf die dritte Potenz beschränkende Erweiterung nach dem Taylorschen Satze ist. Wollen wir uns auf den Fall von zwei gleichen und mit den Stirnseiten in einer Ebene liegenden Spulen beschränken (Abb. 1), so kann nach dem eben Gesagten für die gesuchte Gegeninduktivität M beider Spulen

$$M = \frac{1}{3} n^2 (M_{12'} + M_{1'3} + 2 M_{11'} - M_{11}) \quad \ldots \quad (1)$$

geschrieben werden, wo n die Windungszahl und $M_{12'}$, $M_{1'3}$ usw. die Gegeninduktivitäten der durch die Punkte *1* und *2'*, *1* und *3'* usw. gehenden Kreise bedeuten. Es ist also nur notwendig, die Gegeninduktivität von gleichen und ungleichen in einer Ebene liegenden (komplanaren) Kreisen sowie diejenige von gleichen, parallelen, aber axial verschobenen Kreisen berechnen zu können, um den vorliegenden Fall nach Gl. (1) lösbar zu machen. Dadurch ist die Aufgabe sehr vereinfacht, da man die für parallele, verschobene, aber ungleiche Kreise geltenden Ausdrücke, die keine einfache graphische Darstellung zulassen, nicht zu verwenden braucht.

Mehrere für parallele, gleiche und ungleiche Kreise geltende Formeln wurden von Butterworth[4] und Grover[5] angegeben. Ihre Ableitung, die wir an dieser Stelle nicht wiederholen wollen, geschieht in einfacher Weise dadurch, daß die Glieder einer passenden, für koaxiale Kreise geltenden Formel der Reihe nach mit den harmonischen Kugelfunktionen der jedem Glied entsprechenden Ordnung multipliziert werden, was dadurch berechtigt ist, daß es sich um eine dem Potentialgesetz gehorchende Funktion handelt. Bezeichnet man mit D und d die Durchmesser der beiden Kreise (Abb. 2), mit x den Abstand ihrer Ebenen, mit y den Achsenabstand (in cm) und führt man zur Vereinfachung

$$\delta = \frac{d}{D}, \quad \xi = \frac{x}{D}, \quad \eta = \frac{y}{D}$$

ein, so läßt sich ihre Gegeninduktion M (in cm) durch die Beziehung

$$M = D\varphi, \quad \ldots \quad (2)$$

$$\varphi = \frac{\pi^2}{8} \delta^2 \nu^3 \Big[P_2 - \frac{3}{2} P_4 (1 + \delta^2) \frac{\nu^2}{4\eta^2} + \frac{3.5}{2.4} P_6 (1 + 3\delta^2 + \delta^4) \frac{\nu^4}{16\eta^4} - \frac{3.5.7}{2.4.6} P_8 (1 + 6\delta^2 + 6\delta^4 + \delta^6) \frac{\nu^6}{64\eta^6} + \frac{3.5.7.9}{2.4.6.8} P_{10} (1 + 10\delta^2 + 20\delta^4 + 10\delta^6 + \delta^8) \frac{\nu^8}{256\eta^8} - + \ldots \Big] \quad (3)$$

ausdrücken, wo $\nu = \eta/\sqrt{\eta^2 + \xi^2}$ ist und P_n die harmonischen Kugelfunktionen der n-ten Ordnung des Arguments $\mu = \cos\Theta = \xi/\sqrt{\eta^2 + \xi^2}$ sind[6]. Nach Durchrechnung

---

[1] J. Hak, ETZ 1929, S. 193.
[2] Snow, Bur. of Stand. J. of Res. Bd. 1, S. 537 (1928).
[3] Dwight, El. World Bd. 69, S. 1148 (1917). Rev. Gén. de l'El. Bd. 2, S. 614 (1917).
[4] Butterworth, Phil. Mag. Bd. 31, S. 276 (1916).
[5] Grover, Bull. Bur. of Stand. Bd. 14, S. 537 (1919).
[6] $P_2 = \frac{1}{2}(3\mu^2 - 1)$; $P_4 = \frac{1}{8}(35\mu^4 - 30\mu^2 + 3)$;

$$P_n = \sum_p (-1)^p \frac{(2n-2p)!}{2^n p!(n-p)!(n-2p)!} \mu^{n-2p}$$

Digitized by Google

der numerischen Werte der einzelnen Koeffizienten erhält man

$$\varphi = \frac{\delta^2}{\eta^3}\nu^3\Big[1{,}2337\,P_2 - 0{,}4626\,P_4(1+\delta^2)\frac{\nu^2}{\eta^2} + 0{,}1446\,P_6(1+3\,\delta^2+\delta^4)\frac{\nu^4}{\eta^4} - 0{,}04217\,P_8(1+6\,\delta^2+\ldots)\frac{\nu^6}{\eta^6} + 0{,}01186\,P_{10}(1+10\,\delta^2+\ldots)\frac{\nu^8}{\eta^8} - + \ldots\Big] \quad (4)$$

Dieser für jedes $\eta > \frac{\nu}{2}(1+\delta)$ konvergierende Ausdruck gibt für $\eta > 1{,}3$ eine genügend rasche Konvergenz der Glieder der Reihe. Wie ersichtlich ist φ eine nur von den

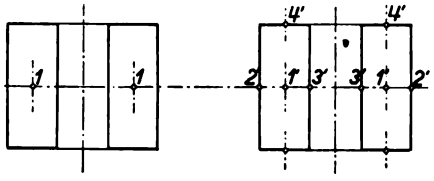


Abb. 1. Berechnung der Gegeninduktivität von parallelen, gleichen und in gleicher Höhe liegenden Spulen [Gl. (1)].

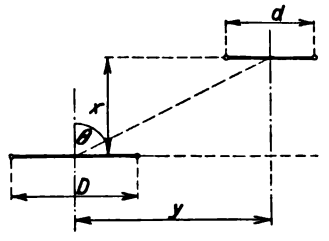


Abb. 2. Berechnung der Gegeninduktivität und der Kraft für zwei parallele Kreise. Bezeichnungen.

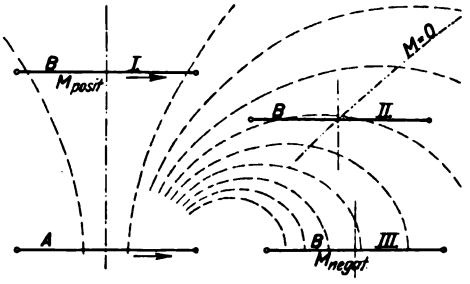


Abb. 4. Vorzeichenwechsel der Gegeninduktivität M (und der Kraft P) beim Übergang aus der axialen Lage I in die komplanare Lage III.

Verhältniszahlen δ, ξ und η abhängige Funktion, die die Einheitsinduktivität für $D = 1$ cm angibt.

Für zwei gleiche Kreise wird $\delta = 1$ und Gl. (4) vereinfacht sich zu

$$\varphi = \frac{\nu^3}{\eta^3}\Big[1{,}2337\,P_2 - 0{,}9253\,P_4\frac{\nu^2}{\eta^2} + 0{,}7228\,P_6\frac{\nu^4}{\eta^4} - 0{,}5903\,P_8\frac{\nu^6}{\eta^6} + 0{,}4981\,P_{10}\frac{\nu^8}{\eta^8} - + \ldots\Big] \quad (5)$$

Eine weitere Vereinfachung wird durch die Annahme bestimmter Werte von μ erhalten, da dann ν und P_n zahlenmäßig ausgedrückt werden können. Es bleibt nur die Veränderliche η in Gl. (5) bestehen, so daß

$$\varphi = -\Big(A + B\frac{1}{\eta^2} + C\frac{1}{\eta^4} + D\frac{1}{\eta^6} + E\frac{1}{\eta^8} + \ldots\Big)\frac{1}{\eta} \quad (6)$$

geschrieben werden kann. Die mit $A \ldots E$ bezeichneten numerischen Koeffizienten sind

für $\mu = 0$	$A = 0{,}6169$	$B = 0{,}3470$	$C = 0{,}2259$	$D = 0{,}1614$	$E = 0{,}1226$
0,1	0,5894	0,3049	0,1736	0,1017	0,0481
0,2	0,5106	0,1938	0,0505	— 0,0019	— 0,0514
0,3	0,3909	0,0533	— 0,0671	— 0,0923	— 0,0726
0,4	0,2470	— 0,0676	— 0,1149	— 0,0719	— 0,0185
0,5	0,1002	— 0,1303	— 0,0854	— 0,0119	0,0193
0,6	— 0,0253	— 0,1237	— 0,0261	0,0169	0,0104
0,7	— 0,1056	— 0,0708	0,0086	0,0017	0,0037

Werte von φ, die sich nach der letzten Formel ergeben, sind in der Kurventafel I oben (Abb. 3) für $\eta = 1{,}3 \ldots 4{,}1$ und für $\xi = 0 \ldots 1{,}5$ dargestellt. Die eingezeichneten, den gewählten ganzzahligen Werten von φ entsprechenden Kurven wurden wie folgt ermittelt: Für bestimmte konstante Werte von μ wurde φ für eine genügende Anzahl von η-Werten berechnet, und in einem η-φ-Netz wurden die jedem μ-Werte entsprechenden Punkte durch Kurven verbunden; mit Hilfe dieser μ-Kurven konnten die den ganzzahligen Werten von φ entsprechenden Wertepaare (μ, η) bestimmt werden; in das η-ξ-Netz der Kurventafel übertragen, lieferten diese Wertepaare die gesuchten, den ganzzahligen Werten von φ entsprechenden Punkte, durch deren Verbindung die eingezeichneten φ-Kurven entstanden. Dieses graphische Interpolationsverfahren besitzt eine verhältnismäßig große Genauigkeit, die durch nachträgliche Berechnung von weiteren Punkten in gewissen schwierigen Gebieten bequem gesteigert werden kann.

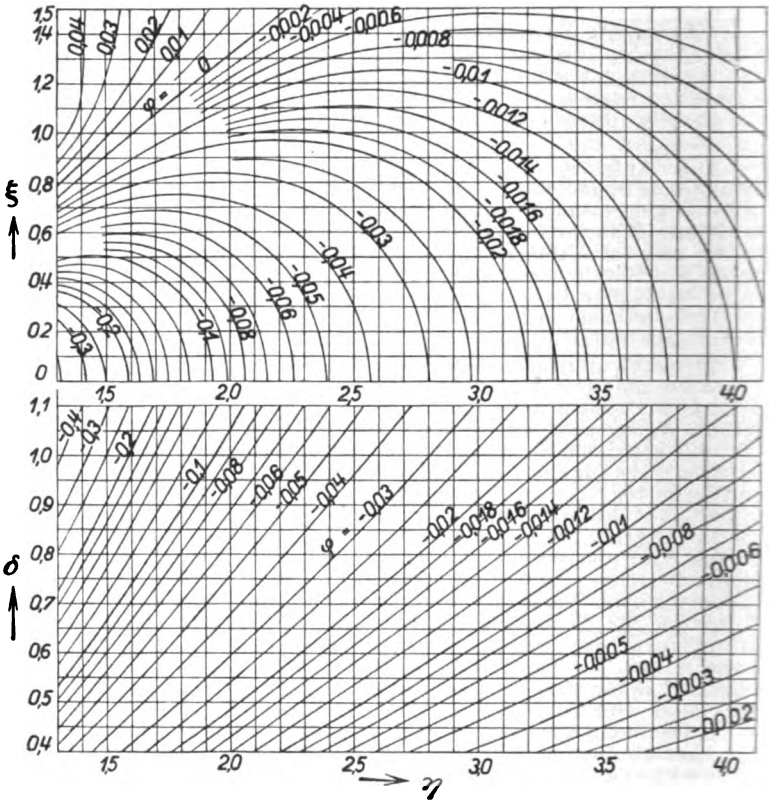


Abb. 3. Kurventafel I. Gegeninduktivität von parallelen Kreisen, $M = D\varphi$ [cm]. Einheitsinduktivität $\frac{1}{D}\varphi$ für $\delta = 1$, $\xi = 0 \ldots 1{,}5$, $\eta = 1{,}3 \ldots 4{,}1$ (oben) und für $\xi = 0$, $\delta = 0{,}4 \ldots 1{,}1$, $\eta = 1{,}3 \ldots 4{,}1$ (unten).

Für komplanare ungleiche Kreise ($\mu = 0$, $\delta \gtrless 1$) ergibt Gl. (4) nach Einsetzen der Werte von $P_n(0)$

$$\varphi = -\frac{\delta^2}{\eta^3}\Big[0{,}61685 + 0{,}1735(1+\delta^2)\frac{\delta^2}{\eta^2} + 0{,}04518(1+3\,\delta^2+\delta^4)\frac{\delta^4}{\eta^4} + 0{,}01153(1+6\,\delta^2+\ldots)\frac{\delta^6}{\eta^6} + 0{,}00292(1+10\,\delta^2+\ldots)\frac{\delta^8}{\eta^8} + \ldots\Big] \quad (7)$$

Für gewählte konstante Werte von δ kann dieser Ausdruck in der Form der Gl. (6) geschrieben werden, wobei die Koeffizienten $A \ldots E$ die folgenden Werte annehmen:

für $\delta = 1$	$A = 0{,}6169$	$B = 0{,}3470$	$C = 0{,}2259$	$D = 0{,}1614$	$E = 0{,}1226$
0,9	0,4996	0,2543	0,1495	0,0965	0,0661
0,8	0,3948	0,1821	0,0953	0,0558	0,0343
0,7	0,3023	0,1267	0,0600	0,0311	0,0171
0,6	0,2221	0,0849	0,0358	0,0165	0,0081
0,5	0,1542	0,0542	0,0205	0,0083	0,0035
0,4	0,0987	0,0322	0,0109	0,0039	0,0015

Die nach Gl. (6) unter Benutzung dieser Zahlenwerte berechneten Werte von φ sind in der Kurventafel I unten (Abb. 3) für $\eta = 1{,}3 \ldots 4{,}1$ und für $\delta = 0{,}4 \ldots 1{,}1$ dargestellt. Die eingezeichneten φ-Kurven wurden durch dasselbe Verfahren ermittelt wie für veränderliches μ angegeben. Was das negative Vorzeichen von φ anbelangt, ist folgendes zu erwähnen. Nimmt man für gleichgerichtete Ströme in der koaxialen Lage I (Abb. 4) der beiden Kreise A und B ihre

Digitized by Google

Gegeninduktivität M als positiv an, so ist bei derselben Stromrichtung die Gegeninduktivität derselben Kreise in der komplanaren Lage *III* als negativ zu bezeichnen, was sich unmittelbar durch die Kraftlinienrichtung ergibt. Bei der Bewegung des Kreises B von *I* nach *III* geht die Gegeninduktivität durch den Nullwert. Der geometrische Ort der Mittelpunkte des Kreises B, in welchem sie Null wird, ist durch die Kurve $\varphi = 0$ der Tafel I gegeben. In jeder Nullage treten ebensoviel Kraftlinien in die Fläche des Kreises B ein als aus dieser Fläche austreten (Lage *II*). Die beiden Kurventafeln der Abb. 3 ermöglichen eine Bestimmung aller in der Gl. (1) vorkommenden Gegeninduktivitäten von Kreisen, wodurch auch der erste Teil der Aufgabe, die Gegeninduktivität von zwei gleichen komplanaren Spulen zu berechnen, gelöst ist.

Der zweite Teil der Aufgabe, die Kräfte, die zwischen zwei solchen Spulen wirken, zu bestimmen, kann in der bekannten Weise durch eine Differentiation des Ausdruckes (1) gelöst werden. Da, wenn beide Spulen als ein starres System betrachtet werden, nur eine in der Richtung y wirkende Kraft vorkommen kann, ist M nach y zu differentiieren. Ohne Rücksicht auf das Vorzeichen hat man deshalb beim Strome 1 A in jeder Spule für die in der Richtung y wirkende Kraft

$$P = 1{,}02 \cdot 10^{-8} \frac{\partial M}{\partial y} \quad [\mathrm{kg}], \quad \ldots\ldots \quad (8)$$

wobei nach Gl. (1)

$$\frac{\partial M}{\partial y} = \frac{n^2}{3}\left(\frac{\partial M_{12'}}{\partial y} + \frac{\partial M_{13'}}{\partial y} + 2\frac{\partial M_{14'}}{\partial y} - \frac{\partial M_{11'}}{\partial y}\right) \quad (9)$$

ist. Mit Rücksicht darauf, daß für jedes Kreispaar

$$\frac{\partial M}{\partial y} = D\frac{\partial \varphi}{\partial y} = D\frac{\partial \varphi}{\partial \eta}\frac{\partial \eta}{\partial y} = \frac{\partial \varphi}{\partial \eta} = \psi \quad \ldots \quad (10)$$

geschrieben werden kann, wo ψ zur Abkürzung eingeführt wurde, ist

$$P = 1{,}02 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{n^2}{3}(\psi_{12'} + \psi_{13'} + \psi_{14'} - \psi_{11'}) \cdot \quad \ldots \quad (11)$$

Um einen Ausdruck für ψ zu bekommen, muß Gl. (3) oder (4) nach η differentiiert werden, wobei nicht zu vergessen ist, daß auch P_n und ν Funktionen von η sind. Diese Differentiation liefert

$$\psi = \frac{\partial \varphi}{\partial \eta} = \frac{\pi^2}{8}\delta^2 \times \left[\left(3P_2 - \frac{3.5}{2.4}P_4(1+\delta^2)\frac{\nu^2}{\eta^2} + \ldots\right)\frac{\nu^2}{\eta^2}\frac{\partial}{\partial \eta}\left(\frac{\nu}{\eta}\right) + \left(\frac{\partial P_2}{\partial \mu} - \frac{3}{2}\frac{\partial P_4}{\partial \mu}(1+\delta^2)\frac{\nu^2}{4\eta^2} + \ldots\right)\frac{\nu^3}{\eta^3}\frac{\partial \mu}{\partial \eta}\right]. \quad (12)$$

Nach Einsetzen von $\frac{\partial}{\partial \eta}\left(\frac{\nu}{\eta}\right) = -\nu^3\frac{1}{\eta^2}$ und $\frac{\partial \mu}{\partial \eta} = -\mu\nu^2\frac{1}{\eta}$ hat man nach einiger Umstellung

$$\psi = \frac{\pi^2}{8}\delta^2\frac{\nu^5}{\eta^4}\left[Q_2 - \frac{3}{2}Q_4(1+\delta^2)\frac{\nu^2}{4\eta^2} + \frac{3.5}{2.4}Q_6(1+3\delta^2+\delta^4)\frac{\nu^4}{16\eta^4} - \ldots\right], \quad (13)$$

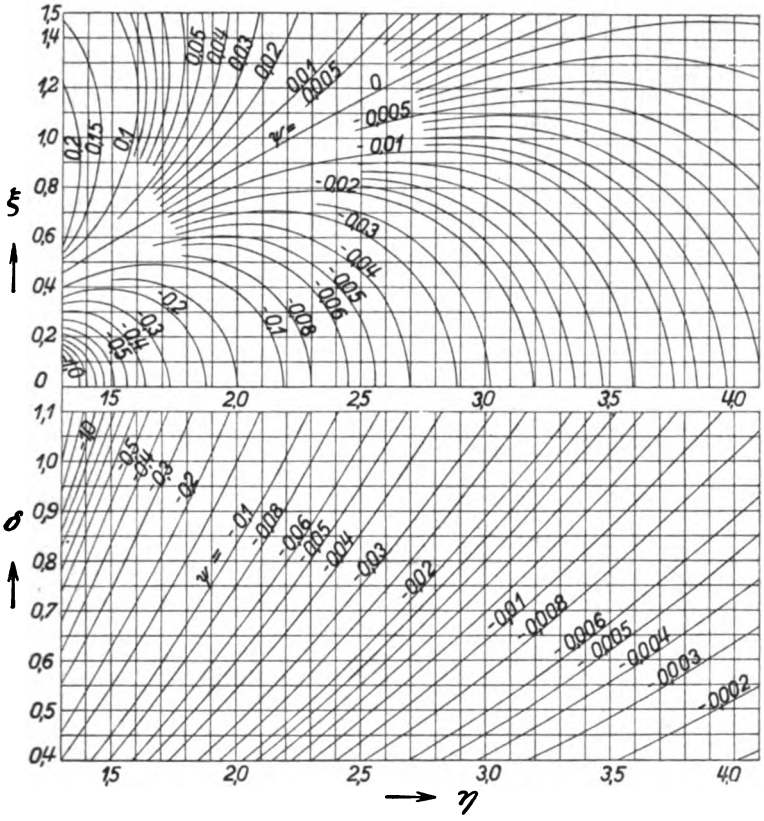


Abb. 5. Kurventafel II. Kräfte in der y-Richtung zwischen parallelen Kreisen, $P = 1{,}02 \cdot 10^{-8}\psi$ [kg]. Werte von ψ für $\delta = 1$, $\xi = 0 \ldots 1{,}5$, $\eta = 1{,}3 \ldots 4{,}1$ (oben) und für $\xi = 0$, $\delta = 0{,}4 \ldots 1{,}1$, $\eta = 1{,}3 \ldots 4{,}1$ (unten).

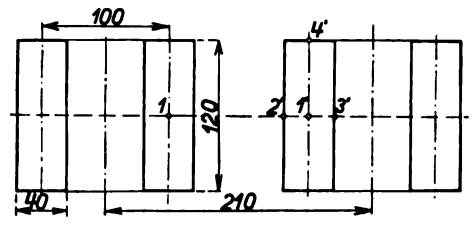


Abb. 6. Beispiel.

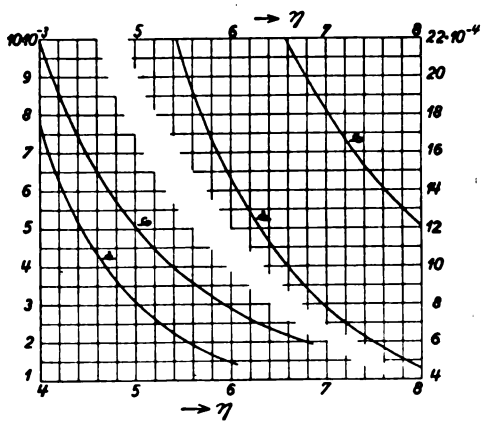


Abb. 7. Berechnung von M und P für entferntere Spulen. $M = n^2 D\varphi$, $P = 1{,}02 \cdot 10\, n^2\psi$. Werte von φ und ψ für $\xi = 0$, $\delta = 1$, $\eta = 4 \ldots 8$.

wo $Q_n = (n+1)P_n + \frac{\partial P_n}{\partial \mu}\mu$. Für zwei gleiche Kreise ist $\delta = 1$; nimmt man bestimmte konstante Werte von μ an, so können Q_n und ν zahlenmäßig in die Gl. (13) eingeführt werden, so daß diese in der Form

$$\psi = -\left(A + B\frac{1}{\eta^2} + C\frac{1}{\eta^4} + D\frac{1}{\eta^6} + E\frac{1}{\eta^8} + \ldots\right)\frac{1}{\eta^4} \quad (14)$$

geschrieben werden kann. Es ist

für $\mu = 0$	$A = 1{,}8505$	$B = 1{,}7349$	$C = 1{,}5813$	$D = 1{,}4528$	$E = 1{,}3484$
0,1	1,7144	1,4441	1,1166	0,8083	0,5207
0,2	1,3368	0,7123	0,0960	— 0,2413	— 0,7181
0,3	0,8041	— 0,1123	— 0,7145	— 0,8973	— 0,7365
0,4	0,2394	— 0,6612	— 0,8309	— 0,4503	0,0029
0,5	— 0,2257	— 0,7491	— 0,3912	0,0878	0,2480
0,6	— 0,4851	— 0,4797	0,0228	0,1704	0,0477
0,7	— 0,4984	— 0,1344	0,1104	0,0298	— 0,0234

Werte, die mit Hilfe dieser Koeffizienten berechnet wurden, sind in der Kurventafel II oben (Abb. 5) für $\eta = 1{,}3$ bis 4,1 und für $\xi = 0 \ldots 1{,}5$ dargestellt.

Führt man in Gl. (13) $\mu = 0$ ein, so bekommt man für komplanare Kreise und für verschiedene konstante Werte von δ die nachstehenden Koeffizienten der Gl. (14):

für $\delta = 1$	$A = 1{,}8505$	$B = 1{,}7349$	$C = 1{,}5813$	$D = 1{,}4528$	$E = 1{,}3484$
0,9	1,4989	1,2717	1,0467	0,8691	0,7273
0,8	1,1843	0,9105	0,6669	0,5021	0,3777
0,7	0,9068	0,6333	0,4203	0,2796	0,1877
0,6	0,6662	0,4247	0,2509	0,1489	0,0887
0,5	0,4626	0,2711	0,1433	0,0750	0,0394
0,4	0,2961	0,1610	0,0762	0,0352	0,0162

Digitized by Google

Die nach diesen Koeffizienten berechneten Werte von ψ sind in der Kurventafel II unten (Abb. 5) durch die entsprechenden Kurven dargestellt. Auch der Wert von ψ erfährt bei der Bewegung des Kreises *B* (Abb. 4) von der axialen Lage *I* in die komplanare Lage *III* einen Zeichenwechsel. Nimmt man die in der axialen Lage *I* bei gleichgerichteten Strömen wirkende Kraft als positiv an, so ist die in der komplanaren Lage wirkende Kraft als negativ zu bezeichnen, wonach auch die Bezeichnung der ψ-Werte gewählt wurde.

Beispiel. Durch die Kurventafel II ist auch Gl. (11) lösbar gemacht und demnach die Bestimmung der zwischen den Spulen wirkenden Kraft möglich. Liegen z. B. zwei komplanare Spulen mit den Windungszahlen $n = 120$ vor, deren Abmessungen und Abstand in Abb. 6 eingetragen sind, so hat man zur Bestimmung der Gegeninduktivität *M* und der Kraft *P* die folgende Rechnung durchzuführen:

Kreispaar *12'* $\delta = \frac{100}{140} = 0{,}715$ $\eta = \frac{210}{140} = 1{,}5$ $\varphi = 0{,}12$ $\psi = 0{,}27$

Kreispaar *13'* $\delta = \frac{60}{100} = 0{,}6$ $\eta = \frac{210}{100} = 2{,}1$ $\varphi = 0{,}026$ $\psi = 0{,}04$

Kreispaar *14'* $\delta = 1$ $\xi = \frac{60}{100} = 0{,}6$ $\eta = 2{,}1$ $\varphi = 0{,}048$ $\psi = 0{,}048$

Kreispaar *11'* $\delta = 1$ $\eta = 2{,}1$ $\varphi = 0{,}076$ $\psi = 0{,}12$.

(Da kein Zeichenwechsel vorliegt, wurden die Vorzeichen nicht berücksichtigt.) Nach Gl. (2) ist $M_{12'} = 140 \cdot 0{,}12 = 16{,}8$; $M_{13'} = 100 \cdot 0{,}026 = 2{,}6$; $M_{14'} = 4{,}8$; $M_{11'} = 7{,}6$, so daß nach Gl. (1)

$$M = \frac{1}{3} 120^2 (16{,}8 + 2{,}6 + 2 \cdot 4{,}8 - 7{,}6)$$

$$= \frac{1}{3} 120^2 \cdot 21{,}4 = 102\,720 \text{ cm}$$

und nach Gl. (11)

$$P = \frac{1}{3} 120^2 \cdot 1{,}02 \cdot 10^{-8} (0{,}27 + 0{,}04 + 2 \cdot 0{,}048 - 0{,}12)$$

$$= 14 \cdot 10^{-6} \text{ kg}$$

wird.

Ob in einem gegebenen Falle die Gegeninduktivität *M* einen Einfluß auf das von den zwei oder drei Spulen gebildete Zwei- oder Dreiphasensystem ausübt, hängt von ihrem Verhältnis zu der Eigeninduktivität *L* der betreffenden Spulen ab. Für das gewählte Beispiel hat man[7] $L = 6{,}25$ mH, so daß die Gegeninduktivität *M* nur 1,6 % davon beträgt und deshalb vernachlässigt werden kann. Ist der Normalstrom der Spulen z. B. 500 A und ist ein 30facher Maximal-Kurzschlußstrom zu befürchten, so hat man (beim Zweiphasenkurzschluß)

$$P_{max} = 14 \cdot 10^{-6} \cdot 500^2 \cdot 30^2 \cdot 2 = 6300 \text{ kg}$$

und gegen diese Kraft müßten die Spulen gegenseitig verankert werden.

Der Unterschied zwischen dem für die Mittelkreise *1* und *1'* gefundenen und dem nach der Gl. (1) bzw. (11) berechneten Werte von *M* bzw. *P* beträgt im obigen Beispiel nur 7 bzw. 20 %. Der Fehler, den man begeht, wenn man den genaueren Wert von *M* oder *P* durch den sich für *11'* ergebenden, mit n^2 multiplizierten Wert von $D\varphi$ oder ψ ersetzt, ist für entferntere Spulen noch kleiner, und es hätte keinen Zweck, die Kurventafeln I und II für größere η als 4 zu ermitteln. Dagegen sind in der Abb. 7 Werte von φ und ψ für gleiche komplanare Kreise ($\delta = 1$, $\mu = \xi = 0$) bis zu $\eta = 8$ angegeben, wodurch die Berechnung von *M* und *P* auch für entferntere Spulen ermöglicht ist. Mit Vergrößerung der Entfernung beider Spulen sinken die Gegeninduktivität und die Kraft angenähert nach den beiden Kurven der Abb. 7. Werden die beiden Spulen des obigen Beispiels in eine Entfernung $y = 630$ gebracht, so ist $\eta = 630/100 = 6{,}3$, und der Abb. 7 entnimmt man

$$\varphi = 2{,}5 \cdot 10^{-3}, \qquad \psi = 12 \cdot 10^{-4},$$

so daß $M = n^2 D\varphi = 120^2 \cdot 100 \cdot 2{,}5 \cdot 10^{-3} = 3600$ cm und $P = 1{,}02 \cdot 10^{-8} \cdot n^2 \psi = 1{,}02 \cdot 10^{-8} \cdot 120^2 \cdot 12 \cdot 10^{-4} = 17{,}6 \cdot 10^{-6}$ kg ist. Beide Werte sind also durch eine Verdreifachung der Spulenentfernung auf etwa $^1/_{30}$ bzw. $^1/_{80}$ gesunken. — Soll das für die Abb. 4 gewählte Vorzeichen eingehalten werden, so sind die Werte von φ und ψ aus der Abb. 7 negativ zu nehmen.

[7] ETZ 1929, S. 194, Kurventafel I.

Die Untergrundbahn Gesundbrunnen—Neukölln in Berlin (GN-Bahn)*.

Die Nordstrecke der GN-Bahn von der Neanderstraße bis Gesundbrunnen wurde am 18. IV. d. J. in Betrieb genommen, womit das Berliner Untergrundbahnnetz eine zweite Nordsüdlinie zwischen Nordring und Südring der Reichsbahn erhalten hat (Abb. 1). Das Hauptergebnis hierbei ist die Einbeziehung des wichtigen Verkehrszentrums am Moritzplatz in das Einflußgebiet der Bahn, die sich auch sonst als eine Verbindungsbahn bedeutender Verkehrsbrennpunkte Berlins wie Alexanderplatz, Jannowitzbrücke, Kottbuser Tor und Hermannplatz untereinander und mit dem übrigen Berliner Schnellbahnnetz kennzeichnet. Das erforderliche Umsteigen auf andere Verkehrsmittel ist so gut wie möglich zu lösen versucht worden, da sehr erhebliche Höhenunterschiede zwischen den sich kreuzenden Verkehrsmitteln, wie 17 m zwischen Reichsbahn und U-Bahn an der Jannowitzbrücke und 13,95 m zwischen den U-Bahn-Anlagen am Kottbuser Tor, zu überwinden waren. Von Fahrtreppen ist in solchen Fällen weitgehend Gebrauch gemacht worden.

Die Baulänge der GN-Bahn beträgt nunmehr 11,06 km. Zwischen Nordring und Südring der Reichsbahn liegen einschließlich der Endbahnhöfe 15 Bahnhöfe mit einer durchschnittlichen Entfernung von 738 m. Die 8 normalen Bahnhöfe haben Bahnsteigbreiten von durchschnittlich 8 m, die mit Mitteltreppen zum Umsteigen versehenen Bahnhöfe solche von 13 ... 18,75 m. Bei den letzthin erbauten Bahnhöfen sind die Eingänge auf den Bürgersteigen angeordnet und, wo es angängig war, in Häuser verlegt. Auf Plätzen, wie auf dem Rosenthaler Platz, Moritzplatz, dem Platz am Kottbuser Tor, sind die Eingänge entsprechend den einmündenden Straßen vervielfacht. Die Länge der Bahnsteige ist 120 ... 130 m, so daß sie für Züge von 6 Wagen zu je 18,4 m über die Puffer gemessen, die eine Gesamtlänge von 110 m haben, ausreichen.

Der normale Tunnelquerschnitt der GN-Bahn ist aus Abb. 2 ersichtlich. Die Tunnelsohle ist geradlinig. Das Schotterbett ist bis Schwellenoberkante 50 cm stark. Die getränkten kiefernen Schwellen haben die Abmessungen $16 \times 26 \times 250$ cm. Für die Schienen ist der Rippenplattenoberbau im Reichsbahnprofil S 45 a mit einem Metergewicht der Schienen von 45.25 kg bei 18 m Schienenlänge verwendet. Zur Geräuschdämpfung ist zwischen Rippenplatte und Schienenfuß eine elastische Unterlagsplatte gelegt. Das Schienenmaterial ist Verbundstahl der Klöcknerwerke AG. mit einer Festigkeit von 100 ... 120 kg/mm² im Kopf und ungefähr 50 ... 55 kg/mm² im Fuß. Durch diese Zusammensetzung soll eine besonders hohe Verschleißfestigkeit erzielt und die Riffelbildung auf das Geringste herabgedrückt werden. Die Schienen sind ohne Temperaturlücken verlegt; zur Schienenverbindung ist der Melaunsche Fußklammerstoß benutzt, da Versuche mit Schienenschweißung zu Schwierigkeiten bei der Auswechslung abgenutzter Schienen im Tunnel geführt haben. Schienenenden und Laschen haben zwecks Stromrückleitung Spritzverzinkung. In der Geraden wie in den Krümmungen entfallen auf 18 m Schienenlänge 22 Schwellen. Der Stoß ist schwebend. Die Leitschiene in den schärferen Bogen hat Doppel-T-förmigen Querschnitt und ist waagerecht auf Gußstahlstühlen mit Bolzen befestigt, so daß sie beiderseitig benutzt werden kann.

Die Stromschienenanlage besteht aus 18 m langen Schienen im Reichsbahnprofil K 40 f, die je auf drei Isolatorböcken im Abstande von 6 m gelagert sind. Im Tunnel ist sie mit einem Holzschutz mit Patentfederung, der ein schnelles Auf- und Abmontieren gestattet, auf den Bahnhöfen mit einem Preßspanschutz mit glatt lackierter Oberfläche zwecks besseren Aussehens abgedeckt.

Das Signalsystem der GN-Bahn ist so ausgestaltet, daß stündlich 40 Züge in jeder Fahrtrichtung verkehren können. Reine Durchgangsbahnhöfe haben selbsttätige Signalausrüstungen, dagegen Bahnhöfe mit Abstell- und Kehrgleisen halbselbsttätige, die von Stellwerken gesteuert werden. Der Signalstrom wird als Wechselstrom von 475 V von den Umformerwerken Alexanderplatz und

* Vgl. ETZ 1928, S. 531.

Digitized by Google

Pankstraße bezogen. Die zur Betätigung des Systems erforderlichen Isolierstöße im Gleis ruhen auf besonderen Stoßschwellen mit schmiedeeisernen Platten, auf denen die Schienenfüße aufruhen, und mit Holzzwischenlagen zwischen Schienensteg und Verbindungslasche. Als Stellstrom für die Antriebsmotoren der Weichen und Fahrsperren

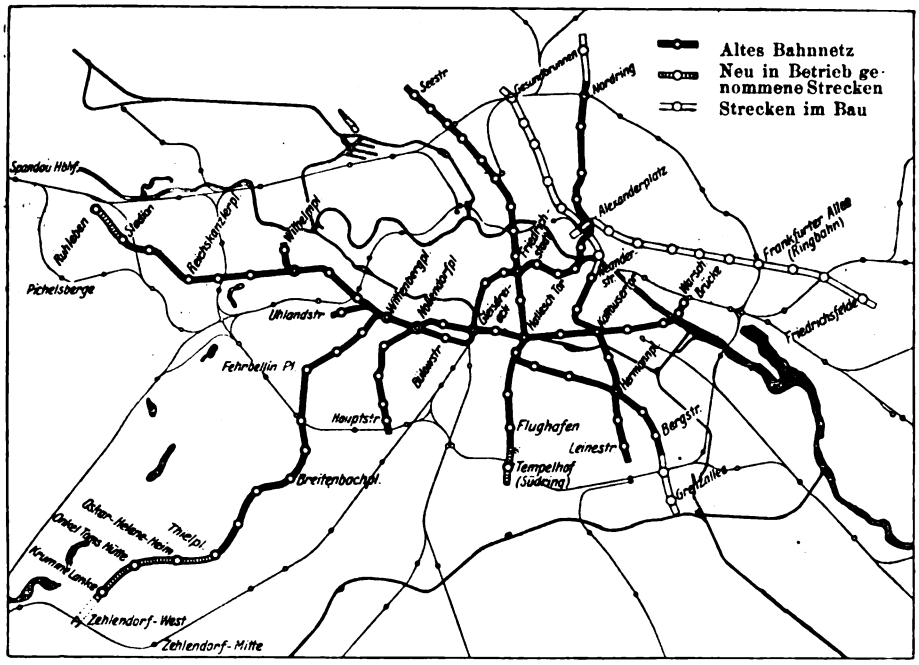


Abb. 1. Übersichtsplan der Berliner Hoch- und Untergrundbahnen Ende 1929.

dient Gleichstrom, der besonderen Akkumulatorbatterien auf den betreffenden Bahnhöfen entnommen wird. Die Ladung dieser Batterien erfolgt durch Quecksilberdampf-Glasgleichrichter mit selbsttätiger Zündung.

Die Beleuchtung der Bahnhöfe geschieht durchweg durch Glühlampen in mattierten, an der Tunneldecke befestigten Glasglocken. Die Lichtverteilung ist sehr gleichmäßig und nahezu ohne Schattenwirkung. Die Beleuchtung der Zwischentreppen erfolgt teilweise durch verdeckt liegende Lampen, so daß jegliche Blendung bei Benutzung der Treppe ausgeschlossen ist. Der Stromzuleitung zu den Bahnhöfen dienen zwei voneinander unabhängige 6000 V-Kabel von den Umformerwerken aus. Auf jedem Bahnhof wird die Spannung von 6000 V auf die Gebrauchspannung von 380/220 V herabgesetzt. Außerdem ist ein Reserveanschluß an die BEWAG vorhanden. Die Zugrichtung wird auf Lichttransparenten vom Dienstraum aus angegeben. Der Verkauf

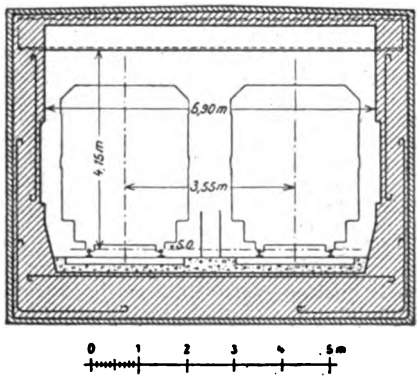


Abb. 2. Normaler Tunnelquerschnitt der GN-Bahn.

der Fahrkarten erfolgt an Fahrkartengebern mit unmittelbarer Entwertung der Fahrkarte. Nur für die Kontrolle der Umsteigkarten von Straßenbahn und Omnibus ist Sonderpersonal vorhanden. Eine Ausgangskontrolle der Fahrgäste findet nicht statt.

Zur Stromversorgung der GN-Bahn sind die Umformerwerke Alexanderplatz und Pankstraße zu dem Umformerwerk Hermannplatz hinzugekommen, die von der Berliner Städtische Elektrizitätswerke AG. (BEWAG) mit Drehstrom von 6 kV, 50 Hz versorgt werden. Die Umformung des Drehstroms auf 780 V Gleichstrom erfolgt durch Quecksilberdampf-Großgleichrichter zu je 1100 kW und 800 kW Leistung. Insgesamt steht für den Betrieb der GN-Bahn eine Leistung von 17 500 kW zur Verfügung, mit der ein Zwei-Minuten-Verkehr mit Zügen von vier 18 m-Wagen unterhalten werden kann. Erweiterungsmöglichkeit, insbesondere im Umformerwerk Alexanderplatz auch für teilweise Strombelieferung der im Bau befindlichen Frankfurter-Allee-Linie, ist vorgesehen. Das Umformerwerk Pankstraße ist bedienungslos und wird vom Umformerwerk Alexanderplatz ferngesteuert. Dieselbe Anordnung wird für das im Bau befindliche Umformerwerk Lichtenberg an der Frankfurter-Allee-Linie getroffen. Für jedes der beiden Umformerwerke, von denen Pankstraße mit einem Großgleichrichter zu 1100 kW und mit zwei zu je 800 kW ausgerüstet ist, sind im Umformerwerk Alexanderplatz zwei S&H-Gebermaschinen aufgestellt, denen ähnliche Empfängermaschinen in den Umformerwerken Pankstraße und Lichtenberg entsprechen. Diese Maschinen haben feststehende Doppelkollektoren mit je 40 Segmenten und umlaufenden Bürsten, durch die Gleichstromimpulse von 55 V über zwei Kabel nach Art der Telephonkabel von der einen zur anderen Maschine, die zusammenarbeiten, gegeben werden. Hierzu ist ein unbedingt synchroner Lauf der zusammenarbeitenden Maschinen erforderlich, der dadurch erreicht wird, daß stets nach einem viertel Kollektorumlauf der Bürsten eine momentane Rast eintritt. Durch ein Anzeigeinstrument in der Warte des Umformerwerks Alexanderplatz wird der synchrone Lauf der Maschinen überwacht. Die Stromimpulse bewirken in Verbindung mit Relais und anderen Hilfseinrichtungen die erforderlichen Schaltungen und ermöglichen die Betriebsüberwachung des Umformerwerks Pankstraße. Die Entfernung der Umformerwerke Pank-

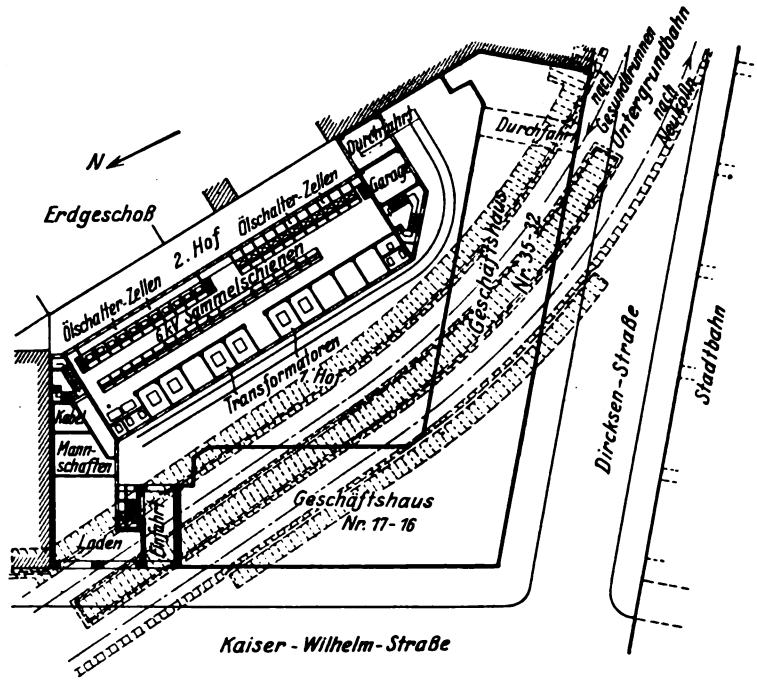


Abb. 3. Umformerwerk Alexanderplatz.

Digitized by Google

straße und Lichtenberg vom Umformerwerk Alexanderplatz ist mit etwa je 4 km derart gewählt, daß durch die Stromschienen mit 5100 mm² Querschnitt die Speisung der Strecke ohne Hinzunahme von Kabeln erfolgen kann.

Im Umformerwerk Alexanderplatz (Abb. 3) stehen 6 Großgleichrichter zu je 1100 kW mit den zugehörigen Transformatoren, die die Drehstromspannung von 6 kV auf die für die Gleichrichter erforderliche Spannung herabsetzen. Die 6 kV-Schiene ist in drei Gruppen unterteilt, so daß im Falle eines Kurzschlusses kein unzulässig hoher Strom auftreten kann. Jede Gruppe wird durch zwei zusammengeschaltete Kabel von je 3×70 mm² Leiterquerschnitt gespeist. Jedes Kabelpaar hängt an einer Gruppenschiene des BEWAG-Umspannwerks, dort durch Reaktanzen geschützt, und zwar über einen Ölschalter mit Selektivschutz. Parallel zu den Gruppenschienen des Umformerwerks liegt eine durchgehende Hilfschiene, die bei einer Störung in der unterteilten Sammelschiene den Weiterbetrieb des Werkes gewährleistet. Der Gleichrichter-Transformator ist an die 6 kV-Gruppenschiene mit einem Ölschaltersatz gelegt, der mit einem Maximalschutz ausgestattet ist. Die Gleichrichter sind über einen Rückstrom-Schnellschalter an die 780 V-Gleichstromschiene angeschlossen, um bei Rückzündung im Gleichrichter einen Stromzufluß von den parallel arbeitenden Gleichrichtern über die Gleichstromschiene zu verhüten. An der Gleichstromschiene hängen die Strecken über Maximal-Schnellschalter, die bei Überlast mit ungefähr 0,008 s Unterbrechungsgeschwindigkeit abschalten. Parallel zu jedem Schalter liegt ein Prüfautomat mit Widerstand, mittels dessen die anhängende Strecke auf Kurzschlußfreiheit geprüft wird. Die Schaltung der gesamten elektrischen Einrichtung des Umformerwerks Alexanderplatz erfolgt von der Warte aus, wo in symbolischen Schaltbildern mit Leuchtsignalen stets der jeweilige Arbeitszustand der Anlage zu ersehen ist. Die Schienen und Verbindungen für 6 kV-Drehstrom sind in grün, die für 800 V Gleichstrom in blau und die für 475 V Drehstrom in gelb gehalten. Letzterer wird für Signalstrom und Nebenbedarf benötigt und mit Sonder-Transformatoren gewonnen, die über Reaktanzen an die 6 kV-Schiene angeschlossen sind. Für die Notbeleuchtung auf Bahnsteigen und im Tunnel wie für den Steuerstrom der Schalter usw. ist eine Akkumulatorenbatterie von 326 Ah, 220 V vorhanden, die parallel mit Glasgleichrichtern von 350 A, 220 V liegt und ständig aufgeladen wird. Die Lampen der Tunnel-Notbeleuchtung schalten sich selbsttätig ein, sobald der Fahrstrom unterbrochen wird.

Die Gleichrichter-Transformtoren haben 6 Phasen, die Gleichrichter 12 Anoden, die zu je zwei parallel geschaltet sind. Die Kühlung der Gleichrichter ist als Umlaufkühlung angeordnet. Das Kühlwasser, das beim Austritt aus dem Gleichrichter etwa 35 ° warm ist, wird durch Röhrenkühler mittels Brunnenwassers aus eigener Tiefbrunnenanlage auf 20 ° rückgekühlt. Ein Grundlastwiderstand schaltet sich bei fast vollständiger Entlastung der Gleichrichter in die Gleichstromleitung ein, damit ein unzulässig hohes Ansteigen der Spannung des Gleichrichters vermieden wird. Die Gleichrichter vertragen eine Überlastung von 100 %. Der Wirkungsgrad beträgt 94 ... 95 % bei Vollast einschließlich des Transformator-Wirkungsgrades. Die Wirkungsgradkurve verläuft zwischen 25 % und 125 % praktisch horizontal. Die Ölschalter zeichnen sich durch eine hohe Abschaltleistung aus und haben als Sicherheitsventil gegen hohen Gasdruck eine Membran sowie zur Verringerung eventueller Explosionschäden Abscherbolzen zwischen Ober- und Unterkessel.

Für den Betrieb der GN-Bahn sind zunächst rd. 75 Triebwagen vorgesehen, die zu 2- und 3-Wagen-Zügen (Abb. 4) zusammengestellt werden. Die Wagen haben eine Länge von 18,4 m über die Puffer und 18 m über die Wagenwände gemessen, sind 2,62 m breit und 3,425 m über SO. hoch. Sie sind stählerner Bauart mit je 2 zweiachsigen Drehgestellen. Der Achsstand der Drehgestelle ist 2200 mm, der Mittenabstand der Drehgestelle 12 m. Jeder Wagen hat 45 gepolsterte Sitz- und 130 Stehplätze. Das Innere des Wagens in hellbraun polierten, getäfelten Holzwänden mit neuzeitlicher geradliniger Architektur, mit Linoleum belegtem Fußboden und weißlackierter Decke im Dachaufbau, der zu guter Lüftung des Wagens trotz der damit verbundenen Verteuerung beibehalten ist, mit großen Spiegelglas-Fensterscheiben ohne Rahmen, die um 250 mm herabgelassen werden können, mit gut verteilter, in drei Reihen angeordneter Beleuchtung mit 24 Glühlampen zu je 40 W in mattierten Glasglocken macht einen vornehm-ruhigen Eindruck und bietet behaglichen Aufenthalt für die Fahrt. In den beiden Längswänden des Wagens sind 3 Doppelschiebetüren von 0,87 m Lichtweite mit Handbetätigung. Eine besondere einflügelige Schiebetür ermöglicht den Zutritt zum Fahrer- und Begleiterraum. Dieser Raum ist durch eine Wand vom Fahrgastraum getrennt, die sich aber nur auf etwa ⅔ der Wagenbreite erstreckt und durch Scharniere in der Mitte hälftig umklappbar ist, so daß der eigentliche Fahrerstand bei Nichtbenutzung abgeschlossen werden kann und Fahrgastraum gewonnen wird. Jeder Wagen hat einen Fahrerstand und 2 Motoren von je 100 kW bzw. 136 PS, die in dem unter dem Fahrerstand liegenden Drehgestell eingebaut sind. Die Motoren haben eine selbsttätig fortschaltende Schützensteuerung, die durch einen Stromwächter überwacht wird. Der Fahrer stellt mittels eines drehbaren Hebels die gewünschte Fahrtrichtung und Dauerstufe ein, drückt den Totmannknopf nieder und schaltet hiermit den Steuerstrom ein. Hierdurch wird in jedem Triebwagen Strom an einen Elektromotor (Schaltmotor) geleitet, der eine Nockenwelle dreht, die mechanisch die

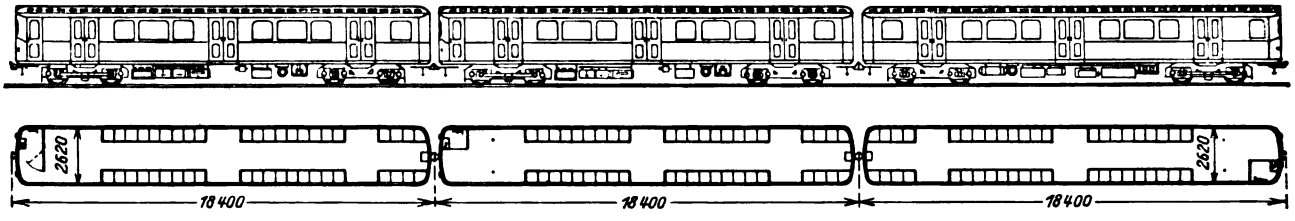


Abb. 4. Dreiwagenzug der GN-Bahn.

Schütze für den Stromlauf der Antriebsmotoren betätigt. Hierbei kontrolliert der Stromwächter den Schaltmotor derart, daß die Fahrmotoren nicht unzulässig belastet werden und eine neue Schaltstufe erst folgen kann, wenn die vorhergehende abgeklungen ist. Die Steuerung ist demnach rein elektrisch und ermöglicht eine kürzeste Schaltzeit von 8 s, die einer Anfahrbeschleunigung von etwa 1 m/s² entspricht; es ist aber nur eine Anfahrbeschleunigung von etwa 0,7 m/s² im Gebrauch.

Die Wagen haben Druckluftbremse, später soll bei einigen viermotorigen Wagen auch die elektrische Kurzschlußbremse Anwendung finden. Die mechanische Kupplung der Wagen erfolgt mit Scharfenberg-Kupplung, die gleichzeitig die Luft- und elektrischen Leitungen selbsttätig verbindet. Der Wagen wiegt leer 32,5 t und besetzt etwa 44 t.

Der Einbau des Tunnels bot bei den vielfach engen Straßen erhebliche Schwierigkeiten. Häuserblocks mußten unterfahren werden. Auf dem Alexanderplatz war der Einbau des tiefen Doppelbahnhofs für die Untergrundbahnen nach Friedrichsfelde und Weißensee mitauszuführen. Infolge der geänderten Linienführung am Bahnhof Jannowitzbrücke mußte die Spree im Zuge der Brücken- und Alexanderstraße erneut unterfahren werden. Der Einbau des Tunnels geschah in zwei Bauabschnitten zwischen Fangedämmen im Tagebau. Die bereits anfangs des Krieges ausgeführte Spreeunterfahrung von der Brücken- nach der Neuen Friedrichstraße wurde im besonderen Verfahren gedichtet und wird die Verbindung mit der Untergrundbahn vom Alexanderplatz nach der Frankfurter-Allee-Linie vermitteln. Die besonders umfangreichen Arbeiten am Bahnhof Gesundbrunnen zur Unterführung der Reichsbahngleise nahmen allein zwei Jahre in Anspruch. Die Baukosten der GN-Bahn werden ohne Hinzurechnung der für Kraftwerke, Betriebsmittel und Grundstücke aufgewendeten Kosten zu rd. 12,5 Mill RM/km angegeben und stellen sich unter Berücksichtigung der gegen Vorkriegszeiten gestiegenen Löhne und Materialpreise wie der Mehrkosten infolge des größeren und tiefer liegenden Tunnelprofils etwas niedriger als bei den älteren Bahnen. Dies wurde trotz der größeren Bauschwierigkeiten auf der GN-Bahn gegenüber den alten Tunnelstrecken erreicht und zeigt, daß die technischen Baumethoden sich vervollkommnet haben.

Digitized by Google

Der anfängliche Jahresverkehr auf der GN-Bahn ist zu 57,8 Mill Fahrten geschätzt worden. Verlängerungen der Bahn im Süden um 3,4 km nach Britz werden den Anschluß an die Mittenwalder Bahn, im Norden um 3,2 km den an die Reinickendorf-Liebenwalder Bahn bringen. Hier liegt auch bereits für eine Verlängerung zunächst um 1,3 km mit den Bahnhöfen Christianiastraße und Prinzenallee die landespolizeiliche Genehmigung vor.

Am 29. VI. d. J. wurde die bisher am Bahnhof Nordring endende Linie nach Pankow (Vinetastraße) um 1,201 km verlängert, so daß das von der Berliner Verkehrs-Aktiengesellschaft betriebene Schnellbahnnetz jetzt eine Länge von 70,811 km hat. Mit dieser Verlängerung sind vornehmlich die Betriebsverhältnisse am Bahnhof Nordring, der im Betriebsjahr 1929 mit rd. 9 Mill zugehenden Fahrgästen an 3. Stelle unter den 76 Bahnhöfen stand, wesentlich verbessert worden. Die neue Strecke ist im Anschluß an den bisherigen Endpunkt der Hochbahn bis zur Kaiser-Friedrich-Straße als Hochbahn mit eisernem Viadukt aus Blechträgern auf fußverankerten Säulen mit Stützweiten von 28,50 m ausgeführt und geht sodann mit einer Rampe 1 : 31 in eine Untergrundbahn über, so daß der Bahnhof Pankow (Vinetastraße) unterirdisch liegt und eine Verlängerung der Linie bei der Kreuzung mit der Reichsbahn am Bahnhof Pankow-Schönhausen keine Schwierigkeit bietet. Der nördlich vom Bahnhof sich anschließende Tunnel ist mit vier Gleisen ausgestattet, auf denen 8 Achtwagenzüge Platz finden. Die vier Gleise sind derart durch Weichen miteinander verbunden, daß aus drei Gleisen sechs Züge zur Ausfahrt in den Bahnhof eingesetzt werden können, ohne daß der aussetzende Zug berührt wird. Hierdurch wird gewährleistet, daß ein 1½ min-Verkehr in den Frühstunden genauest durchgeführt werden kann. Neuartig ist beim Bahnhof die Lage der Zugänge von den beiderseitigen Bürgersteigen und von der Mittelpromenade zu einem Vorraum, der über der Bahnhofsmitte angeordnet ist und von dem Treppen zum Mittelbahnsteig führen.

Przygode.

RUNDSCHAU.

Leitungen.

Bestimmung der zusätzlichen Verluste in den Mänteln und Bewehrungen von Einleiterkabeln. — Verlegt man bei Hochspannung an Stelle eines Drehstromkabels drei Einleiterkabel, so bilden die an den Enden kurzgeschlossenen und geerdeten Bleimäntel und Bewehrungen dieser Kabel Schleifen, in denen der Strom, den der Kupferleiter führt, Spannungen induziert. Die so im Bleimantel und in den Bewehrungen auftretenden Kreisströme ergeben Verluste, die sich durch eine Erhöhung des Wirkwiderstandes des Kabels bemerkbar machen. Für die Messung dieser Verluste entwickelt K. Potthoff nach einem Vorschlag von Prof. Schering eine Brückenschaltung, die in einer Erweiterung der Maxwellschen Brücke besteht. Während in der Maxwellschen Brücke ein Vergleichswiderstand notwendig ist, der den normalen Kabelstrom zu führen vermag, wird in der angegebenen Schaltung ein Widerstand für 5 A an diesen Strom durch einen Stromwandler angepaßt. Es fällt dabei die Wasserkühlung für das Vergleichsnormal weg, die bei dem Normal für hohen Strom notwendig ist. Außerdem braucht der Übergangswiderstand zwischen Kabelschleife und Vergleichsnormal nicht berücksichtigt zu werden. Nach dem Prinzip der Bifilarbrücke nach Giebe werden die Brückeneckpunkte soweit wie möglich zusammengelegt, um eine magnetische Beeinflussung der Stromschleifen untereinander zu vermeiden. Für einen untersuchten Fall werden Meßergebnisse angegeben und mit rechnerisch gefundenen Werten verglichen. (K. Potthoff, Arch. El. Bd. 23, H. 4, S. 441.)

Konzentrische Verbindungsklemme für Freileitungen. — Eine englische Firma, die British Insulated Cables Ltd., Prescot, bringt eine Klemme (Abb. 1) auf den Markt, welche die Verbindung von Stahlaluminiumseilen unter Verwendung mehrerer Konusse herstellt. Die Aluminiumleiter werden zwischen die Konusse *a* und *b* gepreßt, während um den mittelsten Draht des Stahlseils sich ein zweiteiliger Konus *c* legt, der die äußeren Stahldrähte an den Konus *d* drückt. Die Konusse *a* der beiden zu verbindenden Leitungsenden werden durch eine Überwurfmutter *e* zusammengehalten. Das Loch *f* wird nach Einfüllen von Vergußmasse verschlossen. Bei der Montage muß natürlich darauf geachtet werden, daß die äußeren Stahldrähte nicht in die Trennfuge des zweiteiligen Konus *c* geklemmt werden (The Electrician Bd. 103, S. 355). *Ka.*

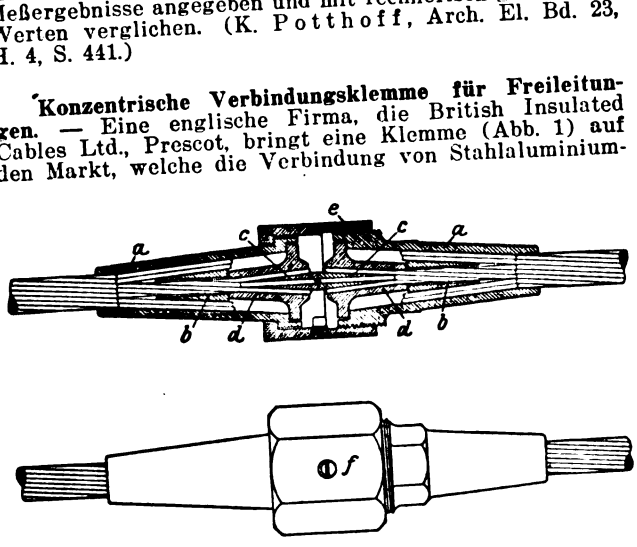


Abb. 1. Konzentrische Klemme für Freileitungen.

Elektromaschinenbau.

Kurvenverzerrung durch hochgesättigte Transformatoren. — Für den Netzbetrieb ist die Frage der Kurvenverzerrung durch hochgesättigte Transformatoren von großer Bedeutung. Während man bei sehr großen Genauigkeitsansprüchen diese Frage nur durch mühsame graphische oder numerische Verfahren beantworten kann, lassen sich viele Teilaufgaben dieses Gebietes auf analytischem Wege in relativ einfacher und sehr übersichtlicher Form qualitativ lösen. Man muß hierzu die Magnetisierungskennlinie durch eine möglichst einfache Funktion anzunähern suchen; hierfür erweist sich der Hyperbelsinus als zweckmäßig. Eine verzerrte Induktionskurve als Abbild einer verzerrten Spannungskurve ergibt dann die zugehörige Magnetisierungskurve in Form einer Fourier-Reihe, deren Koeffizienten bekannte und tabulierte Besselsche Funktionen sind. Da diese Reihen außerordentlich rasch konvergieren, sind sie für Zahlenrechnungen sehr geeignet. Man gewinnt auf dem skizzierten Wege insbesondere einen raschen Überblick über die Oberwellen leerlaufender Transformatoren. Es zeigt sich, daß die gefundenen Werte recht genau mit den Ergebnissen sorgfältiger Versuche übereinstimmen. Am einfachsten gestaltet sich die Rechnung für Transformatoren mit gesondertem magnetischem Rückschluß sämtlicher Schenkelflüsse; doch lassen sich die Spannungsoberwellen auch für magnetisch verkettete Transformatoren hinreichend genau abschätzen. In der unmittelbaren Umgebung des Leerlaufzustandes kann man einen Transformator als Oberwellengenerator mit ganz bestimmter EMK und ebenso bestimmtem innerem Widerstande auffassen; ganz ähnlich läßt sich sein Verhalten in der Nähe des Kurzschlußpunktes durch das Modell eines „Strom“-Erzeugers mit konstantem innerem Leitwert veranschaulichen. Im allgemeinen reichen freilich diese einfachen Bilder nicht aus, sondern man muß auf die vollständigen Oberwellencharakteristiken zurückgreifen, die sich indes mit praktisch ausreichender Genauigkeit analytisch sehr schnell berechnen lassen; sie liefern dann beispielsweise das Verhalten solcher Transformatoren bei kapazitiver Belastung. Aus der Größe der Oberwellen folgen dann gewisse Sekundärerscheinungen, wie etwa die Zusatzverluste im Transformatorkessel oder die Wirkung kurzgeschlossener oder belasteter Dreieckswicklungen in Drehstromtransformatoren, die hiermit auch schnell zahlenmäßig abgeschätzt werden können; die für die Zahlenrechnungen notwendigen Funktionswerte können aus Kurvenbildern oder Zahlentafeln entnommen werden, welche hierfür in einem weiten Bereich berechnet wurden. (F. Ollendorff, Arch. El. Bd. 23, H. 2, S. 162.)

Digitized by Google

Apparate.

Bau eines großen Elektromagneten. — Unseren früheren Berichten[1] über die mit großem Kostenaufwand erfolgte Herstellung großer Magnete können wir die Beschreibung eines ebenfalls sehr leistungsfähigen, aber verhältnismäßig billigen Magneten anschließen, den A. Glaser für das Phys. Inst. der Universität München bauen ließ. Bei dieser Konstruktion (Abb. 2) sind nicht die Polspitzen einzeln beweglich, sondern die Spitzen werden mitsamt den Magnetschenkeln und Spulen auf dem walzenförmigen Joch verschoben. Joch und Schenkel sind aus SM-Eisen geschmiedet. Die Wicklung besteht aus Kupferrohr von 6 mm äußerem Durchmesser bei 0,5 mm Wandstärke; sie wird von Kühlwasser durchflossen; auf jeden Schenkel sind 990 Windungen aufgebracht. Der Magnet liefert bei einem Spitzenabstand von 1 mm ein Feld von 50 000 Gauß Mittelwert; Abb. 3 zeigt einige am fertigen Magneten aufgenommene Kurven. Die Temperatur bleibt auch bei stundenlangem Betrieb gering, störende Verbiegungen durch die gewaltigen Kräfte treten nicht auf. Die Gesamtherstellungskosten betrugen 5000 RM. (A. Glaser, Phys. Z. Bd. 30, S. 472.) *Wi.*

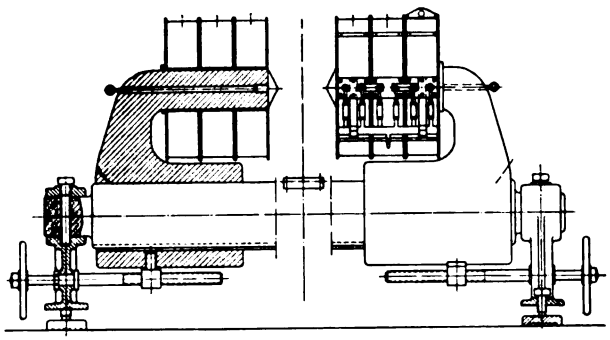


Abb. 2. Großer Magnet der Universität München.

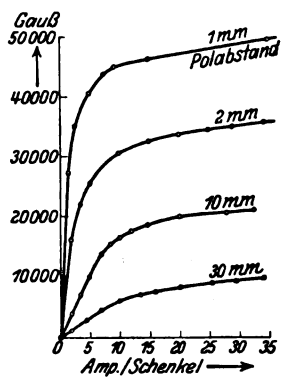


Abb. 3. Gemessene Feldstärken

Meßgeräte und Meßverfahren.

Ein komplexer Wechselstromkompensator für höhere Spannungen. — Die bei den bekannten Ausführungsformen des komplexen Wechselstromkompensators[2] zur Verfügung stehenden, zur Kompensation dienenden Vergleichspannungen betragen etwa $^1/_{100}$ ... $^1/_{10}$ V, höchstenfalls 1 V, so daß Spannungen von der Größenordnung 10^{-2} ... 10^{-1} oder höchstens 1 V direkt kompensiert werden können. Höhere Spannungen müssen unter Zuhilfenahme eines Spannungsteilers untersucht werden, dessen Widerstände so zu wählen sind, daß der im Spannungsteiler fließende Strom infolge seiner Kleinheit die Messung nicht störend beeinflußt. Die Anwendung von Spannungsteilern kompliziert stets den Aufbau und die Handhabung der Meßanordnung; es gibt auch Fälle, in denen sie überhaupt nicht statthaft ist, weil der Energieverbrauch eines Spannungsteilers auf die Strom- und Spannungsverhältnisse im Meßobjekt einen unzulässig großen Einfluß ausüben würde. In solchen Fällen sind die bisher bekanntgewordenen Ausführungsformen des komplexen Kompensators nicht mehr verwendbar.

W. Geyger beschreibt einen für Laboratoriums- und Prüffelduntersuchungen geeigneten komplexen Kompensator für höhere Spannungen, mit dem unter Vermeidung von Spannungsteilern Spannungen von etwa 1 ... 100 V direkt kompensiert werden können. Der Apparat beruht auf einem von W. Geyger in einer früheren Arbeit[3] angegebenen Meßprinzip, welches darin besteht, daß die beiden zur komplexen Kompensation dienenden Teilspannungen dargestellt werden durch zwei um 90° in der Phase gegeneinander verschobene und in bezug auf Größe und Richtung einzeln regelbare elektromotorische Kräfte, welche in den Sekundärspulen zweier in der Kopplung kontinuierlich veränderlicher Transformatoren induziert werden, deren Primärspulen von zwei um 90° gegeneinander phasenverschobenen Strömen durchflossen werden. Um ohne Zuhilfenahme von Stromwendern Spannungsvektoren in allen Quadranten kompensieren zu können, werden dabei als Transformatoren zwei gleichartige Drehspulvariatoren für gegenseitige Induktion verwendet, welche kontinuierlich veränderbare Teilspannungen positiven und negativen Vorzeichens zwischen Null und dem Höchstwert einzustellen und an entsprechend geeichten Skalen unmittelbar abzulesen gestatten.

Zwecks Erzielung der genannten verhältnismäßig hohen Spannungen sind die verwendeten Transformatoren unter Benutzung von Eisen aufgebaut nach Art der bei eisengeschlossenen elektrodynamischen Wechselstrom-Leistungsmessern gebräuchlichen Meßwerke[1]. Der Luftspalt dieser Transformatoren ist so groß gewählt, daß der magnetische Widerstand des Eisens nur etwa 1 ... 2 % des Luftwiderstandes beträgt. Da der Luftspalt in dem für die Messungen in Betracht kommenden Bereiche homogen ist, so ergibt sich für diesen Bereich ein linearer Skalenverlauf. Die geschlossene Form des Eisenkörpers gewährleistet einen sehr guten Schutz gegen Störungen durch magnetische Streufelder. Durch Anwendung von Wicklungen mit entsprechenden Anzapfungen können leicht mehrere, z. B. im Verhältnis 1 : 3 abgestufte Meßbereiche geschaffen werden.

Das benutzte Meßprinzip ermöglicht einen konstruktiv einfachen, auch einer derberen Behandlung angepaßten Aufbau, bei dem mechanisch empfindliche Teile (Meßdrähte, Schleifkontakte usw.) vermieden werden. Es werden zwei Ausführungsformen des Kompensators beschrieben, die folgende Meßbereiche aufweisen:

1. Ausführungsform: 0 ... 0,04 V; 0 ... 0,12 V; 0 ... 0,4 V; 0 ... 1,2 V,
2. Ausführungsform: 0 ... 4 V; 0 ... 12 V; 0 ... 40 V; 0 ... 120 V.

Als Nullinstrument kann ein Vibrationsgalvanometer mit niederohmigem Parallelwiderstand oder mit hochohmigem Vorwiderstand (Silitwiderstand) benutzt werden, durch den die bei den vorliegenden verhältnismäßig hohen Kompensationsspannungen sonst auftretende Überempfindlichkeit der Einstellung vermieden wird. Da es sich bei dem behandelten Kompensator um die direkte Kompensation von Spannungen der Größenordnung 1 ... 100 V handelt, also um Spannungen, die etwa 100 ... 10 000mal so groß sind wie die bei Wechselstrom-Kompensationsmessungen sonst vorkommenden Spannungswerte, so kann man hier — vorausgesetzt, daß die Widerstandsverhältnisse im Kompensationskreis ungefähr die gleichen sind — ein Nullinstrument anwenden, dessen Empfindlichkeit nur etwa $^1/_{100}$ ... $^1/_{1000}$ der Empfindlichkeit eines Vibrationsgalvanometers beträgt. Man kann daher ohne weiteres ein fremderregtes, in Spitzen gelagertes (zweckmäßig eisengeschlossen aufgebautes) Zeiger-Elektrodynamometer benutzen, das eine Stromempfindlichkeit von etwa 10^{-4} ... 10^{-5} A aufweist. Es werden verschiedene Nullinstrumentanordnungen beschrieben, bei denen ein fremderregtes Elektrodynamometer in Verbindung mit einem Phasenschieber, einer besonderen Kunstschaltung[2] oder einer Hilfstromquelle abweichender Frequenz[3] verwendet wird. (W. Geyger, Arch. El. Bd. 23, H. 4, S. 447.)

Fernmeldetechnik.

Verbesserungen in der Herstellung von Krarupadern. — K. Lapkamp beschreibt ein von den Hackethal-Draht- und Kabelwerken ausgebildetes Verfahren, die Induktivität von Krarupadern ohne Verwendung von teueren Speziallegierungen für die Umspinnung zu erhöhen. Die bei Fernsprechadern übliche Umspinnung mit einer Lage aus 0,2 mm oder 0,3 mm starkem Eisendraht ergibt Induktivitäten von 9,3 bzw. 13 mH/km; werden zwei Lagen Eisendraht von je 0,2 mm Stärke verwendet, so steigt die Induktivität auf 16,3 mH/km. Die durch stärkeren Draht oder Doppellagen erzielte Erhöhung der Induktivität geht jedoch zum Teil dadurch wieder verloren, daß infolge Vergrößerung des Aderdurchmessers die Betriebskapazitäten und schließlich auch der Kabeldurchmesser zunehmen. Um mit der in dieser Hinsicht günstigeren dünnen Umspinnung von 0,2 mm Stärke auskommen und dennoch eine aus-

[1] ETZ 1928, S. 1163; 1929, S. 1851.
[2] Vgl. z. B. Larsen, ETZ 1910, S. 1039. — Gall, The Electrician Bd. 90, S. 360 (1923). — Geyger, ETZ 1924, S. 1348 u. Arch. El. Bd. 17, S. 213 (1926).
[3] Geyger, Arch. El. Bd. 14, S. 566 (1925).

[1] Vgl. z. B. Keinath, Die Technik elektrischer Meßgeräte, 3. Aufl. Bd. 1, S. 269 ... 296. Verlag R. Oldenburg, München 1928. — Geyger, Arch. El. Bd. 22, S. 119 (1929).
[2] Vgl. Geyger, Helios Bd. 32, S. 839 (1926).
[3] Vgl. Borden, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 42, S. 35 (1923).

Digitized by Google

reichende Induktivität erzielen zu können, wird ein Spinnverfahren angewendet, bei dem der Eisendraht so dicht wie möglich ohne alle Luftspalten auf den Leiter aufgebracht wird, so daß der die Induktivität beeinträchtigende Abstand zwischen den Eisenwindungen verschwindet. Zu dem Zwecke werden Spinnmaschinen verwendet, die im Gegensatz zum Abziehsystem ein Vorschubsystem haben: ein rotierender Spinner legt den Eisendraht schraubenförmig um den Leiter und schiebt ihn gleichzeitig durch einen Nippel vor, der mit seinem schraubenförmig ausgebildeten Spinnkopf die Windungen mit verhältnismäßig hohem Druck aneinanderpreßt. Der Druck ist groß genug, um die nebeneinander liegenden Eisendrähte zu deformieren, die Bespinnung ist also lückenlos. Derart besponnene Leiter besitzen eine um mehr als 10 % größere Induktivität als die mit den üblichen Abzugsmaschinen besponnenen Leiter. Die Anfangspermeabilität des Eisens ist indessen infolge der mechanischen Beeinflussung beim Spinnprozeß gesunken. Dem läßt sich wiederum durch Ausglühen der umsponnenen Leiter begegnen, indem die Leiter mit gleichmäßiger Geschwindigkeit durch einen Patentierofen, wie er zur Fabrikation von Stahldrähten benutzt wird, gezogen werden. Bei einem in dieser Weise hergestellten Krarupkabel von 555,5 m Länge mit dem Kupferdurchmesser 1.22 mm wurde eine mittlere Induktivität von 13,57 mH/km (d. h. 43 % mehr als bei ungeglühten Adern) erreicht bei einer mittleren spezifischen Dämpfung von 0,0266 Neper und einem mittleren Verlustwiderstand von 1,41 Ω/km; alle elektrischen Eigenschaften der Einzeladern wichen nur wenig von den betreffenden Mittelwerten ab. Bei einem 1750 m langen 6paarigen Flußkabel und einem 600 m langen 20paarigen Kabel betrug die Induktivität sogar 14,3 mH/km, also 51 % mehr als bei nicht ausgeglühten Adern.

Weitere Versuche ergaben, daß die durch Glühen der umsponnenen Drähte erzielte Permeabilitätserhöhung wesentlich von der Behandlung der Drähte vor dem Glühen abhängt. Völlig entfettete und gereinigte Drähte, die im ungeglühten Zustand eine Induktivität von etwa 11 mH/km aufwiesen, zeigten nach dem Glühen eine um 27 ... 34 % erhöhte Induktivität. Wurden jedoch auf die gereinigten Drähte vor dem Glühen bestimmte Kohlenwasserstoffe (Paraffin, Leinöl, Ceresin u. a. m.) aufgetragen, so war die Induktivitätserhöhung zum Teil beträchtlich größer; am größten war sie bei Vorbehandlung der Drähte mit Vaseline, denn so behandelte Drähte wiesen eine Induktivität von 21 mH/km, d. h. 73 % mehr als ungeglühte Drähte auf. — Bei solchen Induktivitätswerten kann für Krarupkabel in Verbindung mit Freileitungen auch eine höhere Betriebskapazität ohne Erhöhung der Dämpfung zugelassen, also der Kabeldurchmesser verringert werden, während bei langen Seekabeln ohne Änderung des Kabelaufbaus die Dämpfung geringer wird. (K. Lapkamp, Tel. u. Fernspr. Techn. Bd. 18, S. 231.) *But.*

Vielfach-Trägerstrom-Telegraphie mit Sprachfrequenzen für Fernsprechkabel. — K. Wedler beschreibt das von der AEG entwickelte Trägerstrom-Telegraphiesystem für 10 und 20 Trägerfrequenzen. Das System mit 10 Frequenzen nutzt den verfügbaren Übertragungsbereich einer Fernkabelleitung von 320 bis rd. 2070 Hz unter Zugrundelegung einer Grundfrequenz von 82 Hz mit den Trägerfrequenzen 410, 574 (usw. im Abstand von 164 Hz) bis 1886 Hz aus. Die zur Trennung der 10 Kanäle voneinander benutzten Wellenbandfilter (mehrgliedrige Siebketten mit induktiv gekoppelten Kreisen) besitzen einen mittleren Dämpfungszuwachs von 0,06 Neper/Hz innerhalb eines Dämpfungsanstiegs von 4 Neper für die Grenzfrequenzen bei einem Durchlässigkeitsbereich von 160 Hz; sie unterdrücken die Teilschwingungen in der Nähe der benachbarten Trägerfrequenz vollständig. Ihre Einschwingzeit ist bei $f = 1394$ Hz 7,13 ms; setzt man sie gleich der Zeitdauer des kürzesten Telegraphierzeichens bei höchster Übertragungsgeschwindigkeit S, so ergibt sich bei Versuchen mit Filtern verschiedener Bandbreite w die Übertragungsgeschwindigkeit $S = w/1{,}14$. Als höchstzulässige Übertragungsgeschwindigkeit eines Einzelkanals erhält man aus der kombinierten Durchlässigkeit der Sende- und der Empfangsfilter den Wert 126 Bauds.

Im Sender dieses Zehnfachsystems werden Röhrengeneratoren verwendet, deren Ausgänge über die Senderelaiskontakte zu den Eingangsklemmen der Sendefilter führen; parallel dazu liegt je ein Spannungsteiler zur Einstellung der Trägerstromamplitude. Die Ausgänge aller Sendefilter liegen an einer Sammelschiene, die über ein Kopplungselement an die Fernkabelleitung angeschlossen ist; das Kopplungselement hat den Zweck, den Eingangswellenwiderstand der Kabelleitung möglichst reell zu machen. Der Empfänger besitzt einen für alle Trägerfrequenzen gemeinsamen Verstärker, dessen Ausgänge wieder zu einer Sammelschiene führen, an die sämtliche Empfangsfilter parallel zueinander angeschlossen sind. Die Ausgänge jedes Empfangsfilters führen zu Doppelgitter-Gleichrichterrohren mit hochohmigen Spannungsteilern zur genauen Einstellung der Gittervorspannung; im Anodenkreis jedes Gleichrichterrohrs liegt das neutral eingestellte Empfangs-Telegraphenrelais. Die Heizstromstärke für die Sende- und Empfangsrohre wird selbsttätig durch Eisenwiderstände geregelt.

Mit diesem Zehnfachsystem wurden Versuche auf einer 750 km langen, 0,9 mm starken Fernkabelleitung in der Weise gemacht, daß mit den unteren Trägerfrequenzen in der einen und mit den oberen Trägerfrequenzen in der anderen Richtung gearbeitet wurde bei einem Zwischenverstärkerabstand von 150 km. Die Frequenzbereiche der beiden Richtungen wurden auf den End- und Zwischenämtern durch Spulen- und Kondensatorleitungen voneinander getrennt. Mit den meisten Trägerfrequenzen gelang es, maximal 1350 Fünferzeichen/min = 112,5 Bauds zu übertragen; die Minderleistung gegenüber der oben berechneten Leistung von 126 Bauds ist auf Verlängerung der Einschwingzeiten auf der Leitung zurückzuführen. Für einige Trägerfrequenzen ergab sich nur eine Leistung von 50 Bauds infolge Verlängerung der Einschwingzeiten in den Spulen- und Kondensatorleitungen der Zwischenverstärker. Auch auf einer Vierdrahtleitung ergab sich ein störungsfreier Betrieb mit 10 Trägerfrequenzen bei einer Leistung von 116,5 Bauds je Trägerfrequenz.

Da das Zehnfachsystem nur mit Schnelltelegraphen voll ausnutzbar ist, wurde ferner ein System mit 20 Trägerfrequenzen von geringer Durchlaßbreite entwickelt, dessen Kanäle für Start-Stop-Apparate mit einer maximalen Übertragungsgeschwindigkeit von 60 Bauds/s bestimmt waren. Vorgesehen wurden die Trägerfrequenzen 418, 494, 570 (usw. in Abständen von 76 Hz) bis 1862 Hz; der aus den Durchlässigkeitsbereichen der Sende- und Empfangsfilter kombinierte Durchlässigkeitsbereich war 62 Hz, so daß sich eine maximale Übertragungsgeschwindigkeit $S = 62/1.14 = 54.4$ Bauds für jeden Kanal der 20er-Systems ergab. Als Filter wurden Kreuzglieder mit Längsinduktivitäten und -kapazitäten sowie Querinduktivitäten und -kapazitäten verwendet. Zur Erzeugung der Trägerfrequenzen dienten diesmal nicht Elektronenröhren, sondern eine Vielfrequenzmaschine mit 10 verschiedenen Stator-Rotor-Systemen nach dem Gleichpol-Induktortyp auf gemeinsamer Welle mit gemeinsamer Feldwicklung, deren Umdrehungszahl durch einen Fliehkraftregler konstant gehalten wird. — In einem Streckenversuch mit diesem 20er-System wurden die beiden untersten Trägerfrequenzen des 10er-Systems durch die 3 Trägerfrequenzen 418, 494 und 570 Hz des 20er-Systems ersetzt; in diesen Kanälen ist bei einem Versuchsbetrieb über eine 750 km lange Vierdrahtleitung eine Übertragungsgeschwindigkeit von 66,6 Bauds erreicht worden, wobei die Erhöhung der Leistung gegenüber der vorausberechneten (54,4) durch Verkürzung der Einschwingzeiten erzielt wurde. Der Ausnutzungsfaktor der Leitung (Übertragungsbereich in Hertz durch Gesamtleistung aller Kanäle in Bauds) ist beim 20er-System derselbe wie beim 10er-System.

Nach dem Ergebnis der Streckenversuche kommen als Übertragungsleitungen für Trägerfrequenz-Telegraphie die 0,9 mm mittelstark pupinisierten Stamm- und Viererleitungen der Fernkabel in Betracht. Unter Zugrundelegung einer Übertragungsgeschwindigkeit von 70 Bauds (mit Rücksicht auf das Streben der Telegraphenverwaltungen nach Einführung eines Einheits-Telegraphenapparats dieser Geschwindigkeit) empfiehlt sich bei Verwendung selektiver Bandfilter mit dem Durchlässigkeitsbereich 80 Hz und dem Trägerfrequenzabstand 100 Hz ein System mit 18 Trägerfrequenzen für den Übertragungsbereich der 0,9 mm-Stammadern (1750 Hz) und ein System mit 22 Trägerfrequenzen für den Übertragungsbereich von 2230 Hz der 0,9 mm-Viererleitungen. (K. Wedler, Tel. u. Fernspr.-Techn. Bd. 18, S. 159.) *But.*

Künstliche Verkehrsmessungen in selbsttätigen Fernsprechanlagen. — Obwohl gerade in Deutschland die wissenschaftlichen Arbeiten auf dem Gebiet der Theorie des Fernsprechverkehrs und der auf ihr und auf Verkehrsmessungen aufbauenden Planung große Fortschritte gemacht haben, insbesondere durch die Arbeiten von Lubberger und Rückle, Langer, Cauer, Holm und Baltzer, findet dieses Gebiet doch im Ausland, insbesondere in den angelsächsischen Ländern, bei den Verwaltungen und den Praktikern viel größere Beachtung; freilich harrt vor allem noch das Problem der „großen" Verluste der endgültigen Lösung, aber die bisher gefundenen Erkenntnisse werden doch vielfach der Praxis zu-

Digitized by Google

grunde gelegt. Es ist freilich vorteilhaft, da die Wahrscheinlichkeitstheorie gewisse Voraussetzungen machen muß, diese durch Messungen stichprobenmäßig zu kontrollieren. Da es sich aber um sehr große Zahlen handelt, so sind diese Messungen, selbst wenn sie Stichproben sind, doch mit ziemlichem Zeitaufwand verbunden. Unter dem Ausdruck „Verkehrsmessungen" sind dabei nicht etwa reine Gesprächszählungen zu verstehen, sondern die Beobachtung der Verteilung der Anrufe auf die einzelnen Wähler, die Zahl der gleichzeitig auftretenden Anrufe, die Verluste usw. Dies zur Erläuterung für Leser, die diesem Gebiet noch ferner stehen.

So z. B. geben E. A. Elliman und R. W. Fraser[1] an, daß bei zwei Versuchsbeobachtern 222 Mannstunden erforderlich seien, um bei einem Verlust von $^1/_{1000}$ 20 verlorene Anrufe mit Sicherheit beobachten zu können. Zur Beschleunigung und Vereinfachung dieser Messungen haben sie daher einen Apparat für künstliche Verkehrsmessungen entwickelt, die den praktischen Verhältnissen weitgehend nahekommen. Die Verfasser geben auch selbst drei Grundbedingungen an, denen der Apparat genügen muß, um der Praxis zu entsprechen:

1. Die Verteilung der Anrufe soll rein nach Zufallsgesetzen erfolgen.
2. Die Verkehrsdichte, über eine genügend große Zeit beobachtet, soll konstant sein.
3. Die Anzahl der gleichzeitig möglichen Anrufe soll genügend groß sein.

Die Verfasser haben ferner eine konstante Belegungsdauer ihrem Apparat zugrunde gelegt, die freilich in der Theorie ebenfalls mehrfach mit Erfolg, ohne die Bedingungen der Praxis zu stören, angenommen wird, aber in Wirklichkeit nicht vorhanden ist. Über die Verteilung der Belegungsdauern liegen auch noch keine eindeutigen Messungsergebnisse vor. Erlang[2] nimmt ein Exponentialgesetz, Baltzer[3] eine Art Gaußscher Kurvenform an. Man wird daher gegen diese Voraussetzung bei der Entwicklung des Apparats kaum etwas einwenden können.

Bei dem vorliegenden Apparat wird nun jedem Anruf eine direkte physikalische Bedeutung gegeben, indem er durch eine kleine Stahlkugel dargestellt wird, deren Lauf durch die verschiedenen Elemente des Apparats beobachtet wird. Eine große Anzahl dieser Kugeln sind oben in einem Behälter gesammelt und gelangen in ständigem Fluß durch ein konisches Zuführungsrohr in den oberen Teil des Apparats (vgl. Abb. 4), der im wesentlichen aus einem Drahtmaschensieb besteht, unter dem sich an einigen Stellen, über das Netz verteilt, einige Ableitungskanäle befinden. Einige Kugeln werden, wenn der Kugelfluß über die ganze Fläche verteilt wird, durch die Ableitungskanäle gehen, der Rest fällt durch die Drahtmaschen hindurch und läuft auf einer geneigten Lauffläche in einen Sammelbehälter. Diejenigen Kugeln nun, die in die Ableitungskanäle gelangen, stellen die entstehenden Anrufe dar, die dann einer reinen Zufallsverteilung unterworfen sind, wenn jede Kugel jede Masche des Netzes erreichen kann. Um das zu erreichen, befindet sich unter dem Zuführungsrohr eine große Stahlkugel, die die herabfallenden Kugeln ganz willkürlich ablenkt.

Um auch die zweite Bedingung einer über einen genügend großen Zeitraum gleichmäßigen Verkehrsdichte zu erreichen, sind sowohl das Zuführungsrohr als auch die Ablenkungskugel mit Stellvorrichtungen versehen, die vor dem endgültigen Versuch probeweise eingestellt werden. Auch durch Verringerung oder Vergrößerung der Ableitungskanäle kann eine Regelung oder gewünschte Veränderung der Verkehrsdichte erreicht werden. Die durch das Maschennetz hindurchgefallenen Kugeln werden aus dem Sammelbehälter wieder von Zeit zu Zeit dem Hauptbehälter zugeführt.

Diejenigen Kugeln, die in die Ableitungskanäle gelangen, werden durch diese durch die Laufbahn für die anderen Kugeln hindurch auf eine zweite, ebenfalls geneigte Laufbahn geleitet, die nun zu den der Vorwahl- oder Anrufsucherstufe entsprechenden Elementen des Apparats führt. Diese Wähler sind nun einfach durch eine entsprechende Anzahl Bohrungen in einer weiteren geneigten Lauffläche dargestellt, die durch eine besondere Sperrvorrichtung unzugänglich gemacht werden, sobald eine Kugel die Bohrung passiert hat. Die Kugeln laufen also die Lauffläche an den gesperrten Bohrungen vorbei, bis sie die erste freie Bohrung finden. Dieser Vorgang entspricht bekanntlich dem Wählvorgang. Findet eine Kugel alle Bohrungen besetzt, so gelangt sie in einen Sammelbehälter. Je nachdem ob es sich um ein System mit „Verlusten" oder mit „Wartezeiten" in dieser Stufe handelt, ist es möglich, diese erfolglosen Kugeln zu zählen oder sie aufs neue laufen zu lassen, bis sie wieder eine freie Bohrung finden.

Die Sperrvorrichtung wird in origineller Weise durch Rollen aus Ebonit dargestellt, die unter jeder Bohrung angebracht werden. An der Seite dieser Rollen ist eine kleine Glasröhre befestigt, deren Bohrung ein klein wenig größer ist als $^5/_{16}$", während eine in dieser Röhre befindliche Kugel genau $^5/_{16}$" hat. Die Röhre ist mit Glyzerin und Wasser gefüllt. In der „Frei"-Stellung steht die Röhre senkrecht, und die Bohrung in der Rolle ist zugänglich. Trifft eine Kugel von der Laufbahn ein, so dreht sich die Rolle, wobei diese Kugel selbst auf eine weitere Laufbahn durch die Bohrung der Rolle hindurchgelangt. Zu gleicher Zeit wird die Rolle in eine geneigte Stellung gebracht, so daß sie „gesperrt" ist. Langsam fällt während dieser Vorgänge die $^5/_{16}$"-Kugel infolge des Widerstandes des Glyzerins in der Glasröhre herab; sobald sie den Mittelpunkt überschritten hat, wird die Rolle durch ihr Gewicht in eine Stellung 180° zur normalen gebracht, und sie ist wieder „frei". Die Zeit zwischen zwei Freistellungen entspricht der Belegungsdauer. Die Verfasser haben auch eine zentralgesteuerte Vorrichtung vorgeschlagen, um die Konstanz der Belegungsdauer zu sichern.

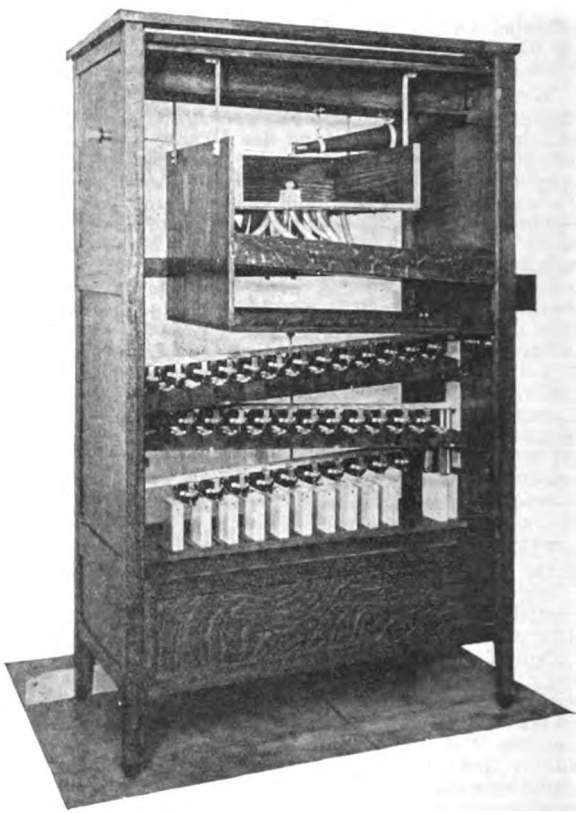


Abb. 4. Apparat zur künstlichen Verkehrsmessung.

Unter den genannten Laufbahnen für die Vorwahlstufe befindet sich dann eine gleiche Laufbahn für eine 10teilige Erste-Gruppenwähler-Stufe, deren Arbeitsweise die gleiche ist. Unter jeder Rolle befindet sich ein Sammelbehälter, die „verlorenen" Anrufe gelangen in einen besonderen Sammelbehälter. Da nun bekanntlich nur ein Teil der Anrufe gerade diese Wähler beansprucht, so hat man in der Maschine zwei verschiedene Größen der Kugeln gewählt. Beide passieren zwar die Rollen der Vorwahlstufe, aber nur eine die Rollen der Wählerstufe. Über das Mischungsverhältnis geben die Verfasser nichts Näheres an, obwohl dieses offenbar von ausschlaggebender Bedeutung ist. Der Apparat gestattet auch, Staffel- und verschränkte Schaltungen durch besondere Anordnungen zu untersuchen. Vergleiche der Verfasser mit den theoretischen Formeln nach Erlang ergaben sehr gute Übereinstimmung. (E. A. Elliman u. R. W. Fraser, Post Office Electr. Engs. Journ. Bd. 22, S. 31.) *Blz.*

[1] Post Office Electrical Engineers Journal, April 1929.
[2] Vgl. Lubberger und Rückle, Der Fernsprechverkehr als Massenerscheinung mit starken Schwankungen. Verlag J. Springer Berlin.
[3] Z. Fernmeldetechn. 1928, H. 11.

Digitized by Google

Physik und theoretische Elektrotechnik.

Elektromagnetische Ausgleichvorgänge in geschichtetem Erdreich. — Man kennt die Störwirkungen, die eine erdgeschlossene Wechselstromleitung durch ihr Erdstromfeld auf benachbarte Fernmeldeleitungen ausübt. Zu diesen quasistationären Feldern treten beim Entstehen oder Verklingen der Ströme die Wirkungen der elektromagnetischen Ausgleichvorgänge, welche daher für die Beurteilung der gesamten Störwirkungen wichtig sind. Während diese Schaltfelder im allgemeinen einen verwickelten Aufbau besitzen, folgen sie in lediglich oberflächlich leitendem, geschichtetem Erdreich sehr einfachen Gesetzmäßigkeiten. Man gewinnt sie zweckmäßig durch Benutzung komplexer Rechenweisen, wie sie etwa in der bekannten Heavisideschen Einschaltformel vorliegen. Es zeigt sich dann, daß der raum-zeitliche Verlauf des Erdstromfeldes durch eine rationale Funktion des Ortes und der Zeit dargestellt werden kann. In der unmittelbaren Umgebung der stromführenden Leitung entsteht das Feld gleichzeitig mit dem Schaltstoß in größter Stärke, um hierauf im wesentlichen umgekehrt proportional mit der Zeit abzufallen; in einiger Entfernung dagegen setzt das Feld mit schacwer Intensität ein, schießt rasch zu seinem Höchstwert empor und sinkt dann ebenfalls umgekehrt proportional mit der Zeit. Zusammenfassend ergibt sich das Bild eines nach außen abwandernden Strombelages, der praktisch niemals eine stationäre Verteilung annimmt. Diese Erscheinungen bleiben qualitativ erhalten, wenn der Strom nicht plötzlich auf seinen Endwert springt, sondern exponentiell seinem stationären Wert zustrebt; allerdings erreicht dann die maximale Schaltspannung in Nachbarleitungen nicht entfernt den Grenzwert, der bei einem plötzlich einsetzenden Stromstoß eintritt. Man kann diese Störwirkungen aus der zeitlichen Stromänderung durch Multiplikation mit einer verallgemeinerten Gegeninduktivität finden; diese ist nur logarithmisch schwach von den Schaltzeitkonstanten und der Entfernung zwischen den sich beeinflussenden Leitungen abhängig und beträgt etwa 0,5 mH/km. Die Untersuchung der Störwirkungen eines Wechselstromes führt in ähnlicher Art zu dem Ergebnis, daß die Störspannung vorübergehend bis zum Doppelten der stationären Spannung anwachsen kann. Endlich kann man mittels der abgeleiteten Beziehungen das Anwachsen eines Kurzschlußstromes verfolgen. Es zeigt sich, daß der Strom anfangs linear, später etwas langsamer ansteigt, ohne jedoch jemals einen stationären Wert zu erreichen. Dieses eigentümliche Ergebnis rührt daher, daß mit wachsender Zeit die Induktivität der Schleife Leitung—Erde sich dauernd vergrößert, während gleichzeitig der Erdrückleitungswiderstand dauernd abnimmt. An einem Zahlenbeispiel erkennt man, daß die berechneten Störwirkungen besonders im Bahnbetrieb eine gefährliche Höhe erreichen können, so daß sie hier wohl zu beachten sind. (F. Ollendorff. Arch. El. Bd. 23, H. 3, S. 261.)

Hochspannungstechnik.

Oszillographie der Ströme in Isolierstoffen. — Die Ströme in Isolierstoffen enthalten bei sinusförmiger Spannung, sofern letztere nahe an die Durchschlagspannung herankommt, Oberwellen. Man kann die Summe dieser Oberwellen und des Verluststromes als den dielektrischen Strom bezeichnen. Wird eine Art Scheringbrücke nur auf die Kapazität des Meßobjektes abgeglichen, so tritt an den Brückenendpunkten eine Spannung auf, die dem dielektrischen Strom proportional ist. Mittels eines Verstärkers kann man denselben oszillographisch aufnehmen. Gleicht man die Brücke auf die Grundwelle vollständig ab, so erhält man die Oberwellen allein. Die Abgleichung geschieht mit Hilfe des zum Verstärker parallel geschalteten Vibrationsgalvanometers. Die Ursache der Oberwellen ist die Spannungs- und Zeitabhängigkeit des Verluststromes. Die Form der Oberwellen ist daher für jeden Isolierstoff charakteristisch.

Die beschriebene Methode wurde zuerst auf Richtigkeit geprüft, u. zw. mittels zweier Modelle. Als Modell ohne Oberwellen diente ein verlustfreier Kondensator parallel zu einem hochohmigen Flüssigkeitswiderstand. Als Modell eines Isolierstoffes mit Oberwellen diente derselbe Kondensator parallel zu einer koaxialen Draht-Zylinder-Anordnung, welche bis zur Koronabildung belastet war. Sodann wurden Messungen an drei technischen Isolierstoffen ausgeführt, u. zw. an Lackleinen, Glas und einem Hochspannungskabel. An allen drei Objekten bilden sich deutliche Oberwellen aus. Bei dem letzten Prüfling ist ein Vergleich mit der üblichen Verlustmessung gezogen worden. Das Auftreten der Oberwellen fällt genau mit der Spannung zusammen, bei der tg δ mit der Spannung anzusteigen beginnt. (A. Gemant, Arch. El. Bd. 23, H. 6, S. 683.)

Verschiedenes.

69. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure. — Mit seiner 69. Hauptversammlung in Wien vom 19. bis 22. IX. 1930 hielt der Verein deutscher Ingenieure während seines 74jährigen Bestehens erstmalig seine Haupttagung außerhalb der Grenzen Deutschlands ab. Der Einladung des Österreichischen Vereins Deutscher Ingenieure, mit dem, wie der Vorsitzende des VDI, Gen.-Dir. Dr.-Ing. Köttgen, in seiner Begrüßungsansprache der Hauptsitzung hervorhob, die deutschen Ingenieure durch die Bande gemeinsamen Wirkens für gleiche Ziele schon lange eng verbunden seien, sei man mit besonderer Freude gefolgt. Die herzliche Begrüßungsansprache des Bundespräsidenten Miklas gab der Freude hierüber Ausdruck. Andere Redner, wie der Bundesminister Dr. Schuster und der Bürgermeister von Wien Seitz, fanden anerkennende Worte für die deutsche Technik und deren allgemein zunehmender Bedeutung in kultureller, sozialer und internationaler Hinsicht im Leben der Völker. Der Gesandte des Deutschen Reiches, Graf Lerchenfeld, überbrachte der Versammlung die Grüße des Reichs. Die Festrede des Vorsitzenden war auf die Ausbildung der kommenden Generation der Ingenieure und deren Übergang zur Praxis eingestellt. Dies bei der Überfüllung der Hochschulen immer schwieriger werdende Problem könne nur durch Schaffung neuer Arbeitsmöglichkeiten gelöst werden, wozu wissenschaftliche Forschung notwendig sei. Hier dürfe nicht gespart werden. Die Goldene Grashofdenkmünze wurde dem Vorsitzenden des Vorstandes der I. G. Farbenindustrie, Geheimrat Prof. Dr. phil. Dr.-Ing. E. h. Carl Bosch, verliehen[1]. Den Hauptvortrag „Die Straße" hielt Unterstaatssekretär a. D. Sektionschef Dr. B. Enderes, der auf die wieder steigende Bedeutung der Straße infolge des Kraftwagenverkehrs, die damit zunehmenden geldlichen Aufwendungen für Bau und Unterhaltung der Straßen, die staatliche Mitwirkung bei Anleihen, angemessene Kraftfahrzeugsteuern und gesetzliche Maßnahmen zum Schutz gegen Zerstörung der Straßen sowie auf den Einfluß des Kraftwagenverkehrs auf die Einnahmen der Eisenbahnen einging.

Mit der Hauptversammlung waren am 19. und 20. IX. eine Reihe von Fachsitzungen verbunden. Am 22. IX. schlossen sich zahlreiche Besichtigungen von Betrieben und Fabriken an. Die Abende waren durch gesellige Zusammenkünfte ausgefüllt, zu denen Einladungen staatlicher und kommunaler Behörden sowie der Fachgenossen ergingen. Der dritte Tag führte die Teilnehmer teilweise nach Graz, teilweise nach Budapest.

Auf dieser Tagung fand besonders die Bedeutung technisch-geschichtlicher Arbeit volle Anerkennung. Im Vorstand des VDI wurde die Errichtung einer besonderen Fachgruppe für „Geschichte der Technik und Industrie" beschlossen. In Wien wird nach dem Vorschlage von Erhard infolge der Bemühungen von Exner ein Forschungsinstitut für Geschichte der Technik am Technischen Museum für Industrie und Gewerbe errichtet. Der ÖVDI hatte eine technisch-wissenschaftliche Schaustellung „Österreichs Technik in Dokumenten der Zeit" in den Schauräumen der graphischen Sammlung „Albertina" veranstaltet, in der sehr interessante Belege zur Geschichte der österreichischen Technik aus Museen und Archiven dargeboten wurden. Ein großer Raum war der Entwicklung des Verkehrswesens bis zur Elektrisierung der Bundesbahnen gewidmet.

In der Fachsitzung „Schweißtechnik" zeigte Dir. Dr. E. Rosenberg beachtenswerte Abbildungen von in allen Teilen elektrisch geschweißten Laufkranen bis zu 40 t Nutzlast, die als Fachwerksträger durch ihre freie, luftige Bauart auffallen. In den Erörterungen zur Stellungnahme der Behörden zu geschweißten Konstruktionen wurde auf die „Richtlinien" des Fachausschusses für Schweißtechnik, die am 27. X. d. J. in Berlin beraten werden sollen, und auf die „Vorschriften für die Ausführung geschweißter Stahlhochbauten", die der preußische Minister für Volkswohlfahrt durch Erlaß vom 10. VII. d. J. inzwischen in Kraft gesetzt hat, eingegangen. Letztere weichen verschiedentlich von den „Richtlinien" ab. Aus der Praxis der Reichsmarine machte Marineoberbaurat H. Lottmann sehr eingehende Mitteilungen über Messungen von Schrumpfspannungen bei der elektrischen Lichtbogenschweißung und deren Beachtung beim Schweißen. Die theoretische Schrumpfung des Schweißguts be-

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 1410.

Digitized by Google

trägt etwa 3,5 mm/m und ist von mannigfachen Einzelheiten abhängig. Die Größe der einzelnen Einflüsse wurde durch Versuche festgestellt. Praktisch ist danach die Querschrumpfung für V-Naht rd. 1,9 mm, für X-Naht rd. 1,65 mm, für Überlappung mit 2 Kehlen 1,5 mm usw. Das Gesamtmaß bei Längsschrumpfungen ist rd. 0,035 % der Nahtlänge. Die Größe der auftretenden Spannung hängt davon ab, ob die zu verschweißenden Stücke als eingespannt oder lose zu betrachten sind. Bei vollkommener Einspannung können Spannungen entstehen, bei denen die Fließgrenze überschritten wird. Besondere Maßnahmen bei der Durchführung der Schweißung sind zu beachten, um die Spannungen zu beherrschen.

Dir. Ing. E. Schwarz sprach auf Grund von Versuchen mit Gleichstrom über die Bedeutung der Einbrandtiefe beim elektrischen Lichtbogenschweißen und die Mittel zu ihrer Verbesserung. Bei Werkstücken großen Kohlenstoffgehalts sei die Einbrandtiefe geringer als bei solchen kleinen Kohlenstoffgehalts. Die Einbrandtiefe steige bei zunehmender Temperatur des Werkstücks bei sonst gleichen äußeren Verhältnissen und mit vergrößerter Lichtbogenspannung bei gleicher Schweißstromstärke. Kohlenstoffarme Schweißdrähte haben eine größere Einbrandtiefe als kohlenstoffreiche. Schweißdrähte mit hohem C-Gehalt (0,5 ... 0,65 %) seien an den positiven Pol, solche mit niedrigem C-Gehalt (0,1 %) an den negativen Pol der Gleichstromschweißdynamo anzuschließen. Durch Verringerung der Vorschubgeschwindigkeit sowie Vergrößerung der Schweißstromstärke könne die Einbrandtiefe in gewissen Grenzen vergrößert werden. Die dynamische Charakteristik der Schweißdynamo beeinflusse die Einbrandtiefe; Unterschiede bis zu 100 % könnten auftreten. Zu bevorzugen sei die Maschine, die im Oszillogramm des Schweißvorganges die höheren Kurzschlußspitzen aufweist, sofern sie funkenfrei läuft und der Schweißdraht nicht glühend wird. Im Verhältnis der Einbrandtiefe zur Festigkeit der Schweißung dürfte 1,5 mm die geringste und eine Erhöhung bis auf 2 mm wünschenswert sein. Bei Kehlschweißungen dürften Hohlräume im Scheitelpunkt des Kehlwinkels nicht verbleiben. Bei Gußeisen-Kaltschweißungen sei möglichst große Einbrandtiefe anzustreben, um das zeitraubende Verstiften zu vermeiden. Aus der lebhaften Aussprache zu diesem Vortrag sei nur erwähnt, daß mehrfach auch auf den Wert der statischen Charakteristik der Schweißdynamo und auf den Einfluß der Elektrode bei der dynamischen Charakteristik hingewiesen wurde.

Dipl.-Ing. Fuchs, Kapfenberg, berichtete über neueste Untersuchungen zum Einfluß des Stickstoffs auf die Festigkeit der Schweißraupe bei der elektrischen Lichtbogenschweißung. Diese nehme mit steigendem Stickstoffgehalt ab; bei Qualitätsdraht sei der N-Gehalt im Schweißgut nur gering, der handelsübliche Schweißdraht eigne sich dagegen nicht. Gut sei zur Beurteilung der Elektrode die Schmiedeprobe.

Über Fortschritte im Autogenschneiden, besonders über neue Autogen-Schneidmaschinen mit bis zu 6 Brennern von Griesheim, berichtete Ob.-Ing. Wiegand, Frankfurt a. M. Zunehmenden Eingang fänden die Schablonen-Schneidmaschinen, die in einem Arbeitsgang mehrere Arbeitsverfahren ersetzen. Zum Prüfen der Schweißnähte auf elektrischem Wege ohne Zerstörung der Naht hat Prof. Unger, Braunschweig, ein neues Gerät ausgearbeitet, das aus einem Gleichstrom-Elektromagneten, einer motorisch angetriebenen Prüfspule, Verstärker u. a. besteht. Mit dem Meßgerät werden die Nähte befahren und Fehler festgestellt. Der Apparat muß noch weiter entwickelt werden, um handelsübliche Verwendung zu finden. Er könnte dann mit dem Fräsgerät von Dir. Schmuckler zusammen benutzt werden, bei dem kleine Teile aus der Schweißnaht herausgefräst werden, so daß man die Struktur der Schweißnaht sowie die Einbrandtiefe feststellen kann; auch hier wird die Naht nicht zerstört. Das Gerät wird bereits bei Nähten der Kesselbleche und der Klemmschienen auf eisernen Oberbauschwellen benutzt. In Verbindung hiermit wurde auch über die technische Röntgenprüfung beim Ausbesserungswerk der Deutschen Reichsbahn berichtet.

In der Fachsitzung „Betriebstechnik" wurden die internationale Normung der Passungen und ihre Möglichkeiten für die Feinstbearbeitung sowie die verschiedenen Verfahren für diese, Läppen, Honen, Kaltwalzen, Aufdornen und die Anwendung des Diamanten besprochen. *Pge*

Neues elektrisches Prüfamt. — Auf Grund des § 9 des Gesetzes, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, vom 1. VI. 1898 (RGBl. S. 905) ist dem Bezirksverband Oberschwäbische Elektrizitätswerke in Biberach die Genehmigung erteilt worden, als „Elektrisches Prüfamt 11" in seiner Prüfstelle in Ravensburg amtliche Prüfungen von Elektrizitätszählern und Meßgeräten auszuführen, u. zw. mit Gleichstrom bis 300 A, 750 V im Amt und am Betriebsort, mit Wechsel- und Drehstrom bis 300 A, 500 V im Amt und am Betriebsort. *of*

Preisausschreiben für die Verwendung von Kohlenstaubasche. — Die Bekämpfung der Flugaschenbelästigungen macht es notwendig, die dem Schornstein entweichenden Rauchgase in weitgehendem Maße zu entstauben. Derartige Flugaschenabscheider belasten die Dampferzeugungskosten stark. Es liegt daher der Gedanke nahe, diese Kosten durch Gewinne zu mindern oder auszugleichen, die durch Verwertung der Flugasche, wie sie bei gewöhnlichen Kohlenstaubfeuerungen anfällt, erzielt werden. Für die Auffindung solcher Mittel und Wege für die wirtschaftliche Verwertung von Aschenstaub schreibt der Reichskohlenrat einen Wettbewerb aus, an dem sich jedermann beteiligen kann.

Für die drei besten Lösungen werden Preise in Höhe von zusammen 5000 RM ausgesetzt. Ein Preisgericht entscheidet darüber, für welche Bewerbung und nach welchem Schlüssel die Preissumme verteilt werden soll.

Die Bewerbung ist mit einem Kennwort zu versehen und bis spätestens 1. I. 1931 bei der Geschäftstelle des Reichskohlenrates, Berlin W 15, Ludwigkirchplatz 3/4, einzureichen. Es ist ferner ein mit dem Kennwort versehener geschlossener Briefumschlag beizufügen, der den Namen und die Anschrift des Bewerbers enthält.

Die Bewerbungen müssen eine genaue Beschreibung des Verfahrens, eine vollständige zeichnerische Darstellung aller Einzelheiten enthalten und eine Wirtschaftlichkeitsberechnung aufweisen. Die Brauchbarkeit bereits praktisch ausgeführter Verfahren, Einrichtungen und Apparate ist durch ausführliche Angaben über ihre Anwendung nachzuweisen. Zugelassen sind nur technisch durchführbare Verfahren, bei denen wirtschaftlicher Nutzen aus der Verwendung von Aschenstaub aus Kohlenstaubfeuerungen hinreichend nachgewiesen wird. Die in die engere Wahl gezogenen Vorschläge werden gegebenenfalls in praktischer Ausführung durch eine unparteiische Stelle erprobt werden, die vom Preisgericht benannt wird. Patent- und Ausführungsrechte verbleiben dem Bewerber oder dem durch ihn vertretenen Erfinder. Die Bewerbungen nebst Zeichnungen und sonstigen Beilagen werden Eigentum des Reichskohlenrates und können von ihm nach Spruch des Preisgerichts ganz oder teilweise veröffentlicht werden.

Rückfragen über Einzelheiten sind zu richten an den Geschäftsführer der Technisch-Wirtschaftlichen Sachverständigenausschüsse des Reichskohlenrates, Berlin W 15, Ludwigkirchplatz 3/4. *of*

Neue Normblätter des DNA. — Formate, Vordrucke: DIN 681 Geschäftskarte (Warenkarte), Normformat A 6 (105 × 148) (Aug. 30).

Handwerkzeuge: Din 5104 Blatt 1, Rundgesenke, Oberteile (Sept. 30) — 5104 Blatt 2, Rundgesenke, Unterteile (Sept. 30) — 5105 Blatt 1, Setzhämmer, Oberteile (Sept. 30) — 5105 Blatt 2, Setzhämmer, Unterteile (Sept. 30) — 5106 Schlichthämmer (Sept. 30) — 5107 Schrotmeißel (Kaltmeißel) (Sept. 30) — 5108 Maurerhämmer (Sept. 30) — 5109 Schreinerhämmer (Sept. 30) — 5111 Hammerstiele für Schlosserhämmer und Handhämmer (Sept. 30) — 5113 Hammerstiele für Schmiedewerkzeuge (Sept. 30).

Energiewirtschaft.

Zur Energiewirtschaft in warmen und heißen Ländern. — Die Bereitschaft elektrischer Energie fördert zusehends die Verpflanzung von Industrien in die Ursprungsländer der Rohstoffe. In den technisch z. T. weniger entwickelten Gebieten, die im Bereich der warmen Zonen liegen, bedeutet das Kraftwerk eine Grundlage für den Aufbau nationaler Industrien, des Bahnverkehrs und der an Stelle der Heizung lebenswichtigen Lüftung und Kühlung. Die Energiewirtschaft ist für diese Gegenden mehr noch als in den kühleren Zonen ein wirtschaftspolitischer Faktor, der in steigendem Maße die Öffentlichkeit interessiert und deren Regelung daher neuerdings vielfach in Händen einer Fachbehörde liegt (Ägypten, Britisch Indien, Holländisch Indien usw.). Diese Märkte haben gewisse geographische und klimatische Voraussetzungen, die von den normalen Verbandsbedingungen abweichen, teilweise auch gar nicht in eindeutigen Umrechnungsrichtlinien festgelegt werden können.

Ein Kraftwerk kann sich keine besseren Stromverbraucher als die Bewohner heißer Zonen wünschen. Je

[1] Vgl. ETZ 1921, S. 79; 1924, S. 757; 1925, S. 233, 707, 930 u. 949; 1927 S. 1097.

Digitized by Google

mehr man sich dem Äquator nähert, desto mehr fällt der Unterschied der Jahreszeiten in bezug auf die Länge der Tage bzw. der Dunkelstunden fort. Abb. 5 zeigt die Abflachung der Sinuskurven für die Sonnenuntergangszeiten verschiedener Breitengrade. Hierdurch entfallen die Belastungsspitzen für lange Winterabende, und die in Abb. 6 für gemäßigte Zonen dargestellte Sommersenke gleicht sich nach dem Äquator zu allmählich aus. Die Belastungsfaktoren von Kraftwerken erreichen daher bereits im Orient die günstigen Werte von 40 %, was um so beachtenswerter ist, als in diesen Gegenden ein Ausgleich durch Landessammelschienen und ausgedehnte Überlandnetze mit wenigen Ausnahmen (Niederländisch Indien) nicht möglich ist. Abgesehen von großen Verkehrs- und Industriezentren wie Buenos Aires (34 ° 35′ S.), Shanghai (31 ° 15′ N.) und ähnlichen Großstädten handelt es sich vorzugsweise um mittlere und kleine Anlagen weit zerstreuter Orte eines Landes, deren Verbindung durch Fernleitungen nicht lohnt.

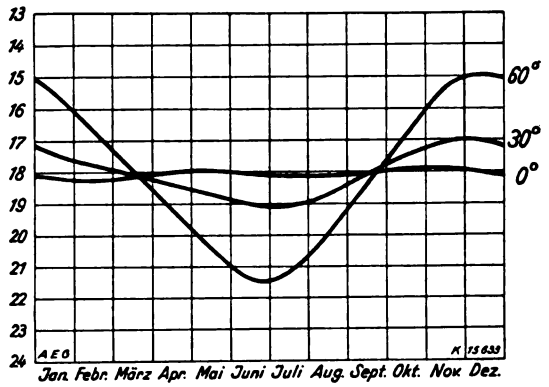
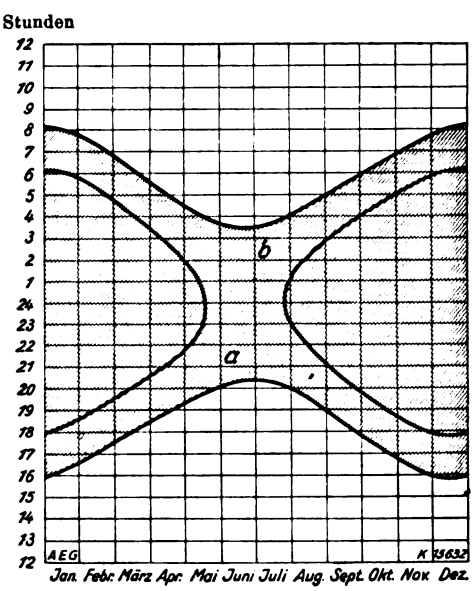


Abb. 5. Sonnenuntergangszeiten für 0°, 30°, 60° nördl. Breite, bezogen auf den Meridian von Greenwich.



a Zündkurve b Löschkurve

Abb. 6. Zünd- und Löschkurven für 52° nördl. Breite, bezogen auf den Meridian von Greenwich.

Aus diesem Grunde spielt hier das Kleinkraftwerk eine wichtige Rolle bis herab zu Leistungen von 0,5 kW; als solche kommen in Frage: der Benzinmaschinensatz, der Kleindieselmaschinensatz, die Kleinwasserkraftanlage und das Windkraftwerk, deren kritischer Vergleich für keine der genannten einen ausgesprochenen Vorrang zuläßt, sondern je nach örtlichen Verhältnissen eine Auswahl erfordert. Technisch und wirtschaftlich arbeiten diese kleinen, sozusagen fertig vom Lager käuflichen Kraftwerke zufriedenstellend. Der Vertrieb dieser als Warengeschäft anzusehenden Maschinensätze hat aber kaufmännische Schwierigkeiten, die bei der mittleren Anlage weniger ins Gewicht fallen als die Unkosten der Werbung, teurer Überlandreisen, Montagekosten usw. Derartige Aufwendungen sind für eine mittlere Anlage, also zwischen 100 und 5000 kW und darüber, eher gerechtfertigt. Während die Windkraft und der Benzinmotorantrieb in diesem Rahmen ausscheiden, treten statt dessen Lokomobile, Dampfmaschine und Dampfturbine, Gasmaschine und Volldiesel in den Wettbewerb. Als Abnehmer kommen Gemeinden und Industrien in Frage. Die Planung findet in den statistisch erfaßten Daten der bereits elektrisierten Länder über Anschlußwert, Belastungsfaktor, Maschinenleistung, Reserven, Erweiterungserfordernisse u. dgl. so gute Unterlagen für den Entwurf, daß als technische Sonderaufgabe, abgesehen von Montage und Transport, die Rücksicht auf das Klima verbleibt. Ebendiese, gegeben durch die Luftfeuchtigkeit und durch die Temperatur der Luft und des Kühlwassers sowie dessen Beschaffenheit und verfügbare Menge erfordern mindestens die gleiche Beachtung wie die früher erwähnten Einflüsse der Höhenlage des Betriebsorts. Dabei ist zu beachten, daß die geographische Breite durchaus nicht maßgebend für Klima und Temperatur sein muß, weil die Höhenlage auch in den Tropen gemäßigte Temperaturbedingungen schaffen kann, die dann allerdings durch andere Nachteile der geringeren Luftdichte und der hiermit verbundenen schlechteren Wärmeabfuhr, verminderten Sauerstoffgehalt in der Volumeneinheit, geringere Isolierfestigkeit usw. erkauft werden. Die Hersteller von Dieselmotoren geben für die Lieferung nach warmen Ländern eine reduzierte „Tropenleistung" an. Man rechnet auf je 3 ° über der Normaltemperatur von 25 ° eine Leistungsverminderung von 1 % für Meeresniveau.

Die Kühlwassermenge kann bei ortsfesten Landmaschinen nicht immer beliebig gesteigert werden, um die höhere Eintrittstemperatur auszugleichen. Die Austrittstemperatur ist durch Kesselsteinabscheidung und Siedepunkt besonders in hochliegenden Betriebsorten begrenzt. Bei Wärmekraftantrieben, die mit Kondensation arbeiten, macht sich die Kühlwasserfrage im Vakuum und Wirkungsgrad bemerkbar (Abb. 7). Die Lufttemperatur ist unter Hinweis auf hohe Schattenwerte (Basrah 54 °, Bagdad 52 °, dgl. Indien, Chile u. a.) elektrisch und mechanisch beachtenswert. Durchschlagfestigkeit und Verlustwärmeabfuhr, Leitungsdurchhang u. a. sind dem Einfluß der Temperatur unterworfen. Da unter direkter Sonnenstrahlung Temperaturen von 80 ° auftreten, so sind Veränderungen des Durchhangs bei Tag und Nacht in der Größenordnung von 1 m möglich. In der Frage der Schutzanstriche ist ein Kompromiß erforderlich. Aluminiumfarbe schützt gegen Korrosion, verschlechtert aber die Wärmeausstrahlung (Freilufttransformatoren).

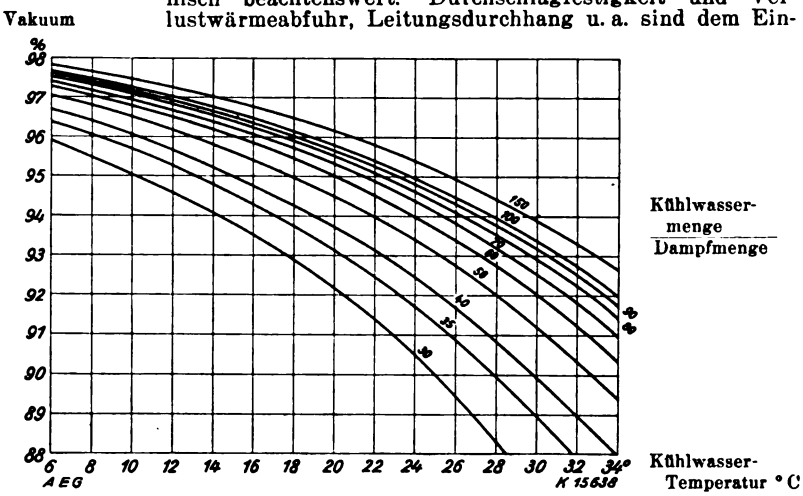


Abb. 7. Erforderliche Kühlwassermenge für Dampfkraftanlagen mit Kondensation in Abhängigkeit von der Kühlwasser-Eintrittstemperatur und dem Vakuum.

Freiluftmontagen zur Verminderung der Baukosten werden neuerdings nicht nur für den ruhenden Teil des Kraftwerks (Schaltanlage, Transformatoren) sondern auch für die Stromerzeuger einschließlich der Antriebe in Einheiten von zusammen über 75 000 kVA in einem amerikanischen Werk verwendet. Auch Phasenschieber in großen Einheiten bis zu 25 000 kVA werden im Freien montiert.

Daß nicht nur die Wasserturbine sondern auch die Wärmekraftmaschine eine Freiluftanlage in günstigen Klimaten verträgt, beweist jede Dampflokomotive und die Lokomobilanlagen der Landwirtschaft sowie der Heeresverwaltung im Kriege, ferner die Dampfturbosätze an Bord, bei Krananlagen und Bahnen, die der Beleuchtung dienen. Obwohl in den warmen Zonen das mittlere und kleine Kraftwerk vorherrschend ist, muß an die Anlagen

Digitized by Google

der Städte von Mittel- und Südafrika, China, Australien, Niederländisch und Britisch Indien, Nord- und Südafrika erinnert werden. Im Großkraftwerk Dock Sud von Buenos Aires laufen AEG-Turboeinheiten von 50 000 kW. Das chilenische Dieselkraftwerk Maria Elena mit MAN-AEG-Maschinen von zusammen 21 000 kVA wird jetzt durch ein zweites etwa 30 km entferntes Werk gleicher Leistung für die Salpetergewinnung ergänzt. (Nach einem Vortrag von K. Lubowsky im Außeninstitut der T. H. Berlin, vgl. AEG-Mitt. 1930, S. 421.) *Sb.*

Der Ausbau des St. Lorenz-Stromes. — Unter den noch nicht ausgebauten, leistungsfähigen Wasserkräften von Nordamerika nimmt der St. Lorenz unbedingt die erste Stelle ein, da sich von ihm fast 4 Mill kW gewinnen lassen. Zwischen Ontariosee und Montreal beträgt seine Länge 273 km, das Gefälle 61 m. Dieser Teil des Stromes wird in 5 Abschnitte eingeteilt, von denen zwei, der oberste bei den „Tausend Inseln" und der mittlere, in dem der Strom den St. Francis-See durchfließt, für die Krafterzeugung nicht in Betracht kommen. Auf den Abschnitt der „Tausend Inseln" folgt der internationale, wo der St. Lorenz Grenzfluß zwischen Kanada und den V. S. Amerika (Staat New York) ist, in dem sich 1,620 Mill kW gewinnen lassen, die hälftig Kanada und der Union zustehen. Die folgenden Abschnitte sind rein kanadisch, nämlich der Soulanges-Abschnitt mit 1,450 und der Lachine-Abschnitt mit 0,678 Mill kW. Der Anteil der V. S. Amerika beträgt also kaum 20 %, ihr Interesse am Ausbau steht aber im umgekehrten Verhältnis dazu; denn im Staate New York ist der Stromhunger sehr groß und der Kohlenpreis hoch, die New Yorker Elektrizitätswerke bezahlen für Stückkohle frei Kesselhaus 6 $/t. Bis jetzt war ein Fortschreiten der internationalen Verhandlungen noch gehemmt durch eine Meinungsverschiedenheit grundsätzlicher Art zwischen dem jeweiligen Gouverneur des Staates, der für Ausbau durch die öffentliche Hand eintrat und dem Staatskongresse, der die Privatinitiative begünstigte. Dieser Zwist ist vor kurzem durch ein neues, vom Gouverneur Roosevelt angenommenes und dem Kongreß vorgelegtes Gesetz beigelegt worden, das den Gouverneur ermächtigt, eine Kommission zur Untersuchung der Energieerzeugungsverhältnisse einzusetzen, deren Vorschläge ausgeführt werden sollen, sobald der notwendige Staatsvertrag zwischen Kanada und der Union zustande gekommen ist. Damit werden auch diese Verhandlungen voraussichtlich beschleunigt werden. Außer der Frage der Betriebsform ist die des ein- oder zweistufigen Ausbaues des internationalen Abschnittes zu klären, die zwischen den amerikanischen und kanadischen Sachverständigen noch strittig ist. Die größten Schwierigkeiten bereitet aber der gleichzeitig vorzunehmende Bau eines Großschiffahrtsweges zwischen den großen Seen und der Ostküste. Daran haben die Vereinigten Staaten ein unverhältnismäßig größeres Interesse als Kanada, das viel mehr an einer Verbindung seiner westlichen Provinzen mit der Ostküste interessiert ist. Auch hat die am internationalen Abschnitt gelegene Provinz Ontario, in der die Elektrizitätswirtschaft vollkommen in der öffentlichen Hand liegt, kaum die auf 125 Mill $ geschätzten Mittel zur Verfügung, um ihren Anteil an den Ausbaukosten zu bestreiten. Sie dürfte auch vorläufig kaum eigene Verwendung für den Strom haben, denn Kanada führt schon jetzt jährlich 1,7 Mrd kWh nach den V. S. Amerika aus, die sich zweifellos um den vollen kanadischen Anteil der Erzeugung des internationalen Abschnittes vermehren würden. Daher ist Kanada in der günstigen Lage, das Angebot der Vereinigten Staaten abwarten zu können, und der internationale Vertrag, über den schon sehr lange verhandelt wird, dürfte nur mit erheblichen Opfern der Amerikaner zustande kommen. Bei den verhältnismäßig niedrigen Ausbaukosten (154 $/kW) und dem fast durchgeführten Ausbau der anderen Wasserkräfte im Staate New York ist das wohl nur eine Frage der Zeit. (Power Bd. 71, 1930, S. 128.) *Ha.*

Die Besteuerung der Elektrizitätswerke in den V. S. Amerika. — Dem deutschen Elektrizitätswerksleiter, der, wenn es sich um ein privates Werk handelt, mit einer steuerlichen Belastung von etwa 15 % der Roheinnahme rechnen muß, mag es vielleicht eine gewisse Erleichterung bringen, zu wissen, daß auch in den V. S. Amerika die Verhältnisse auf diesem Gebiete gar nicht so sehr viel besser sind als bei uns. Die nachfolgende Übersicht zeigt die steuerliche Belastung der öffentlichen Versorgungswerke in den einzelnen Staaten, wobei die Angaben der Public Service Commissions zugrunde gelegt sind, so daß die Statistik als amtlich betrachtet werden kann. Da diese Kommissionen nicht in allen Staaten auch Gewalt über die kommunalen Elektrizitätswerke haben, sind die Staaten, in denen nur die privaten öffentlichen Werke erfaßt sind, durch ein Sternchen hinter dem Namen gekennzeichnet. Die Steuern werden zumeist nach dem Werte des Besitzes erhoben. Ein Mittelwert für die Union von 10 % an Steuern, bezogen auf die Roheinnahme (ohne kommunale Abgaben), kann als zutreffend angenommen werden.

Staat	1927 %	1928 %	Staat	1927 %	1928 %
Alabama *	·	8,5	New Hampshire *	10,6	·
Arizona *	7,8	·	New Jersey	10,4	11,0
California *	11,5	9,9	New York	9,5	9,4
Colorado *	7,5	10,0	Ohio *	10,0	10,0
Connecticut	7,9	7,8	Oregon *	12,5	·
Columbia *	11,4	9,9	Tennessee	11,1	·
Georgia *	6,3	·	Vermont	7,4	7,7
Idaho *	10,9	10,3	Virginia *	7,0	6,6
Maine	7,9	8,1	Washington *	9,4	6,7
Massachusetts	11,9	12,2	West Virginia *	12,5	9,2
Michigan *	10,0	·	Wisconsin	9,9	10,9
Nevada	9,4	6,6			

Aus den in der Zusammenstellung fehlenden Staaten war keine Information zu erlangen. (El. World, Bd. 95, 1930, S. 701.) *Ha.*

Aus der deutschen Elektrizitätswirtschaft[1]. — Wie der Vorstand des Großkraftwerks Mannheim AG. über 1929/30 berichtet, ist von Dezember an die sonst regelmäßige Zunahme der Höchstbelastung und des Arbeitsverbrauchs allmählich in eine Abnahme übergegangen, „eine in der Geschichte der Stromversorgung ganz ungewöhnliche Erscheinung". Der Rückgang hat sich auch in das neue Geschäftsjahr fortgesetzt. Insgesamt ist die Lieferung von 195,195 auf rd. 210 Mill kWh und die Eigenerzeugung von 165,5 auf rd. 189 Mill kWh gestiegen. Über die neue Hochdruckanlage (100 at) wird mitgeteilt, daß sie im ersten Betriebsjahr erhebliche Schwierigkeiten auf einem Gebiet gebracht habe, wo sie nach den amerikanischen Erfahrungen nicht erwartet werden konnten, doch ließen sich die besonderen Umstände, die hierzu geführt haben, durch kleinere Umänderungen beseitigen. Wenn deshalb im Berichtsjahr auch die erwartete günstige Einwirkung auf den Kohlenverbrauch größtenteils ausgeblieben sei, bestehe doch kein Anlaß, an dem Erreichen des technischen und wirtschaftlichen Erfolgs zu zweifeln. Geschäftserträgnisse: 1 808 524 RM (1 644 032 i. V.), Reingewinn mit Vortrag: 350 315 RM (256 428 i. V.), Dividende: wieder 7 % bei nunmehr 6 Mill RM Stammaktienkapital.

Dem uns erst kürzlich zugegangenen Geschäftsbericht der Städt. Wasser-, Elektrizitäts- und Gaswerke Frankfurt a. M. für 1928 entnehmen wir, daß das Versorgungsgebiet der Elektrizitätswerke infolge der Stadterweiterung beachtlich gewachsen ist und die Umstellung des Einphasennetzes auf 50 Hz-Drehstrom fortgesetzt wurde. Im Kraftwerk I (Gutleutstraße) standen Ende März 1929 61 500 kW Turbogeneratorenleistung (61 000 i. V.) und im Kraftwerk II (Ohmstraße) nach Abgang zweier Kolbendampfmaschinen 2500 kW (3655 i. V.) zur Verfügung, wozu 6000 kW Fremdleistung kamen. Der Gesamtanschlußwert ist von 153 501 auf 171 196 kW, also um nahezu 12 % gestiegen. Die Eigenerzeugung betrug 105,167 Mill kWh oder 83,8 % (85,652 i. V.), der Fremdstrombezug 20,451 Mill kWh (19,634 i. V.), die Summe also 125,618 Mill kWh, d. s. 19,3 % mehr als im Vorjahr (105,286 Mill kWh). Die Höchstbelastung ist von 40 570 auf 45 500 kW, mithin um 12 %, der Belastungsfaktor von 29,6 auf 31,5 % gestiegen und der Ausnutzungsfaktor von 24,8 auf 20,5 %, der Kohlenkonsum von 0,92 auf 0,88 kg/kWh zurückgegangen. Das Kraftwerk II Bockenheim konnte stillgelegt werden, sein Umbau in ein Fernheizkraftwerk ist geplant. Nutzbar abgegeben haben die Werke 101,882 Mill kWh, d. s. 15,7 % mehr als 1927/28 (88,035 Mill kWh) und durchschnittlich 838 kWh/Abnehmer (849 i. V.). Die mittlere Benutzungsdauer stellte sich für Licht auf 377, für Kraft auf 668 h/angeschl. kW. Die Anwendung der Elektrowärme hat Fortschritte gemacht; genannt werden u. a. in der Eisenindustrie Einrichtungen zum Schweißen, Löten, Härten und Nieterwärmen. Günstige Erfolge mit einem elektrischen Schmelzofen ließen den Anschluß weiterer solcher erwarten. Das Gebiet der Raumheizung wurde auf Kirchen und Garagen ausgedehnt. Von den am Ende des Berichtsjahres in der Siedlung „Römerstadt" bezogenen 900 Wohnungen haben 70 % vollelektrischen Haushalt geführt. Von 160 000 monatlich abgegebenen kWh waren rd. 60 000 Tagstrom und 100 000 kWh Nachtstrom. Nach Bezug aller Wohnungen rechnet man für die Siedlung mit einem Gesamtstromverbrauch von 2,5 Mill kWh jährlich. Betriebseinnahmen: 19 768 920 RM (17 444 939 i. V.), sonstige Einnahmen: 1 258 147 RM (mit Zinsen 1 009 104 i. V.), Betriebsaufwendungen: 5 862 402 RM (5 092 115 i. V.), Gewinn: 4 348 765 RM (4 892 786 i. V.).

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 1466.

Digitized by Google

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Jahresbeitrag der inländischen Mitglieder für 1931.

Der Mitgliedsbeitrag für das Jahr 1931 beträgt:

I.	für persönliche inländische Mitglieder	30 RM
	für Jungmitglieder	15 „
II.	für korporative inländische Mitglieder:	
	1. Behörden, Schulen, wissenschaftl. Vereine usw.	36 „
	2. Sonstige körperschaftliche Mitglieder, städt. und staatl. Betriebe, auch Eltwerke, Privatfirmen, offene Handelsgesellschaften, Gesellschaften mit beschränkter Haftung, Aktiengesellschaften usw., die beschäftigen:	
	a) bis 50 Angestellte und Arbeiter	50 „
	b) von 51 bis 100 Angestellte und Arbeiter	75 „
	c) von 101 bis 250 Angestellte und Arbeiter	120 „
	d) von 251 bis 500 Angestellte und Arbeiter	150 „
	e) von 501 bis 1000 Angestellte und Arbeiter	300 „
	f) von 1001 bis 2500 Angestellte und Arbeiter	450 „
	g) von 2501 bis 5000 Angestellte und Arbeiter	600 „
	h) von 5001 bis 10 000 Angestellte und Arbeiter	900 „
	i) von 10 001 bis 20 000 Angestellte und Arbeiter	1500 „
	k) über 20 000 Angestellte und Arbeiter	2400 „

Die Beiträge werden bis spätestens 15. November 1930 auf das Postscheckkonto: Elektrotechnischer Verein, Berlin Nr. 133 02 erbeten, da sonst die ordnungsmäßige Zustellung der ETZ über den 1. Januar 1931 hinaus nicht gewährleistet werden kann. Unsere ausländischen Mitglieder erhalten besondere Mitteilung.

Einladung

zur ordentlichen Sitzung am Dienstag, dem 28. Oktober 1930, 7½ Uhr abends, in der Aula der Technischen Hochschule Berlin.

Tagesordnung:

1. Geschäftliche Mitteilungen.
2. Vortrag des Herrn Prof. Dr. K. Arndt über das Thema: „Fortschritte der technischen Elektrochemie".
3. Aussprache über den am 30. IX. gehaltenen Vortrag des Herrn Dr.-Ing. H. Piloty über das Thema: „Wesen und Bedeutung der Fernwirkanlagen im Kraftwerksbetrieb".

Inhaltsangabe des Vortrags des Herrn Professor Dr. Arndt.

Umgrenzung des Begriffs „Technische Elektrochemie". Die Lage der elektrochemischen Industrie 1913, 1920 und 1930.

Der elektrische Ofen und seine Erzeugnisse (Karbid und Kalkstickstoff, Ferrolegierungen, Edelstähle, Zink, Schleifmittel, Graphit, Phosphor, Zement).

Schmelzelektrolyse (Aluminiumlegierungen, Elektronmetall, Beryllium, Bahnmetall).

Gewinnung reiner Metalle aus wässerigen Lösungen (Kupfer, Zink). Galvanotechnik (Halb- und Vollautomaten, Überziehen mit Kadmium, Verchromen).

Alkalichloridelektrolyse. Perborat und Wasserstoffperoxyd. Wasserstoff. Elektroosmose.

Anodenbatterien und andere galvanische Elemente. Starterbatterien und alkalische Sammler.

Entladungen in Gasen (Ozon als Keimtöter).

Die Mitglieder werden gebeten, ihre Mitgliedskarten beim Eintritt vorzuzeigen. Gastkarten für einzuführende Gäste bitten wir, vor der Sitzung bei der Geschäftstelle abzufordern.

Ohne Karten kein Zutritt.

Nachsitzung im „Grand-Hotel am Knie", Charlottenburg, Bismarckstr. 1.

Elektrotechnischer Verein.
Der Vorsitzende:
Dr. Feyerabend.

Vortragsreihe

des Elektrotechnischen Vereins in Gemeinschaft mit dem Außeninstitut der Technischen Hochschule Berlin über „Technische Akustik".

Vortragender: Herr Präsident a. D. Professor Dr.-Ing. E. h. Dr. K. W. Wagner, Direktor des Heinrich-Hertz-Instituts.

Vom 27. Oktober bis einschl. 15. Dezember 1930.

1. 27. X. 1930: Schallschwingungen. Ebene Schallwellen. Reflexion und Brechung. Akustische Induktivitäten und Kapazitäten. Tonfilter.
2. 3. XI. 1930: Sprache und Musikklänge. Bereich der Tonhöhen und Tonstärken. Formanten. Einfluß von Verzerrungen auf Verständlichkeit und Klangeindruck.
3. 10. XI. 1930: Das Gehör. Der physikalische Mechanismus des Ohres. Die Nervenleitung. Die Empfindlichkeit des Ohres (Hörfläche). Begriff der Lautstärke. Verdeckungserscheinungen. Subjektive Kombinationstöne.
4. 17. XI. 1930: Das allgemeine räumliche Schallfeld. Kugelstrahler. Nullstrahler. Ausgedehnte Strahler. Großflächenmembranen.
5. 24. XI. 1930: Schallsender und Schallempfänger. Telephon. Lautsprecher. Mikrophon.
6. 1. XII. 1930: Schallmessungen. Messung der Schallstärke (Ausschlag, Schalldruck, Schallschnelle). Klanganalyse.
7. 8. XII. 1930: Raum- und Bauakustik. Nachhall. Schalldämpfung. Messung der Gesamtstrahlung von Schallquellen (Ulbrichtsche Kugel für Schall). Günstigste Nachhallzeit. Schallhäufung. Echo. Schalldurchlässigkeit von Baustoffen. Schallisolierung.
8. 15. XII. 1930: Geräusch und Lärm. Physiologische Wirkungen. Geräuschmessung und Geräuschanalyse. Maschinengeräusch. Straßenlärm. Lärmminderung.

Zeit: Montag abends pünktlich 6½ bis 8 Uhr.
Ort: Aula der Technischen Hochschule zu Berlin.

Teilnehmerkarten: Zu haben

a) in der Technischen Hochschule, Zimmer Nr. 138,
b) im Elektrotechnischen Verein, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Postscheckkonto: Berlin Nr. 133 02.

Der Preis für sämtliche Vorträge beträgt:

a)	für Mitglieder des Elektrotechnischen Vereins und der Heinrich-Hertz-Gesellschaft zur Förderung des Funkwesens	8 RM
b)	für deutsche Studenten	4 „
c)	für andere Teilnehmer	12 „

Karten für einzelne Vorträge werden nicht abgegeben.

Ordentliche Sitzung

am 30. September 1930 in der Technischen Hochschule Berlin.

Vorsitzender: Herr Staatssekretär Dr.-Ing. E. h. Feyerabend.

Vorsitzender: Meine Damen und Herren, ich eröffne die Sitzung und heiße Sie alle, insbesondere auch die zahlreichen Gäste, nach der Sommerpause herzlich willkommen.

Zunächst habe ich eine traurige Pflicht zu erfüllen. Der frühere Direktor der Firma Voigt & Häffner A.G. in Frankfurt am Main, Herr Dr.-Ing. E. h. Vogelsang, ist

Digitized by Google

am 8. Juli gestorben. Ein Nachruf in der ETZ hat seine Verdienste um die Firma und um die Elektrotechnik bereits gebührend gewürdigt. Dr. Vogelsang hat auch unserem Verein nahegestanden; er war früher unser Mitglied und hat dem Verein immer großes Interesse entgegengebracht. Unter anderm hat er noch zuletzt für den II. Band unserer „Geschichtlichen Einzeldarstellungen aus den Gebieten der Elektrotechnik" eine ausgezeichnete Abhandlung über „Die geschichtliche Entwicklung der Hochspannungs-Schalttechnik" geliefert, die bei den Fachgenossen und in der Fachliteratur großen Beifall gefunden hat. Zu Ehren des Heimgegangenen darf ich dies im Namen des Elektrotechnischen Vereins hier besonders hervorheben. Wir werden sein Andenken treu bewahren. Sie haben sich, meine Herren, zu Ehren des Verstorbenen von Ihren Plätzen erhoben. Ich stelle das dankend fest.

Gegen den Bericht über die letzte ordentliche Sitzung am 27. Mai sind keine Einwendungen eingegangen; der Bericht gilt somit als angenommen. Seit dieser Sitzung sind 49 Neuanmeldungen eingegangen; ein Verzeichnis liegt hier aus.

In der ordentlichen Sitzung am 28. Oktober wird Herr Professor Dr. ARNDT vortragen über das Thema: „Fortschritte auf dem Gebiete der technischen Elektrochemie." Im Fachausschuß für elektrisches Nachrichtenwesen wird am 14. Oktober Herr HANS VOGT sprechen über das Thema: „Der tönende Kondensator" mit akustischen Vorführungen.

Meine Herren, wie Ihnen bekannt ist, besteht beim Elektrotechnischen Verein ein Fachausschuß für Einheiten und Formelgrößen, der sogenannte AEF, dem eine größere Anzahl Vereine usw. angeschlossen sind. Der AEF legt elektrische Einheiten und wissenschaftliche Ausdrücke fest. Darüber finden eingehende Beratungen statt. Die entsprechenden Entwürfe werden zwecks Meinungsaustauschs auch in der ETZ veröffentlicht. So sind in den Heften 16 und 17 vier Entwürfe veröffentlicht über: Schreibweise physikalischer Gleichungen, Arten der Reihenschaltung von Wicklungen, Druckeinheiten und über magnetische Größen. Der AEF bittet auch die Mitglieder des EV, etwaige Meinungsäußerungen an den Entwürfen bis zum 15. Oktober an die Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins zu richten.

Ferner mache ich darauf aufmerksam, daß noch eine Anzahl Exemplare der Festschrift aus Anlaß des goldenen Jubiläums des Elektrotechnischen Vereins vorrätig ist. Der Preis für das prächtige Buch beträgt für Mitglieder des Elektrotechnischen Vereins nur 10 RM und liegt weit unter dem Herstellungspreis. Bestellungen auf das Buch nimmt die Geschäftstelle entgegen.

Wir kommen nun zum zweiten Punkt der Tagesordnung, zum Vortrage des Herrn Dr.-Ing. PILOTY über das Thema: „Wesen und Bedeutung der Fernwirkanlagen im Kraftwerksbetrieb." Ich bitte Herrn Dr. PILOTY, das Wort zu nehmen.

Der Vortrag wird gehalten.

Vorsitzender: Meine Damen und Herren, ich glaube, Ihrer aller Zustimmung sicher zu sein, wenn ich Herrn Dr. PILOTY für seinen ausgezeichneten Vortrag und für die nicht minder ausgezeichnet gelungenen Vorführungen den besten Dank des Vereins ausspreche. (Lebhafter Beifall.) Die zahlreiche Versammlung, die der Vortrag herbeigeführt hat, und der Beifall, den die Ausführungen bei Ihnen gefunden haben, sind Beweis genug dafür, welche Bedeutung Sie mit gutem Recht den Ausführungen des Herrn Vortragenden und den Fernwirkanlagen überhaupt beigemessen haben. Ich glaube aber überzeugt zu sein, daß Ihr Beifall auch der eleganten und anschaulichen Art hat gelten sollen, in der der Herr Vortragende uns in die komplizierten Einrichtungen einer Fernwirkanlage eingeführt hat. (Lebhafte Zustimmung.)

Meine Herren, die Zeit scheint mir zu weit vorgerückt zu sein, als daß wir jetzt noch in eine Diskussion eintreten könnten. Ich möchte aber den Herrn Vortragenden fragen, ob er in unserer nächsten Versammlung für eine Besprechung seines Vortrags zur Verfügung stehen wird. (Herr Dr. Piloty: Sehr gern!) — Wenn das der Fall ist, dann wollen wir die Diskussion auf die nächste Sitzung verschieben."

Neuanmeldungen zum Elektrotechnischen Verein e. V.

Adachi, E., Elektroing., Berlin
Autheried, Ladislaus Ingenieur, Finkenkrug
Besser, Julius, Elektromeister, Charlottenburg
Dammann, Karl, Syndikatsdirektor, Berlin
Diebitsch, Johannes, Dipl.-Ing., Berlin
Düll, Gustav, Ingenieur, Bln.-Charlottenburg
Erenyi, Ludwig, Dr.-Ing., Zagreb (Jugoslavien)
Fromm, Harro, Leiter der Osramlampenfabrik der Schweizer Auergesellschaft A.-G., Winterthur
Gaitzsch, Richard, Ingenieur, Berlin
Gierth, Erhard, cand. ing., Potsdam
Hack, Rudolf, Student, Berlin
Hanke, Josef, Ingenieur, Bln.-Charlottenburg
Hapt, Paul, Straßenbahndirektor a. D., Berlin
Hördegen, Jos., Dipl.-Ing., Finkenkrug
Horstmann, Hans, Ingenieur, Bln.-Friedenau
Hubmann, Werner Dr.-Ing., Bln.-Tempelhof
Kahmann, Albrecht, Dipl.-Ing., Bln.-Siemensstadt
Gebr. Kaiser & Co. A.-G., Berlin
Kirchberg, Walter, Dipl.-Ing., Bln.-Hermsdorf
Langer, Erwin, Ingenieur, Berlin
Leinweber, Hermann, Dipl.-Ing., Bln.-Lichterfelde
Lenners, Günther, Dipl.-Ing., Bln.-Wilmersdorf
Logothetidis, Konstantin, Student Berlin
Matkul, Sultan, Dipl.-Ing., Bln.-Schöneberg
Maier, Karl, Dipl.-Ing., Nauen
Mezey, Emil, Direktor, königl. ung. Oberregierungsrat, Bln.-Charlottenburg
Michaelsen, Kurt, Ingenieur, Berlin
Müller, Willy, Elektroing., Berlin
Mumin, Tulagan, Dipl.-Ing., Bln.-Baumschulenweg
Pfirschke, Paul, Dipl.-Ing., Berlin
Pröder, Franz, Betriebsleiter, Lasa
Popp, Albert, Ingenieur, Landsberg (Warthe)
Porsch, Heinz, Dipl.-Ing., Bln.-Steglitz
Pulides, Perikles, Dipl.-Ing., Bln.-Charlottenburg
Randel, Cuno, Elektroing., Bad Godesberg
Riebschlaeger, Willi, Elektromeister, Bln.-Buch
Saro, Richard, Techniker, Bln.-Neukölln
da Silva, Moacyr, Ingenieur, Berlin
Schjölberg-Henriksen, Einar, Obering., Oslo
Schmidt, Hanns, Vertreter der Steatit-Magnesia A.-G., Berlin
Schmitz, Johannes, cand. ing., Bln.-Schöneberg
Scholz, Kurt, Ingenieur, Potsdam
Stein, Wilfried, cand. ing. electr., Bln.-Wilmersdorf
Stein, Willy, cand. ing., Berlin
Steineke, Anton, Dipl.-Ing., Berlin
Teichler, Friedrich, Direktor der „Vauelfa", Berlin
Tschanter, Ernst, cand. ing., Berlin
Thurm, Arno, cand. rer. electr., Bln.-Charlottenburg
Zacharow, Michael, Dipl.-Ing., Bln.-Charlottenburg.

Nachtrag

zum Bericht über die Fachsitzung für den Bau und Betrieb von Elektrizitätswerken (EVE) am 29. Oktober 1929[1]

Besprechung des Vortrags[2]

des Herrn Dir. Dipl.-Ing. Tama:

„Die Verwendung von Kondensatoren zur Verbesserung des Leistungsfaktors unter besonderer Berücksichtigung praktischer Erfahrungen".

Vorsitz: Herr Oberingenieur Wronkow.

Nachträglich schriftlich eingegangene Äußerung.

Herr **F. Dittrich** (Tetschen): Es dürfte verfrüht sein, den Kondensator in jedem Falle als die technisch und wirtschaftlich richtigste Lösung der Kompensation des Blindstromes anzusehen. Die maschinelle Kompensation wird nach wie vor dort am Platze sein, wo man die Blindstromerzeugung einem Motor mit übertragen kann, der gleichzeitig eine im Verhältnis zur geforderten Blindleistung hohe Wellenleistung abgeben muß. Da überkompensierte Synchron- oder Asynchronmotoren bei $\cos\varphi = 0{,}8 \ldots 0{,}7$ voreilend mit einem Wirkungsgrad gebaut werden können, der gleich oder wenig verschieden von dem normaler Motoren ist, so wird man in vielen Fällen mit einem oder mehreren solcher Motoren die gewünschte Kompensation mit geringeren Anschaffungskosten als mit Kondensatoren erreichen. Auch in Anlagen mit größeren Motoren kann man oftmals durch nachträgliche Aufstellung von Drehstrom-Erregermaschinen die Kompensation der Anlage wirtschaftlicher durchführen als mit Kondensatoren.

Insbesondere wird auch die reine Blindstrommaschine zur Erzeugung großer Blindleistungen noch so lange das Feld behaupten, als es nicht gelingt, die Anschaffungskosten der Kondensatoren zu verringern, wie dies auch von Herrn SCHÜLER ausgeführt wurde. Die höheren Verlustkosten gegenüber Kondensatoren können im Vergleich zu dem höheren Kapitaldienst für Kondensatoren vielfach in Kauf genommen werden. Auch die Einschaltstromstöße und der evtl. Einbau von die Betriebsicherheit herabsetzenden Überschalt-Vorwiderständen sprechen oft gegen Kondensatoren.

Die Einsicht, daß man reine Blindstrommaschinen, auch für kleinere Leistungen, nicht mit den gleichen Verlusten ausführen kann, wie diese bei Generatoren üblich bzw. überliefert sind, hat merkwürdigerweise ziemlich lange auf sich warten lassen, obwohl das Bedürfnis nach solchen Maschinen schon längere Zeit besteht. Im Zusammenhang

[1] ETZ 1930, S. 1248.
[2] ETZ 1930, S. 1227

Digitized by Google

...ist möchte ich erwähnen, daß bereits vor 6 Jahren die ... Kolben in Prag solche besonders ausgelegte Synchron-...idstrommaschinen für eine Leistung von 200 BkW mit ... 5,5 % Verlusten lieferte.

Übrigens ist nicht einzusehen, warum man gerade nur Phasenschiebern solche niedrige Verluste fordern soll, sie ja schließlich auch bei Generatoren wirtschaftlich ...indestens dieselbe Bedeutung haben. Man sollte nicht nur in den Antriebsmaschinen Verbesserungsmöglichkeiten ...uchen sondern auch die Generatorverluste in ähnlicher Weise wie bei Phasenschiebern durch geringe Sättigung, ...gierte Bleche u. ä. herabsetzen. Im Gegensatz zu den Kraftmaschinen, bei denen die die Verluste bedingenden Teile Veränderungen unterliegen, die mit der Zeit zu oft recht beträchtlicher Erhöhung derselben führen, bleiben die verringerten Generatorverluste konstant.

Schließlich wäre noch zu erwägen, ob man nicht den in Dänemark beschrittenen und auf der Weltkraftkonferenz[1] zur Sprache gebrachten Weg allgemein gehen sollte. Die Motoren sind dann nur ganz schwach zu sättigen, damit sie selbst bei Halblast noch mit $\cos\varphi = 0{,}9$ arbeiten. Diese Erwägung findet bereits bei Motoren Anwendung, die bei schwacher Belastung in Stern geschaltet arbeiten, während sie bei normaler Last in Dreieck geschaltet sind.

Elektrotechnischer Verein
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

Geschäftsstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 7 Pallas 7286.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Bekanntmachung.
Kommission für Fernmeldetechnik.

Die am 15. Juni 1930 in Vertretung der Jahresversammlung abgehaltene ordentliche Ausschußsitzung hat den Vorstand des VDE bevollmächtigt, Änderungen an den ab 1. Januar 1928 in Kraft befindlichen

„Regeln für die Bewertung und Prüfung von galvanischen Elementen"

nach Abschluß der Bearbeitung in der zuständigen Unterkommission „Galvanische Elemente" mit dem Tage der Verkündung an dieser Stelle in Kraft zu setzen.

Die Änderungen waren bedingt durch die jetzt ebenfalls abgeschlossenen und in nächster Zeit bezugsfertigen zugehörenden Normblätter DIN VDE 1205 und 1206.

Der Vorstand hat die Änderungen an den Regeln genehmigt; diese treten somit am Tage ihrer Verkündung in Kraft.

Die Änderungen werden nachstehend bekanntgegeben.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

Änderungen der „Regeln für die Bewertung und Prüfung von galvanischen Elementen".

Der Klammerausdruck unter dem Titel „(Zink-Kohle-Braunstein-Elemente)" wird gestrichen.

Inhaltsübersicht.

IV. Bestimmungen für die Messung.
§ 9. Klemmenspannung.
§ 10. Entladungen.
§ 11. Messung nach Lagerung.
§ 12. Entladewiderstände.

V. Abmessungen.
§ 13.

VI. Höchst- und Mindestwerte.
§ 14.

[1] Z. VDI Bd. 74, S. 1024 (1930).

I. Allgemeines.

§ 2.

Geltungsbereich.

Dieser Paragraph erhält folgenden geänderten Wortlaut:

„Diese Regeln gelten für Trocken- (*T*), Füll- (*F*) und Naßelemente (*N*) mit Zink und Kohle."

§ 3.

Aufschrift.

Dieser Paragraph erhält folgenden geänderten Wortlaut:

„Jedes Element muß ein Ursprungzeichen haben, das den Hersteller erkennen läßt. Bei Trocken- und Füllelementen müssen Woche und Jahr der Herstellung leicht und deutlich erkennbar verzeichnet sein. Das Klassenzeichen „ZKT", „ZKF" oder „ZKN" (mit Größenzahl) ist außerdem anzugeben. Die Bezeichnungen sollen so angebracht sein, daß sie nicht ohne weiteres entfernt werden können."

II. Begriffserklärungen.

§ 4.

Zwischen den Begriffserklärungen „Klemmenspannung" und „Innerer Widerstand" ist folgende neue Begriffserklärung einzufügen:

„Spannungsabnahme ist der Unterschied zwischen offener Spannung und Klemmenspannung."

III. Behandlung.

§ 5.

Die Überschrift von a) und der erste Absatz werden, wie folgt, geändert:

„a) Naßelemente.

Das Ansetzen der Naßelemente geschieht in der Weise, daß zunächst die gesäuberten Gläser etwa bis zur Hälfte mit reinem Wasser gefüllt werden."

b) Trockenelemente.

Der zweite Satz „Die für jede Klasse zulässige Lagerzeit ist aus DIN VDE 1205 zu ersehen" wird gestrichen.

c)

Die Überschrift von c) wird, wie folgt, geändert:

„c) Füllelemente."

In dem ersten Satz des zweiten Absatzes werden die Worte „der auffüllbaren Elemente" geändert in „der Füllelemente".

IV. Bestimmungen für die Messung.

§ 6.

Allgemeines.

Der zweite Absatz wird, wie folgt, geändert:

„Bei Naß- und Füllelementen sind die Messungen nach Erfüllung von § 5 a) und c) vorzunehmen."

§ 9.

Dieser Paragraph erhält folgenden geänderten Wortlaut:

„§ 9.

Klemmenspannung.

Die Klemmenspannung des Elementes ist bei Entladung über 1 Ω nach 1 s zu messen.

Der innere Widerstand ist aus der Spannungsabnahme zu ermitteln."

§ 11.

Der bisherige § 11 wird gestrichen.

§ 11 (früher 12).

Messung nach Lagerung.

In dem ersten Satz werden die Worte „auffüllbaren Elemente" geändert in „Füllelemente".

V. Abmessungen.

§ 13 (früher 14).

Dieser Paragraph wird, wie folgt, erweitert:

„Die Abmessungen sind in DIN VDE 1205 und 1206 festgelegt."

VI. Höchst- und Mindestwerte.

§ 14 (früher 15).

Dieser Paragraph erhält folgende Fassung:

„Die Höchst- und Mindestwerte (siehe §§ 8 bis 10), denen die Elemente genügen sollen, sind in DIN VDE 1205 und 1206 festgelegt."

Digitized by Google

Bezug von Einbanddecken für den Jahrgang 1930 der ETZ.

Wir werden mit Abschluß des Jahres 1930 wiederum den Beziehern der ETZ Einbanddecken zur Verfügung stellen.

Die Preise sind die gleichen wie im Vorjahr und werden 2,20 RM für den Halbjahr-Band einschließlich Versandkosten betragen.

Bestellungen erbitten wir schon jetzt aufzugeben, damit rechtzeitige und pünktliche Lieferung gesichert ist.

Die Bestellung kann erfolgen durch Einzahlung auf unser Postscheckkonto, Berlin 213 12 (Versandanschrift genau aufgeben, ebenso Vermerk beifügen „ETZ-Einbanddecke") oder durch schriftliche Bestellung. In letzterem Falle erfolgt der Versand durch die Verlagsabteilung des VDE, Berlin W 57, Potsdamer Str. 68, unter Nachnahme.

Verband Deutscher Elektrotechniker.

Der Generalsekretär:

P. Schirp.

SITZUNGSKALENDER.

Elektrotechn. Gesellschaft Frankfurt a. M. 5. XI. 1930, abds. 8h, Kunstgewerbeschule, Neue Mainzer Str. 47: Lichtbildervortrag Dipl.-Ing. Neugebauer, „Neue Schaltungen zur Erfassung von Kurzschlüssen und Erdschlüssen in Netzen".

Oberschles. Elektrotechn. Verein, Gleiwitz. 24. X. 1930, nachm. 5h, Büchereisaal der Donnersmarckhütte, Hindenburg: a) Vortrag Dr. Melan, „Die Entwicklung der Grenzleistungsturbinen". b) Vortrag Obering. Kropff, „Die wichtigsten Eigenschaften der Turbogeneratoren und ihre Grenzleistungen".

Württ. Elektrotechn. Verein, Stuttgart. 25. X. 1930, abds. 6h, Radiovortrag Obering. H. Büggeln, „Die Erschließung neuer Energiequellen für die Elektrizitätsgewinnung und ihre Bedeutung für die deutsche Volkswirtschaft".

BRIEFE AN DIE SCHRIFTLEITUNG.

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Schriftleitung und ohne deren Verbindlichkeit.)

Zusatzisolator für Hochspannungsisolatoren.

In der Beschreibung eines den Herren M. BRIEM und W. STELLING, Stade, patentierten Zusatzisolators für Hochspannung-Stützenisolatoren in der ETZ 1930, S. 361, heißt es am Schluß, daß der Umbau, d. h. der Einbau der Zusatzisolatoren, während des Betriebes vorgenommen werden kann. Diese Behauptung dürfte wohl nicht zutreffend sein, da sich kaum ein Monteur finden wird, der so leichtfertig sein Leben aufs Spiel setzt und sich an einem unter Spannung befindlichen Stützenisolator zu schaffen macht.

Hannover, 12. III. 1930. Ernst Fauth.

LITERATUR.

Besprechungen.

Elektrische Gleichrichter und Ventile. Von Prof. Dr.-Ing. A. Güntherschulze. 2. erw. u. verb. Aufl. Mit 305 Textabb., IV u. 330 S. in gr. 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1929. Preis geb. 29 RM.

Das Buch hat in der zweiten Auflage eine vollkommene Umarbeitung und bedeutende Erweiterung erfahren, welch letztere teils bedingt ist durch die in der kurzen Zeit seit Erscheinen der ersten Auflage aufgetauchten neuen Gleichrichtertypen. Der Stoff ist so eingeteilt, daß zunächst der Mechanismus der verschiedenen selbsttätigen Ventile erörtert wird. In dem ersten Abschnitt über die Ventile Metall—Metall sind die Trockenplatten-Gleichrichter neu hinzugekommen. Es folgt dann eine sehr erschöpfende Abhandlung über die wichtigsten Ventile, nämlich die glühelektrischen, die Glimmentladungs- und die Lichtbogenventile. Dieser Abschnitt über die Theorie der Ventile ist es, der das Buch besonders von den anderen Werken über Gleichrichter auszeichnet, wie schon von dem Besprecher der ersten Auflage erwähnt wurde. Vollkommen neu bearbeitet sind die Glimmlichtventile den Fortschritten entsprechend, die auf diesem Gebiet in den letzten Jahren erzielt sind. Erwähnenswert ist eine erweiterte Abhandlung über das Pseudohochvakuum.

Im Abschnitt über Lichtbogenventile sind sowohl die bereits im Jahre 1910 vom Verfasser vorgenommenen Messungen des Rückstromes beschrieben als auch die neueren Versuche von v. Issendorf. Neu hinzugekommen ist eine kurze Abhandlung über den Wolframlichtbogen.

Ein Abschnitt über die „Technik der Gleichrichtung" zeigt die Analyse und Form von Strom- und Spannungskurven mit besonderer Berücksichtigung der Gleichrichter. Es folgt dann eine kurze Beschreibung der Schwierigkeiten bei der Messung von pulsierenden Gleichströmen und -spannungen. Hier ist ein Widerspruch vorhanden, indem gesagt wird, daß Drehspulinstrumente bei motorischer Wirkung des pulsierenden Stromes falsch anzeigen würden, während in dem späteren Abschnitt über die Berechnung der Gleichrichter richtigerweise für die Messung des Effektverbrauches von Nebenschlußmotoren Amperestundenzähler als brauchbar genannt werden. Für die Berechnung der Stromkurven wird ein graphisches Verfahren angegeben.

Die letzte Hälfte des Buches beschreibt an Hand zahlreicher Abbildungen die konstruktive Ausführung sämtlicher Gleichrichtertypen, u. zw. sowohl die Ausführung der Ventile selbst als auch ihrer Zubehörteile und Hilfseinrichtungen. Hier sind auch die „mechanischen Gleichrichter" behandelt, die vielleicht besser als Gleichrichter mit „gesteuerten Ventilen" zu bezeichnen wären. Es drängt sich dann gleich ein Vergleich mit den selbsttätigen und gesteuerten Ventilen im Maschinenbau auf und mit den Schwierigkeiten, die entstehen würden, wenn man eine Kolbenpumpe mit gesteuerten Ventilen unter Vermeidung des Wasserschlages (Unterbrechungslichtbogen) bauen wollte. Der in der ersten Auflage nur kurz erwähnte Quecksilber-Wellenstrahlgleichrichter ist hier ausführlich beschrieben. Im übrigen bietet dieser Abschnitt eine sehr gute Übersicht über die vielen verschiedenen Ausführungsformen von Glühkathoden-, Glimmlicht-, Trockenplatten- und Quecksilberdampf-Gleichrichtern. In dem Kapitel über die Großgleichrichter sind jetzt auch die Konstruktionen der Firma Bergmann gezeigt.

Nachdem noch die Verwendung der Ventile zu Meßzwecken und die Gleichstromtransformierung erwähnt sind, folgen zum Schluß ein Verzeichnis der noch gültigen Gleichrichterpatente sowie ein Literaturverzeichnis.

An der Ausstattung fällt gegen die erste Auflage angenehm auf, daß die Abbildungen im Text verteilt sind, so daß das lästige Zurückblättern fortfällt.

Hans Nielsen.

Technische Elektrochemie. Von Prof. Dr. K. Arndt. Mit 438 Abb., XV u. 708 S. in gr. 8°. Verlag Ferdinand Enke, Stuttgart 1929. Preis geh. 52 RM., geb. 55 RM.

Die gegenseitige Umwandelbarkeit von elektrischer in chemische Energie bedingt letzten Endes die vielfach gegenseitige Durchdringung von Elektrotechnik und Elektrochemie. Mit Recht wendet sich daher der Verfasser ebenso sehr an den Elektrotechniker wie auch an den Chemiker und zeigt an Hand eines glänzenden Anschauungsmaterials den hohen Stand der technischen Elektrochemie, deren machtvoller Aufschwung in Deutschland im Laufe der letzten zwanzig Jahre vom Verfasser in wichtigen Zweigen miterlebt und mitgefördert wurde. Dies gilt vor allem für die Schmelzfluß-Elektrolyse, insbesondere die Aluminiumgewinnung, für die Fabrikation von Elektrodenkohle und Graphit und die Vervollkommnung der galvanischen Elemente (Sammlerbatterie). Außerordentlich interessant ist die Schilderung des Herstellungsverfahrens der Kohleelektroden, das in den Lehrbüchern bisher kaum Beachtung gefunden hat, obwohl die heutige Elektrochemie und auch Elektrotechnik ohne dieses künstliche Material praktisch undenkbar sind.

Ganz besonders sei der Elektrotechniker auf das Kapitel der Elektrothermie hingewiesen, weil der gewaltige Energiebedarf elektrothermischer Verfahren für den Spitzenausgleich der Großkraftwerke wiederholt mit Erfolg herangezogen wurde. Hier hat sich in den deutschen Großkraft-Dampfwerken eine Entwicklung angebahnt, die für

Digitized by Google

die Elektrotechnik und Elektrochemie gleich beachtenswert ist, und die mit Recht in dem einleitenden Kapitel gewürdigt wird.

Schließlich sei eine Eigenart des Buches hervorgehoben, die vor allem der Praktiker zu schätzen weiß, und die eine weite Verbreitung des Werkes in den Fabrikbetrieben voraussagen läßt. Diese Eigenart betrifft die außerordentlich verdienstvolle Zusammenstellung physikalischer und chemischer Untersuchungsmethoden, u. zw. für jedes Erzeugnis und auch für die Rohstoffe. Hierbei werden nur solche Methoden und Apparate beschrieben, die sich im praktischen Betriebe bewährt haben. Die beigefügten zahlenmäßigen Ausführungsbeispiele ermöglichen dem Betriebsingenieur ohne weiteres die Benutzung und bedeuten für ihn oft eine unschätzbare Hilfe.

Die Ausstattung des Werkes ist ausgezeichnet.

Ernst Schlumberger.

Elektrische Bahnen. Bearb. v. Reg.-Baumstr. a. D. O. Höring (Siemens-Handbücher Bd. 15). Mit 502 Abb., 9 Zahlentaf., 1 Karte, 8 Tiefdruckbeilagen, XV u. 515 S. in 8°. Verlag von Walter de Gruyter & Co., Berlin u. Leipzig 1929. Preis geb. 15 RM.

Das Erscheinen dieses Buches fällt mit der 50-Jahrfeier der Einführung des elektrischen Betriebes auf Bahnen durch Werner von Siemens zusammen. Mehrere Kunstbeilagen zeigen historisch merkwürdige Ausführungen der Siemenswerke. Wenn auch das Buch nur einen Überblick über das Arbeitsgebiet der Bahnabteilungen der Siemenswerke geben will, so kann es doch auf ziemlich erschöpfende Darstellung des ganzen Stoffes Anspruch erheben. An der Abfassung des Buches sind eine Reihe bekannter Bahnfachleute der Siemenswerke beteiligt. Die einheitliche und flüssige Darstellung und die schöne Ausstattung des Buches sind zu rühmen. Da nach einem Werk über elektrische Bahnen, in welchem die großen Gesichtspunkte herausgearbeitet sind, ein Bedürfnis vorhanden ist, wird das Buch sicher einen großen Leserkreis finden.

Schwaiger.

Jahrbuch der Brennkrafttechnischen Gesellschaft E. V. 9. Bd., 1928. Mit zahlr. Abb. u. 68 S. in 4°. Verlag Wilhelm Knapp, Halle a. S. 1929. Preis geh. 7,50 RM.

Der neue Band des Jahrbuches enthält wiederum eine Reihe wertvoller Vorträge, unter denen der rein wissenschaftlich gerichtete von Aufhäuser (Hamburg) über „Form und Wesen der Verbrennung" besonders hervorzuheben wäre, während den Elektrotechniker besonders der von Flatt (Zürich) über „Hochdruckdampf- und Dieselmaschine" interessieren wird, in dem der Verfasser eine wirtschaftliche Abgrenzung zwischen beiden Antriebsmaschinen für Generatoren zu finden sucht. Leider sind seine Ausführungen wenig verwertbar, weil die annähernd richtigen Ergebnisse überwiegend dadurch zustande gekommen sind, daß die zahlreichen in den Ansätzen vorhandenen Fehler sich teilweise gegenseitig aufheben. Die Errichtungskosten für Dampfkraftwerke von 100 at sind mit 250 RM/kW viel zu niedrig, die für Dieselkraftwerke mit 300 RM/kW ebenso zu hoch angesetzt. Anderseits dürften nur ganz wenige Elektrizitätswerke eine Kohle von 7500 kcal (Anthrazit?) verfeuern oder 30 RM/t Kohle ausgeben. Eine Rohbraunkohle von 3000 kcal wird höchst selten vorkommen und ein Preis von 6 RM/t ebenfalls. Diese Rechnungen geben daher keine Vergleichszahlen. Von der Dampftemperatur ist gar keine Rede, so daß man nicht weiß, auf welche Temperatur sich die Ausführungen beziehen, und doch ist für den thermischen Wirkungsgrad die Temperatur bedeutungsvoller als der Kesseldruck. Die Belastungsfaktoren, für die Rechnungen durchgeführt sind (1; 0,75; 0,5 und 0,25), haben entweder gar keine praktische Bedeutung oder kommen für die meisten Werke nicht in Betracht, die gewöhnlich vorkommenden werden zwischen 0,25 und 0,35 liegen. Für ein reines Spitzenwerk ist auch ein Belastungsfaktor von 0,125 viel zu hoch. Sehr interessant ist die in der Diskussion von einem Direktor der Hapag gemachte Mitteilung, daß Großdieselmotoren sich keinesfalls sofort auf volle Belastung bringen lassen, sondern daß stundenlanges Anwärmen durch Einpumpen von heißem Wasser in die Kühlkanäle notwendig sei. Leider hat der Verfasser geglaubt, über die Hälfte des Textes seines Vortrages gesperrt drucken lassen zu müssen; dadurch wird das Lesen zu einer Strapaze. Hamm.

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Die deutsche Elektroindustrie im 3. Vierteljahr 1930[1]. — Der Bericht der Industrie- und Handelskammer in Berlin besagt, daß sich die Lage der elektrotechnischen Industrie, besonders im Inland, während der Monate Juli/September i. a. noch weiter verschlechtert hat. Der Grund liegt neben dem nach wie vor wirksamen Umstand, daß für erforderliche Erweiterungen, Ergänzungen und Ersatzeinrichtungen die notwendigen finanziellen Mittel fehlen, für die meisten Gebiete neuerdings darin, daß in Auswirkung der allgemeinen Wirtschaftsdepression die Ausnutzung der vorhandenen elektrischen Anlagen aller Art durch die Abnehmerschaft in zunehmendem Umfang zu wünschen übrig läßt. Die Stromabgabe der öffentlichen Elektrizitätswerke ist im allgemeinen stark zurückgegangen. Die Stromerzeugungsbetriebe, die vor Jahresfrist mit einem weiteren Ansteigen des Verbrauchs gerechnet und ihre Anlagen entsprechend erweitert hatten, verfügen z. Z. über eine frei gewordene Produktionsreserve, die Erweiterungen der Erzeugungs- und Verteilungsanlagen bis auf weiteres unnötig erscheinen läßt. Ferner haben die vor allem in kommunalem Besitz befindlichen Straßenbahnen einen fühlbaren Rückgang des Verkehrs zu beklagen. Daneben ist die schlechte Finanzlage des Reichs, der Staaten und Kommunen sowie die durchweg unzulängliche Beschäftigung der Industrie das Hemmnis des elektrotechnischen Geschäfts. Die Reichsbahn konnte bisher dem Vollbahnengeschäft den nötigen Auftrieb nicht ermöglichen. Die auf Veranlassung der Reichsregierung zur Stützung der Wirtschaft von der Reichsbahngesellschaft beabsichtigten Vergebungen stehen noch aus, werden aber nur einen sehr geringen Umfang erreichen. Die vor allem für die Schwachstromindustrie wichtigen Aufträge der Reichspost haben zwar infolge der aus den gleichen Gründen wie bei der Reichsbahn vorgenommenen Zusatzvergebungen eine gewisse Verstärkung erfahren, stellen aber zusammen mit den normalen Aufträgen kein größeres Kontingent für die Beschäftigung dar als die des Vorjahres, die keineswegs befriedigend waren. So sind die Fabriken von Maschinen, Kabeln und Apparaten wie auch die Telegraphen- und Fernsprechapparate-Bauanstalten durchweg ungenügend beschäftigt, und es mußten zahlreiche Entlassungen von Arbeitern und Angestellten vorgenommen werden. Der trostlose Stand der Gemeindefinanzen machte sich noch besonders geltend für den Betrieb von Feuermeldern und Uhren sowie elektromedizinischer Einrichtungen für Krankenhäuser. Die Notlage aller Industriezweige hatte den gleich ungünstigen Einfluß auf die Bestellung elektrischer Antriebe und der Einrichtungen für Wärmetechnik. Alle genannten Umstände zusammen wirkten endlich lähmend auf die gesamte Privatkundschaft, was sich in dem nachlassenden Umsatz von elektrischen Haushaltungsartikeln und Installationsmaterialien geltend machte. Eine von wenigen Ausnahmen bildete das Geschäft in Rundfunkartikeln, das sich nach wie vor auf einer gewissen Höhe hielt. Weniger stark als im Inlands- war der Rückgang im Auslandsgeschäft. Doch sowohl hier wie auf dem Inlandsmarkt bewirkte die immer dringender werdende Notwendigkeit, zur Beschäftigung der Belegschaften Aufträge hereinzubringen, in dem dadurch verschärften Wettbewerb eine weitere Verschlechterung der Preise und Zahlungsbedingungen.

Metallpreise im 3. Vierteljahr 1930[2]. — Für das wichtigste NE-Metall — Kupfer — brachte das 3. Vierteljahr Preisabschläge, die den Kupferpreis auf einen Stand herabtrieben, den man rückschauend erst im Jahre 1895 wiederfindet. Mitte Juli setzte das Kartell seine Preise dreimal herab, am 11. VII. von 12,30 auf 11,80 cts, am 18. VII. auf 11,55 und am 22. VII. auf 11,30 cts, aber immer erst nach längerem Zögern den Notierungen der Londoner Börse und den V. S. Amerika-Inlandnotierungen folgend. Bis Ende September blieb dann der Kartellpreis unverändert, obwohl auch in dieser Zeit nicht nur die Notierungen für Standardkupfer in London weiter abbröckelten, sondern auch in den V. S. Amerika die Notierungen nachgegeben hatten. Erst Ende September, nach einem weiteren Baisse-Vorstoß an der Londoner Börse und stärkeren Unterbietungen der Kartellpreise durch die Lohnhütten, setzte das Kartell abermals in drei Etappen seine Preise herab, am 16. IX. auf 11,05 cts, am 19. IX. auf 10,80, am 30. IX. auf 10,30 cts, welch letzterer Preis einer Delnotiz in Berlin von 96.25 RM/100 kg entspricht. Die Gründe für diese Preisentwicklung sind ferner zu sehen in dem rückgängigen Absatz, dem eine weitere Einschränkung der Produktion nicht gegenübersteht, und der sich daher in weiterem Anschwellen der Vorräte (s. u.) auswirkte. Dazu kommt der Preisdruck, den die V. S. Amerika-

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1539; 1930, S. 1124.
[2] Vgl. ETZ 1929, S. 1644; 1930, S. 1088.

Digitized by Google

Lohnhütten fortgesetzt durch ihre Unterbietungen auf die Preispolitik des Kartells ausüben. Für die Lohnhütten liegt aber eine Grenze für weitere Preissenkungen erst dort, wo ihnen seitens der Gruben keine Erze mehr geliefert werden, es sei denn, daß die Grubenhütten das alte Garantieabkommen erneuern. Wo aber für die Ohne-Hütte-Gruben die unterste Preisgrenze liegt, ist schwer zu sagen.

Zinn. Hier erfolgte Anfang Juli ein scharfer Preiseinbruch, der aber durch Stützungskäufe des Londoner Kartells wieder ausgeglichen werden konnte. Unter mehr oder minder starken Ausschlägen nach unten hielt sich dann der Preis auf etwa 136 £. Ende September, nachdem die London Tin Corp. die Hinausschiebung der Dividendenfestsetzung bekanntgegeben hatte, und mitgerissen von der allgemeinen Baisse am Metallmarkt, folgte ein neuer scharfer Preisfall bis auf 125 £.

Blei. Der Bleipreis hatte bisher innerhalb der allgemeinen Metallbaisse infolge der Stützungsmaßnahmen des internationalen Bleipools, der sich bemühte, den Bleipreis nicht unter 18 £ sinken zu lassen, eine Sonderstellung eingenommen. Man schätzt die Bleibestände, die der Pool aus dem sichtbaren Verkehr zog, auf fast 150 000 sh.t. Die Produktionsziffern sind im August wieder gestiegen und liegen nur wenig unter den August-Ziffern des Vorjahres, während der Konsum immer noch zurückgeht. Bei dieser Lage war ein plötzlicher scharfer Preisrückgang immer gegeben und ist dann auch Ende September erfolgt. Der Preis fiel von 18¼ auf unter 16¾ £.

Zink. Auch dieses Metall konnte sich, nachdem der Preis längere Zeit stabil bei 16 £ gelegen hatte, dem Preissturz Ende September nicht entziehen. Der Preis sank von 16 auf unter 15 £.

Quecksilber. Das Quecksilberkartell war am 1. X. zwei Jahre in Kraft; der offizielle Kartellpreis von 21,75 £ ist bisher unverändert geblieben. Die Notierung cif Hamburg wurde am 4. VII. von 22,50 auf 22,25 £ herabgesetzt.

Aluminium. Auch hier blieb der Preis im 3. Vierteljahr unverändert. Bei dem überaus starken Rückgang bei Kupfer, Zink, Zinn, Blei mehren sich aber die Stimmen, die eine Revidierung der seit Mitte 1929 unveränderten Kartellpreise fordern. Im Zusammenhang mit der Preissenkungsaktion der Deutschen Reichsregierung soll deutscherseits ein Ermäßigungsantrag bei dem Kartell gestellt sein. Man rechnet mit einer Herabsetzung um 20 RM/100 kg.

Bei der heutigen Lage der Metallmärkte ist zur Betrachtung der Preisentwicklung der folgende Überblick über die Vorratsentwicklung einerseits und die Produktion anderseits von besonderer Bedeutung. (Angaben in sh. t, bei Zinn in metr. t. Zinkproduktion ohne Belgien, Holland und Polen.)

	Sichtbare Vorräte am Monatsende				Weltproduktion			
	Januar	Juni	Juli	August	Jahresdurchschnitt	Juni	Juli	August
	1929		1930		1929		1930	
Kupfer	—	—	—	—	178 000	145 800	143 600	148 300
Raffinade (Nord- und Süd-Amerika)	62 700	316 800	322 000	347 700	—	—	—	—
Blister (Nord- und Süd-Amerika)	119 000	253 800	242 200	234 100	—	—	—	—
Blei	—	—	—	—	160 500	150 500	151 300	154 200
Raffinade in den V. S. Amerika	35 000	55 500	62 900	72 800	—	—	—	—
Zink	—	—	—	—	135 100	96 800	92 800	93 200
Roh in den V. S. Amerika	45 900	109 600	117 400	122 600	—	—	—	—
Roh in Großbritannien	2 000	11 500	13 800	14 700	—	—	—	—
Zinn	—	—	—	—	—	—	—	—
Weltvorräte	23 700	42 400	42 200	43 600	—	—	—	—

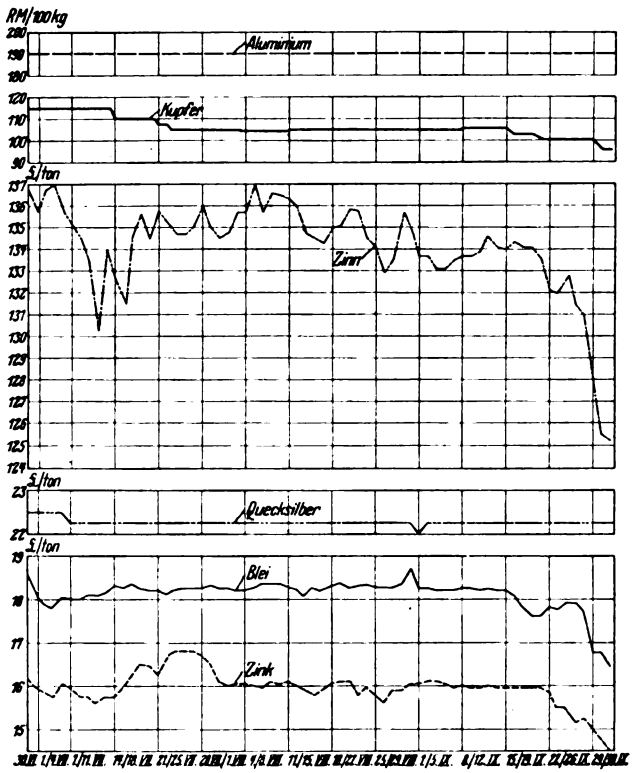


Abb. 1. Metallpreise im 3. Vierteljahr 1930.

Aluminium: 98/99 %, Blöcke und Barren — Elektrolytkupfer: Delnotiz Berlin — Zinn: per Kasse — Zink: nahe Sichten — Blei: nahe Sichten — Quecksilber: in £/Flasche zu 70,80 lbs.

Preisindexziffer der Metallwirtschaft.

1909/13 = 100	Juli	August	1. X.
	Monatsdurchschnitt		
Gesamtindex	87,7	85,8	78,8
Kupfer	82,2	78,8	72,1
Blei	114,1	114,1	97,7
Zink	67,2	66,7	59,6
Zinn	74,0	74,6	70,0
Aluminium	132,0	132,0	132,0
Nickel	107,7	107,7	107,7
Antimon	73,6	79,3	80,0

Lw.

Aus der Geschäftswelt. — Die Brown, Boveri & Cie. AG., Mannheim, hat ihre Beteiligung an der H. Römmler AG., Preßstoffwerke, Berlin-Spremberg, auf etwa 55 % des Aktienkapitals (5 Mill RM) erhöht. Ihre Tochtergesellschaft, die Stotz G. m. b. H., Mannheim-Neckarau, übernimmt den Geschäftsbetrieb der bisher in Besitz von Römmler befindlich gewesenen Kontakt AG., Fabrik elektrotechnischer Spezialartikel, Frankfurt a. M., deren Tochtergesellschaften, die Elektro-Einheitsmaterial G. m. b. H., Salzburg, in die Kontakt-Stotz G. m. b. H., und die Elektro-Kontakt G. m. b. H., Komotau, in die Böhmische Kontakt-Werke AG. umgewandelt werden. Das Stammhaus in Frankfurt a. M. bleibt zwecks Erwerbs und Verwertung gewerblicher Schutzrechte bestehen. — Die Felten & Guilleaume Carlswerk AG., Köln-Mülheim, hat ihre Eisen-, Stahl- und Bergbaubetriebe in einem neuen Unternehmen, der Felten & Guilleaume Carlswerk Eisen- und Stahl AG., Köln, vereinigt und damit von den elektrotechnischen gelöst.

Bezugsquellenverzeichnis.

Die Anfragen sind an die Schriftleitung der ETZ Berlin W 9, Linkstr. 23/24, zu richten. Anfragen ohne Rückporto bleiben unbeantwortet.

Frage 43: Wer fertigt Drahtspanner an, mit denen Freileitungen von einem Mann gespannt werden können?

Frage 44: Wer baut Kleinmotoren mit eingebautem Reduktionsgetriebe?

Abschluß des Heftes: 18. Oktober 1930.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Tardo-Sicherung.

Mitteilung der AEG.

Die Tardo-Sicherung (Abb. 1) ist überstromträge, d. h. sie hält die Überlastungen aus, die der Leitung nicht schaden, insbesondere Einschaltstromspitzen oder intermittierende Überströme.

Man kann z. B. einen Kurzschlußmotor mit 10 A Betriebstrom durch einen 10 A-Tardostöpsel sichern und dementsprechend eine Leitung von 1,5 mm² Querschnitt verlegen. Bei Verwendung der bisher üblichen Schmelzpatronen mußte man in diesem Falle mindestens mit 35 A sichern, also eine Leitung von 10 mm² Querschnitt verlegen. Hieraus ergibt sich, daß man an eine solche zu stark bemessene Leitung von 10 mm² künftig mehrere Stromverbraucher mit Anlaufstromspitzen anschließen kann, sofern die Normalsicherung von 35 A durch einen Tardostöpsel ersetzt wird.

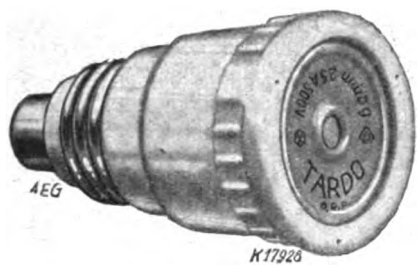


Abb. 1. Tardo-Sicherung, Ansicht.

Die Tardo-Sicherung ermöglicht richtige und volle Ausnutzung des Leitungsquerschnittes, da sie auf Grund ihrer Stromzeit-Charakteristik das thermische Abbild der Leitung ist.

Trotz dieser Eigenschaften arbeitet die Tardosicherung kurzschluß-schnell, sie ist außerdem vollkommen kurzschluß-sicher, da sie bei Kurzschlüssen für alle Spannungen bis 500 V genau und zuverlässig abschaltet.

Von wesentlicher Bedeutung ist auch der außergewöhnlich geringe Spannungsverlust der Tardo-Sicherung, der bei Nennstrom nur etwa $^1/_3$ des Wertes der Normalsicherungen beträgt. Da der geringe Spannungsverlust auch verminderten Wattverbrauch bedingt und der verminderte Wattverbrauch geringe Temperaturzunahme zur Folge hat, ist die Erwärmung der Tardo-Sicherung auch geringer als die der Normal-Sicherung, d. h. die Tardo-Sicherung bleibt kalt.

Der Aufbau der Tardo-Sicherung ist aus Abb. 2 ersichtlich, Abb. 3 zeigt die schematische Darstellung. a und b sind zwei Blechstreifen, die bei c durch ein leicht schmelzendes Lot miteinander verbunden und die ferner so eingebaut sind, daß die Lötstelle unter Federspannung steht. In Reihe mit dieser wärmeträgen Lötstelle liegt ein Schmelzleiter d, parallel zu ihr ein weiterer Schmelzleiter e. f ist eine Überbrückung aus einem hochohmigen Widerstandsmaterial geringen Querschnittes, g endlich ein Kenndraht von ähnlichem Material wie f.

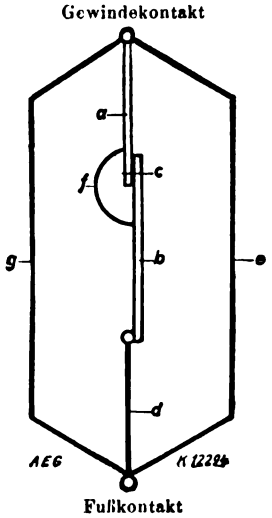


Abb. 2. Aufbau der Tardo-Sicherung.

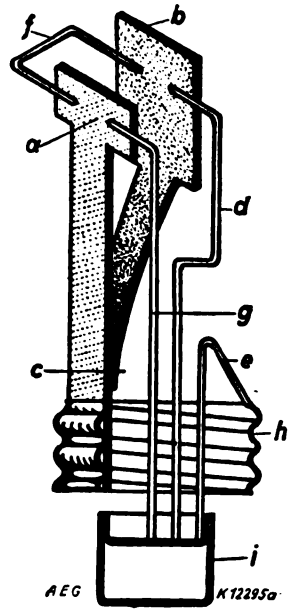
Die Sicherung arbeitet, wie folgt: tritt eine Überlastung des Stromkreises ein, so erwärmt sich allmählich die Lötstelle c, teils direkt durch die Wirkung des sie durchfließenden Stromes, teils indirekt durch Beheizung seitens des Reihendrahtes d und des Paralleldrahtes e. Ist der Schmelzpunkt des Lotes erreicht, so schnellen die beiden Federn a und b infolge der ihnen innewohnenden Federkraft auseinander. Das an der Öffnungstelle liegende Potential ist infolge des parallel geschalteten Schmelzleiters e so gering, daß die Unterbrechung vollkommen funkenfrei vor sich geht; Lichtbogenbildung ist daher ausgeschlossen. Um unbedingte Sicherheit unter allen, auch den denkbar ungünstigsten Umständen zu haben, ist die Überbrückung f vorgesehen, welche die Spannung an der geöffneten Lötstelle unterhalb der Lichtbogenspannung hält. Sobald sich die Lötstelle geöffnet hat, fließt der weitaus größte Teil des Stromes durch den Paralleldraht e, der nun wie der Schmelzleiter einer gewöhnlichen Sicherung abschmilzt. Schließlich schmelzen auch die Überbrückung f und der Kenndraht g ab. Bei Kurzschluß sprechen die Schmelzleiter d und e sowie der Kenndraht g unmittelbar hintereinander an.

Aus den erwähnten Eigenschaften ergibt sich also, daß die Tardo-Sicherung die wirtschaftlichste Sicherung ist, da eine Abschaltung nur erfolgt, wenn die Anlage oder der Stromverbraucher tatsächlich gefährdet ist.

Für aussetzende Betriebe legen die Errichtungsvorschriften des VDE nach § 20 Abs. 2 für jede Stromstärke den erforderlichen Leiterquerschnitt und die zulässige Sicherung fest. Die Sicherung darf mit Rücksicht auf die Stromspitzen und auf die unzureichende Elastizität der normalen Sicherung 50 vH höher gewählt werden, als der für die Leitung zugelassene Strom.

Werden an Stelle der normalen Sicherungen Tardo-Sicherungen verwendet, so ist die technische Grundlage für die vollständige Ausnutzung der Leitung gegeben.

Eine Überbemessung der Tardo-Sicherung ist hier nicht mehr erforderlich, da sie dem Betriebstrom des Stromverbrauchers angepaßt werden kann.



a = Blechstreifen,
b = Blechstreifen,
c = Lötstelle,
d = Reihendraht,
e = Paralleldraht,
f = Widerstandsdraht,
g = Kenndraht,
h = Gewindering,
i = Fußkontakt.

Abb. 3. Schematische Darstellung des inneren Aufbaues der Tardo-Sicherung.

Bei Verwendung von Installations-Selbstschaltern als Stromkreis- oder Verteilungssicherung war es bisher oft nicht zu vermeiden, daß bei kurzzeitigen Überlastungen oder starken Kurzschlüssen hinter dem Selbstschalter die vorgeschaltete Normal-Hausanschluß-Sicherung in Mitleidenschaft gezogen wurde, da sie nicht träge genug war. Die Tardo-Patrone als Hausanschluß-Sicherung jedoch spricht auch dann nicht an, wenn der dahintergeschaltete Automat nur eine Stromstufe niedriger gewählt wird.

Steigt die Belastung in einer Hausinstallation so an, daß die gewöhnliche Hausanschluß-Sicherung wiederholt abschmilzt, so kann mit der Tardo-Sicherung als Hausanschluß-Sicherung diese Anlage nicht nur weiterbetrieben, sondern darüber hinaus auch besser ausgenutzt werden.

Die Tardo-Sicherung wird für folgende Nennstromabstufungen hergestellt:

mit Gewinde E 27 für 6, 10, 15, 20 und 25 A,
mit Gewinde E 33 für 35, 50 und 60 A.

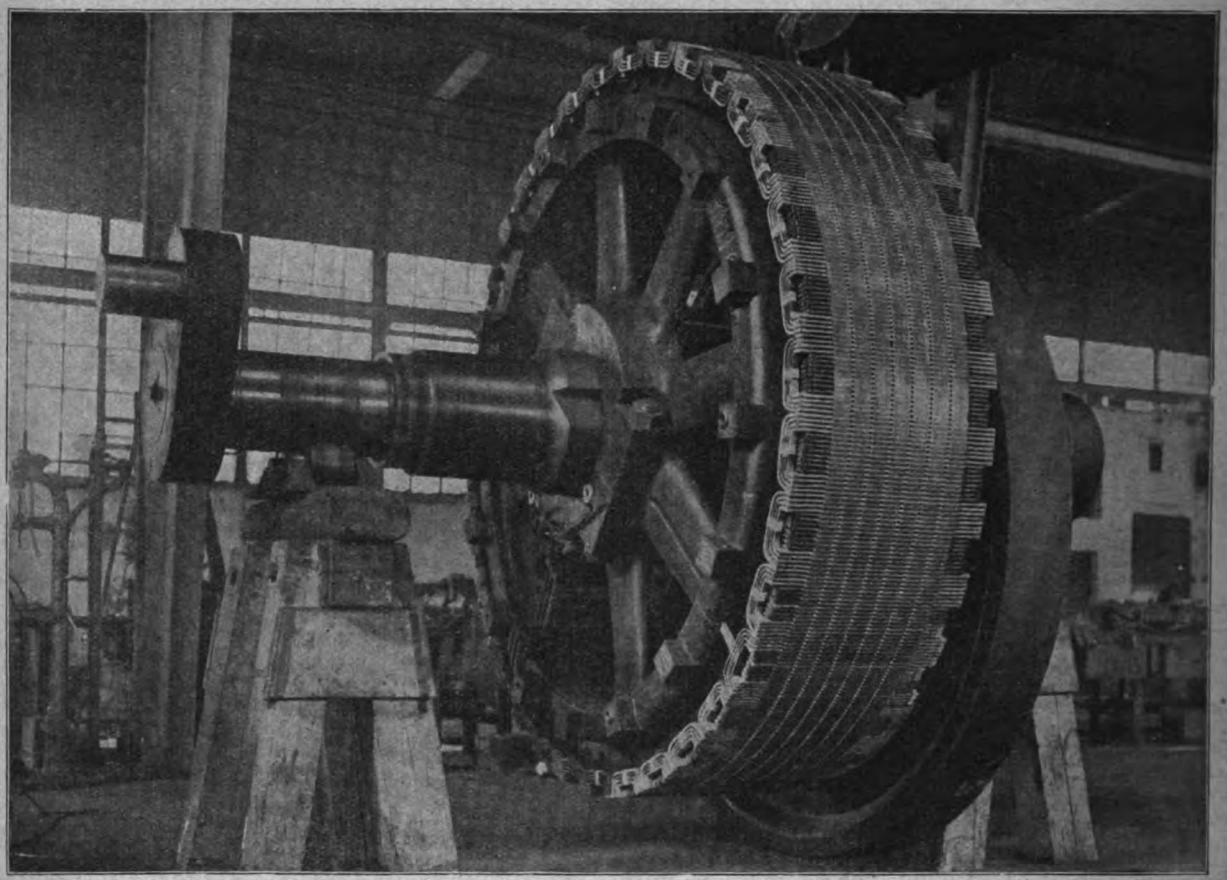
Die Tardo-Sicherung hat das VDE-Zeichen.

Digitized by Google

BROWN, BOVERI & CIE.

AKTIENGESELLSCHAFT / MANNHEIM

WERK DORTMUND



REPARATUR-WERKSTÄTTE

Ausführung von Reparaturen
an elektrischen Maschinen und Transformatoren jeder Art und Größe, sowie jeden Fabrikates, ferner an Dampfturbinen und Turbogebläsen.

Auswuchten von Turbo-Rotoren, Turbinen- und Gassaugerspindeln.

Neuanfertigung von Ersatzteilen jeder Art.
Stanzen von Dynamoblechen.
Montagearbeiten über und unter Tage.

BROWN, BOVERI & CIE., A.-G.

Werk Dortmund, Überwasserstraße 3

Drahtanschrift: Brownboveriwerk, Dortmund · Fernruf: Amt Norden 34151—34154

Digitized by Google

Engineering Library

NOV 1 1 1930

E T Z

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

INHALT

Berechnung der Wirtschaftlichkeit von Verteilungsnetzen aus den Werten der Statistik. Von E. Unger. 1509

Uviol-Glühlampe und Strahlenbehandlung. Von Axmann. 1514

Experimentelle Untersuchung des Alterns von Transformatorenölen. Von A. Smurow. 1515

Das Verhalten asynchron gekuppelter Schwungmassen. Von J. Ruths. 1517

Beseitigungsmaßnahmen bei Rundfunk-Empfangstörungen. Von W. Hasenberg. 1523

Jahresbericht 1930 der Abteilung für Funkwesen und Elektrotechnik der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt e. V., Berlin-Adlershof. Von H. Faßbender. 1525

Mitt. der PTR. Nr. 286. 1527

Rundschau

Hebebrücke m. Antr. durch Einphasen-Kommutatormotor. 1527 — Das Problem d. unsymmetr. Belast. d. Synchron-Drehstromgen. u. d. Drehstromtransf. 1528 — Statische Reduktion einer Frequenz b. Kathodenoszillographen. 1529 — Mess. d. el. Scheinleist. 1530 — Kabelprüfwagen mit umschaltbarem 4-Röhren-Gleichrichtersatz f. Gleichspann. bis 200 000 V. 1530 — Einführ. d. Begriffes „Halbschwingung" b. Zeitmessern. 1530 — Der Gleichstrom-Bahnmotor im Betrieb mit welliger Klemmenspannung. 1530 — Verteil. v. Wechselströmen in Eisenbahnschienen. 1531 — Verlängerungs-Bandkabel „Cortina". 1532 — El. Widerstandsöfen f. d. Eisenhüttenindustrie. 1532 — El. Schweißen v. Rohren in großen Mengen. 1532 — Verkürz. d. Glühzeit f. Temperguß in Elektroöfen. 1532 — Große Meisterkurse f. d. Elektro-Installateurgewerbe. 1533 — Norm. in der Wärme- u. Kälteschutztechnik 1533 — Jahresversamml., Kongresse, Ausstellungen. 1533 — Energiewirtschaft. 1534

Gewerblicher Rechtsschutz. 1534

Vereinsnachrichten. 1535 — **Bekanntmachungen des VDE.** 1536

Sitzungskalender. 1538

Persönliches: W. Christiani †, E. G. Fischinger, Brion, Aeckerlein, J. C. van Staveren. 1538

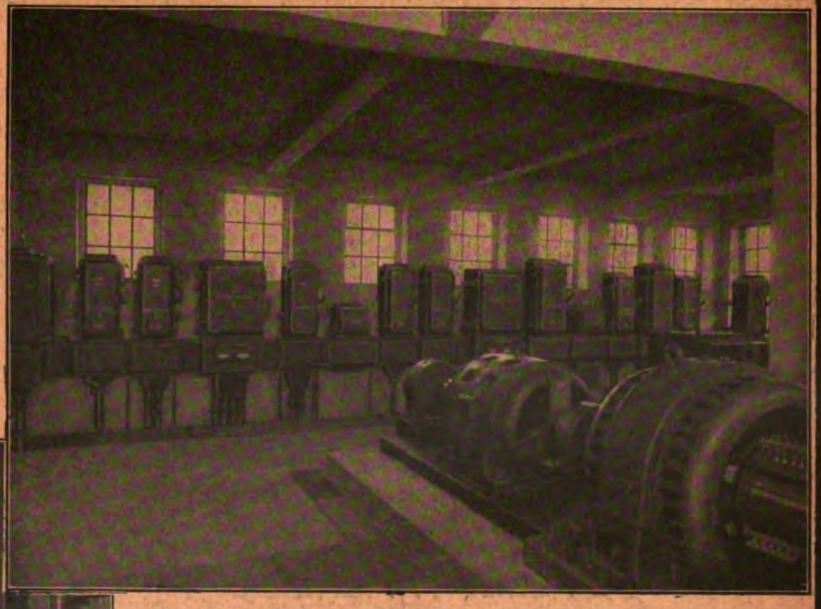
Literatur: B. Gudden, R. Krause, A. E. Müller, Radiotechn. Sammlung Bd. I ... VI. 1538

Geschäftliche Mitteilungen. 1540

Berichtigung. 1540

AEG

Gekapselte Anlagen



mit Selbstschaltern für Fern- und Handbetätigung

Siehe Mitteilungen der AEG auf Seite 29

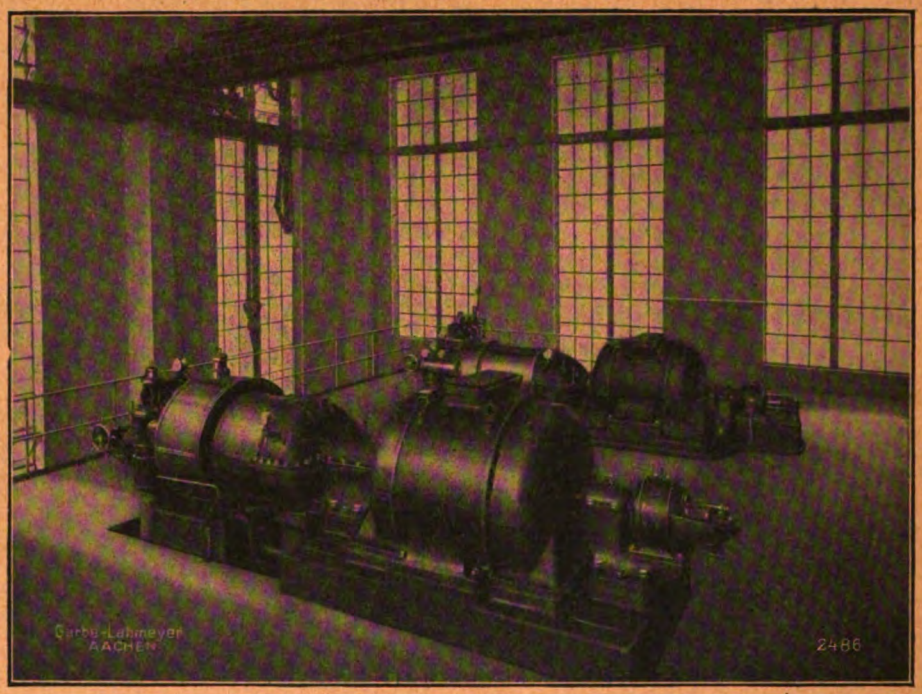
44. HEFT · 51. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W9
(1509-1540) 30. OKTOBER 1930

Digitized by Google

Garbe-Lahmeyer

Dynamos * Elektromotoren
Transformatoren

Fabrikation seit 1886



2 GARBE-LAHMEYER-Drehstrom-Turbogeneratoren,
940 und 1538 kVA, 5500/5600 Volt, 3000 U/min.,
mit Erregerdynamos

AACHEN

1992

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

51. Jahrgang **Berlin, 30. Oktober 1930** **Heft 44**

Berechnung der Wirtschaftlichkeit von Verteilungsnetzen aus den Werten der Statistik.

Von Dr.-Ing. **Eduard Unger**, Nürnberg.

Übersicht. Den Einblick in die Wirtschaftlichkeit von Verteilungsnetzen gewinnt man dadurch, daß man gegebene statistische Unterlagen in die einzelnen Faktoren zerlegt, welche die Wirtschaftlichkeit wesentlich beeinflussen. Die rechnerische Verwendung dieser Faktoren und deren Zusammensetzung für die Beurteilung der wirtschaftlichen Vorgänge in einem Unternehmen sollen der Zweck nachstehender Ausführungen sein.

Für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit sind zunächst zwei Gesichtspunkte zu beachten:

1. Das zur Errichtung der Anlage notwendige Kapital ist zu verzinsen und angemessen abzuschreiben. Dieses Kapital soll als Anlagewert des Werkes bezeichnet werden.
2. Die notwendigen laufenden Ausgaben zur Ermöglichung und Sicherstellung des Verkaufsgeschäftes sind aufzubringen.

I. Anlagewert.

Anlagewert sei der Wert, den die Anlage zum Zeitpunkt der Betrachtung bei Neuherstellung kosten würde. Dieser Wert ist somit ein Zeitneuwert.

Er ändert sich für jede bestehende, früher einmal erbaute Anlage im Lauf der Zeit. Um dies zu berücksichtigen, multipliziert man den Anlagewert zum Zeitpunkt der Herstellung mit dem Verhältnis der Teuerungsfaktoren zum Zeitpunkt der Betrachtung und dem zum Zeitpunkt der Herstellung der Anlage.

Ein Beispiel möge dies erläutern: Eine Anlage wurde im Jahre 1925 erstellt und hat A_{25} RM gekostet. Im Jahre 1925, also im Jahre der Herstellung, sei der durchschnittliche Teuerungsfaktor f_{25} gewesen. Im Jahre 1928, also dem Jahre, welches der wirtschaftlichen Betrachtung zugrunde gelegt werden soll, sei dieser Faktor f_{28}, wobei unter Teuerungsfaktor die Überteuerung gegenüber dem Vorkriegswert zu verstehen ist. Eine Anlage, die den Vorkriegswert von A M hat, kostet

$$\left.\begin{aligned} &A f_{25} \text{ RM im Jahre } 1925 \\ \text{und} \quad &A f_{28} \text{ „ „ „ } 1928 \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots \quad (1)$$

Im obigen Beispiel gilt dann für den Anlagewert des Jahres 1928

$$A_{28} = A_{25}\,\frac{f_{28}}{f_{25}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

Diese einfache Berechnungsweise ist nicht streng richtig, u. zw. deswegen, weil die Anlage zu ihrer Erstellung einer gewissen Bauzeit bedarf. Innerhalb der Bauzeit ist es durchaus möglich, daß der Teuerungsfaktor sich ändert. Ist die Bauzeit nicht zu lang und die Veränderung des Teuerungsfaktors nicht groß, so genügt es, einen Mittelwert der Faktoren zu nehmen. Ist dies nicht der Fall, so ist der Faktor genauer zu berechnen, wobei zu berücksichtigen ist, daß die Zeitpunkte der Geldhingabe zum Bau der Anlagen für den mittleren Teuerungsfaktor eine wesentliche Rolle spielen.

II. Laufende Ausgaben.

1. Verzinsung

Diese ist aufzubringen für das tatsächlich aufgewendete Kapital. Ist das aufgewendete Kapital Leihkapital, so wird der Zinssatz durch die Bedingungen des Darlehnsgebers vorgeschrieben sein. Ist das Kapital Eigenkapital, z. B. Aktienkapital, so ist der Zinssatz ein freier, er wird sich aber den üblichen Sätzen der betreffenden Wirtschaftsgruppe anpassen, wenn es die Rentabilität des Unternehmens zuläßt. Die Anpassung der Zinssätze ähnlicher Gruppen ist dann um so notwendiger, je mehr fremde Geldmittel das Unternehmen zu seinem Ausbau noch benötigt.

2. Abschreibung.

Die Höhe dieser ist häufig festgelegt durch Bedingungen, welche in Konzessionsverträgen enthalten sind. Sind solche Verträge nicht vorhanden, so ist zweckmäßig, die übliche Abschreibungsfrist von 20 ... 30 Jahren zugrunde zu legen.

Teuerungsfaktor.

Dieser Faktor, den wir mit f bezeichnen wollen, drückt aus, wie oben bereits erläutert, wievielmal eine Anlage zu einem bestimmten Zeitpunkt mehr oder weniger wert ist als vor dem Kriege. Zweckmäßig wählt man zur Bestimmung von f folgenden Weg: Man zerlege den Anlagewert, z. B. den Vorkriegswert, in solche Positionen, deren Teuerungsfaktoren sich aus den Preislisten der Fabrikationsfirmen entnehmen lassen. Man bestimmt, welchen Anteil in Prozent diese Positionen an dem Gesamtanlagewert darstellen. Die Anteile multipliziert man mit dem aus den Listen zu entnehmenden zugehörigen Teuerungsfaktor und addiert alle Produkte. Die Summe geteilt durch 100 ist der durchschnittliche Teuerungsfaktor der Anlage. Ein Beispiel möge dies erläutern: Eine Verteilungsanlage bestehe aus Kupfer, Masten, Traversen, Isolatoren usw. Die Aufwände für diese Posten betragen in Reichsmark $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{B}$, $\mathfrak{C}$, $\mathfrak{D}$, ... Die Anteile dieser Posten an dem Gesamtwert (Vorkriegskosten) in Prozenten sind dann:

$$a,\ b,\ c,\ d,\ \ldots .$$

wobei

$$a = \frac{100\,\mathfrak{A}}{\mathfrak{L}};\quad b = \frac{100\,\mathfrak{B}}{\mathfrak{L}};\quad c = \frac{100\,\mathfrak{C}}{\mathfrak{L}};\quad d = \frac{100\,\mathfrak{D}}{\mathfrak{L}} \text{ usw.}$$

ist. $\mathfrak{L}$ bedeutet den Gesamtwert (Vorkriegskosten) der Verteilungsanlage.

Der durchschnittliche Teuerungsfaktor f ist dann

$$f = 0{,}01\,[a f_a + b f_b + c f_c + d f_d + \ldots .] \quad \ldots \quad (3)$$

wobei f_a, f_b, f_c, f_d, ... die Teuerungsfaktoren der einzelnen Positionen sind. Wenn uns die Nachkriegskosten einer Anlage bekannt sind, so läßt sich der Teuerungsfaktor aus folgender Gleichung berechnen:

$$f = \frac{100}{\frac{a'}{f_a} + \frac{b'}{f_b} + \frac{c'}{f_c} + \frac{d'}{f_d} + \ldots .} \quad \ldots\ldots \quad (4)$$

wobei die mit Strich bezeichneten Werte die gleiche Bedeutung haben wie in Gl. (3) die nicht damit versehenen, jedoch mit dem Unterschied, daß sie hier Einzelposten der Nachkriegskosten ($\mathfrak{L}'$) bedeuten. Der Beweis der Richtigkeit von Gl. (4) ist rasch erbracht:

Es ist

$$\left.\begin{aligned} a' &= \frac{100\,\mathfrak{A}'}{\mathfrak{L}'} = \frac{100\,\mathfrak{A} f_a}{\mathfrak{L}'} \\ b' &= \frac{100\,\mathfrak{B}'}{\mathfrak{L}'} = \frac{100\,\mathfrak{B} f_b}{\mathfrak{L}'} \\ c' &= \frac{100\,\mathfrak{C}'}{\mathfrak{L}'} = \frac{100\,\mathfrak{C} f_c}{\mathfrak{L}'} \\ d' &= \frac{100\,\mathfrak{D}'}{\mathfrak{L}'} = \frac{100\,\mathfrak{D} f_d}{\mathfrak{L}'} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots \quad (5)$$

Digitized by Google

Setzt man in Gl. (4) für a', b', c', d' usw. die rechtsstehenden Werte der letzten vier Gleichungen ein, so erhält man aus Gl. (4) $f = \mathfrak{L}'/\mathfrak{L}$, was tatsächlich den mittleren Teuerungsfaktor darstellt.

Beispiel: Es liege eine Abrechnung vor für eine Anlage, die im Jahre 1925 erstellt und verrechnet wurde. Es soll der durchschnittliche Überteuerungsfaktor (gegen Vorkriegswert) für diese Anlage bestimmt werden. Man zerlege die vorliegende Abrechnung, die einen Endbetrag $\mathfrak{L}'$ aufweist, in die Einzelposten $\mathfrak{A}'$, $\mathfrak{B}'$, $\mathfrak{C}'$, $\mathfrak{D}'$, usw. und entnehme aus den Preislisten die Überteuerungsfaktoren (gegen Vorkriegswerte) f_a, f_b, f_c, f_d usw. Diese Werte in Gl. (5) und (4) eingesetzt, erhält man dann für $f = f_{25}$ den durchschnittlichen Überteuerungsfaktor der Anlage.

Man kann auch mit Hilfe von Gl. (4) die Anlagekosten auf ein beliebiges Jahr umrechnen, wenn die Anlagekosten für irgendein Nachkriegsjahr bekannt sind. Liegen diese Kosten z. B. für das Jahr 1925 vor und bezeichnen wir sie mit $\mathfrak{L}_{25}$, so beträgt der Anlagewert für das Jahr 1928 $f'' \mathfrak{L}_{25}$. Der Wert f'' stellt dann den Überteuerungsfaktor des Anlagewertes im Jahre 1928 gegen den des Jahres 1925 dar. Dieser Faktor errechnet sich aus Gl. (5) und (4) in gleicher Weise wie oben erläutert, nur setze man in Gl. (4) für f_a, f_b, f_c, f_d usw. nicht die Überteuerungsfaktoren $f_{a_{25}}$, $f_{b_{25}}$, $f_{c_{25}}$, $f_{d_{25}}$ usw. (gegen Vorkriegswert), sondern die Überteuerungen 1928 gegen 1925, wie sie sich aus Gl. (2) ergeben.

3. Unterhaltung und Erneuerung.

Die laufende Unterhaltung dient zur Ermöglichung und Sicherstellung des Verkaufsgeschäftes und umfaßt die Betriebsunterhaltung und die Erneuerung. Die Betriebsführung einer Anlage bedingt Unterhaltungskosten. Unter diesen sind die materiellen und personellen Ausgaben des Werkes zu verstehen, wie Sachaufwände für die Anlage, Gehälter, Löhne, Steuern, Versicherungen usw. Nicht zu verstehen sind darunter die Stromerzeugungskosten, Ausgaben, welche durch eine Vertragspflicht bedingt sind, und Ausgaben, die eine erhebliche Verlängerung der Lebensdauer der Anlage hervorrufen. Diese zählen bereits zur Erneuerung. Für verschiedene Positionen der Ausgaben eines Werkes wird es schwer sein zu bestimmen, ob sie unter Betriebsausgaben oder unter Erneuerung zu rechnen sind. Manches wird hier dem Gefühl des Leiters überlassen werden müssen. Während die Unterhaltungskosten jeweils aus den Einnahmen bestritten werden, wird die Erneuerung aus einem Fonds entnommen, der durch entsprechende jährliche Zuweisungen zu bilden ist, die möglicherweise dauernd gleich bleiben können. Dieser Fonds wird anfangs nur wenig und später immer mehr in Anspruch genommen, d. h. die jährlichen Entnahmen steigen mit zunehmendem Alter der Anlage.

Ableitung der Gleichungen für die Wirtschaftlichkeit.

Wir wollen zunächst den Fall behandeln, daß eine Anlage neu zu erstellen ist.

Es bedeute:

- A_k Anlagekosten der zu erstellenden Anlage in RM,
- A_z der von dem Abnehmer (z. B. Gemeinde) zu leistende Zuschuß in RM,
- A_B der vom Lieferwerk zu übernehmende Anlagekostenanteil,
- η Wirkungsgrad der Anlage, d. i. nutzbare Abgabe geteilt durch erzeugte Kilowattstunden,
- N_a Zahl der abgesetzten Kilowattstunden je 1 RM Anlagewert, somit gleich nutzbare Abgabe durch A_k,
- N_z Zahl der erzeugten Kilowattstunden je 1 RM Anlagewert, somit N_a geteilt durch den Wirkungsgrad η,
- v mittlerer erzielter Verkaufspreis in RM/kWh,
- z Bezugs- oder Erzeugungskosten ab Kraftwerksammelschiene in RM/kWh,
- p Verzinsung und Abschreibung des vom Werk zu investierenden Kapitals in Prozenten, geteilt durch 100,
- q Unterhaltung und Erneuerung, bezogen auf den Anlagewert A_k in Prozenten, geteilt durch 100.

Die Anlage habe zur Erstellung A_k RM gekostet, der Abnehmer oder die Gemeinde habe zu den Anlagekosten einen einmaligen Zuschuß von A_z RM geleistet.

Die Einnahmen für das Werk betragen dann:

$$\mathfrak{E} = \eta\, N_z\, A_k\, v \text{ RM}$$

Die Ausgaben setzen sich zusammen aus den Stromerzeugungskosten und dem Finanzdienst der Anlage. Die Stromerzeugungskosten betragen

$$N_z\, A_k\, z \text{ RM}.$$

Der gesamte Finanzdienst setzt sich zusammen aus Verzinsung und Tilgung des Anlagewertes und Unterhaltung und Erneuerung der Anlage. Da die Sätze p und q auf den Anlagewert bezogen sind, beträgt der Finanzdienst der Anlage insgesamt

$$p\, A_k + q\, A_k \quad \text{oder} \quad (p+q)\, A_k.$$

Dieser Wert stellt den Finanzdienst dar, wenn kein Baukostenzuschuß geleistet wird. Wird ein solcher geleistet, dann ist der angegebene Wert zu hoch, da für den Zuschuß A_z keine Verzinsung und Tilgung vom Werk aufzuwenden ist. Der angegebene Finanzdienst verringert sich dann um den Betrag $p\, A_z$. Die gesamten Ausgaben des Werkes sind, wenn ein Baukostenzuschuß geleistet wird,

$$\underset{\text{Stromerzeugung}}{N_z\, A_k\, z} + \underset{\text{Finanzdienst}}{(p+q)\, A_k - p\, A_z}.$$

Soll in der Wirtschaftlichkeit des Werkes Gleichgewicht bestehen, so müssen die Ausgaben gleich den Einnahmen sein, also:

$$N_z\, A_k\, z + (p+q)\, A_k - p\, A_z = \eta\, N_z\, A_k\, v. \quad . \quad . \quad (6)$$

Aus dieser Gleichung errechnet sich dann das Verhältnis von Baukostenzuschuß zum Anlagewert zu

$$\frac{A_z}{A_k} = \frac{p+q}{p} - N_z \frac{(\eta\, v - z)}{p} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

Setzt man statt A_z den Wert A_B in Gl. (7) ein, so erhält man

$$\frac{A_B}{A_k} = -\frac{q}{p} + N_z \frac{(\eta\, v - z)}{p} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7a)$$

wobei $A_B = A_k - A_z$ ist.

Die Gl. (7) bzw. (7 a) gewähren guten Einblick in die Wirtschaft eines Werkes. Die in ihnen vorkommenden Werte lassen sich bei jedem Werk meistens aus der geführten Statistik entnehmen.

Diese Gleichungen lassen sich nicht nur auf das Gesamtwerk, sondern auch auf einzelne Abnehmergruppen anwenden, wie später ausgeführt werden soll.

Wird kein Zuschuß geleistet, so ist $A_z = 0$, und Gl. (7) ergibt dann:

$$N_z = \frac{p+q}{\eta\, v - z}. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (8)$$

Wenn $A_z > A_k$ wird, ist in Gl. (7) für p der Satz für Verzinsung und Abschreibung einzusetzen, den das Werk bei Hingabe seines Geldes an eine Bank erzielen würde. Dieser Satz wird niedriger sein als der, den das Werk bezahlen muß, wenn es fremdes Geld aufnimmt. $A_z > A_k$ besagt, daß die Stromeinnahme aus der Gemeinde so gering ist, daß der erzielte Überschuß nicht ausreicht, um die Unterhaltungskosten der Anlage zu decken. Der Abnehmer (z. B. die Gemeinde) muß dem Werk außer den gesamten Herstellungskosten der Anlage noch ein Kapital zur Verfügung stellen, dessen jährliche Rente (Verzinsung und Abschreibung) auf die Vertragsdauer ausreicht, um die Mehrkosten der Unterhaltung zu decken. Die Höhe dieses Kapitals ist $A_z - A_k$ RM und dessen Rente $p\,(A_z - A_k)$. Beträgt z. B. bei einer Geldanlage der Zinssatz 6 %, die Vertragsdauer 25 Jahre, so ist der Abschreibungssatz 1,82 %, somit die jährliche Rente 7,82 % aus $(A_z - A_k)$.

Hat man es mit dem Ausbau einer oder mehrerer Gemeinden zu tun, so kann man auch an Stelle der verkauften Kilowattstunden und der Gesamtanlagekosten diese beiden Werte auf den Kopf der Bevölkerung oder auch auf die Zahl der vorhandenen Haushaltungen beziehen.

Wenn

- E die Einwohnerzahl der Gemeinde und
- n_e die Zahl der je Einwohner jährlich verkauften Kilowattstunden

bedeuten, so ist

$$N_z = \frac{n_e\, E}{\eta\, A_k} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (9)$$

und Gl. (7) geht dann über in

$$\frac{A_z}{A_k} = \frac{p+q}{p} - \frac{n_e\,(\eta\, v - z)}{\eta\, A_k\, p}\, E. \quad . \quad . \quad . \quad (10)$$

Digitized by Google

In Abb. 1 ist Gl. (10) in Fluchtlinien dargestellt. Dieser sind hier Werte zugrunde gelegt, wie sie beispielsweise für eine Gemeinde mit vorwiegend ländlichem Charakter zutreffen dürften, nämlich

$p = 0{,}08 + 0{,}0137 = 0{,}0937$ (Verzinsung und Tilgung, Tilgungszeit 25 Jahre)

$q = 0{,}06 + 0{,}02 = 0{,}08$ (Unterhaltung und Erneuerung)

$v = 0{,}55 \quad z = 0{,}04 \quad \eta = 0{,}50 \quad n_e = 18.$

Gl. (10) ergibt dann ausgerechnet

$$A_z = 1{,}855\, A_k - 90{,}4\, E.$$

Wie in der Abb. 1 angedeutet, ist beispielsweise bei einer Ortschaft von 800 Einwohnern und bei einer Höhe der Anlagekosten von 60 000 RM ein Baukostenzuschuß von 39 000 RM erforderlich.

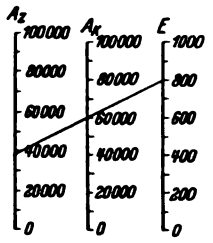


Abb. 1. Nomogramm zur Ermittlung des Baukostenzuschusses.

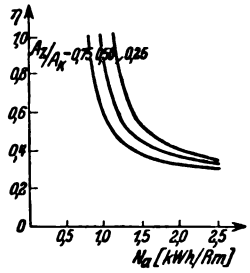


Abb. 2. Zulässige Verschlechterung des η bei Steigerung des N_a für verschiedene A_z/A_k.

Bedeutung der nutzbaren Abgabe und des Wirkungsgrades in der abgeleiteten Wirtschaftsgleichung.

Es ist $N_a = \eta\, N_z$ oder $N_z = \frac{N_a}{\eta}$. Setzt man letzteren Wert für N_z in Gl. (7) ein, so ergibt sich

$$\frac{A_z}{A_k} = \frac{p+q}{p} - N_a\left(\frac{v}{p} - \frac{z}{\eta p}\right). \quad \ldots\ldots \quad (11)$$

Das Bestreben eines Werkes muß sein, N_a durch Werbetätigkeit stetig zu vergrößern. Dies erhöht seine Wirtschaftlichkeit, vorausgesetzt, daß alle anderen Größen in Gl. (11) sich nicht ändern. Eine beliebige Steigerung von N_a ist jedoch bei gleichbleibendem Netz ohne gleichzeitige Verschlechterung des Wirkungsgrades η nicht möglich. Wenn sich die Belastungsverteilung nicht ändert, steigen die Verluste prozentual mit der nutzbaren Abgabe N_a. Der Wirkungsgrad braucht sich jedoch fast nicht zu ändern, wenn die Steigerung der nutzbaren Abgabe in die Zeit geringer Belastung fällt.

Aus Abb. 2 ist zu ersehen, wie sich der Wirkungsgrad bei zunehmendem N_a für verschiedene A_z/A_k ändern darf, ohne daß das Gleichgewicht der Wirtschaftlichkeit geändert wird.

Beispiele für die Anwendung der abgeleiteten Gleichung auf verschiedene Spezialfälle.

Die Gl. (11) gibt beispielsweise Aufschluß über folgende Fragen:

a) Eine Anlage, welche den Wirkungsgrad η_1 besitzt, soll durch Verstärkung ihrer Teile auf den Wirkungsgrad η_2 gebracht werden. Wie hoch dürfen die Aufwendungen dafür sein, wenn die Wirtschaftlichkeit der Anlage sich nicht ändern soll; dabei ist vorausgesetzt, daß sich an dem für die Anlage geleisteten Zuschuß A_z nichts ändern soll.

Bezeichnen wir mit N_{a_1} die nutzbare Abgabe je 1 RM Anlagewert vor der Neuinvestierung und mit δA_k den Betrag der zur Wirkungsgradverbesserung gemachten Aufwendungen, dann erhalten wir nach einigen Umrechnungen aus Gl. (11)

$$\delta = N_{a_1}\frac{z}{p+q}\left(\frac{1}{\eta_1} - \frac{1}{\eta_2}\right). \quad \ldots\ldots \quad (12)$$

In Abb. 3 ist η_2 für verschiedene η_1 in Abhängigkeit von δ aufgetragen. Als Beispiel ist in dieser Abbildung gezeigt, daß bei einem Ausgangswirkungsgrad $\eta_1 = 0{,}7$ und einer Neuinvestierung von 0.05 A_k eine Wirkungsgradverbesserung auf $\eta_2 = 0{,}85$ erreicht werden muß, wenn die Neuinvestierung wirtschaftlich sein soll.

b) Es sollen Werke, die an und für sich zwar ganz verschieden geartet, jedoch mit Stromlieferungsverträgen verbunden sind, in bezug auf ihre Wirtschaftlichkeit untereinander verglichen werden, u. zw. soll ein Vergleich angestellt werden zwischen einem Überlandwerk, welches Strom an die einzelnen Verbraucher liefert, und einem zweiten, dessen gesamte Abgabe an ersteres geliefert wird. Das eine Werk, welches die einzelnen Verbraucher beliefert, wollen wir mit Mittelspannungswerk, das andere mit Höchstspannungswerk bezeichnen. Für jedes der beiden Werke denken wir uns Gl. (11) angeschrieben. Die Größen, die für beide Werke gleich sind,

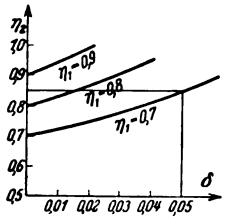


Abb. 3. Erforderliche Verbesserung verschiedener Ausgangswirkungsgrade η_1 auf η_2 in Abhängigkeit von den gemachten Aufwendungen.

wollen wir ohne Strich setzen, die Größen, die verschieden sind, versehen wir bei dem ersten Werk mit einem, bei der zweiten Gruppe mit zwei Strichen. Für das erste Werk gilt also A_z', A_k', N_a', v', z' und η', für das zweite Werk A_z'', A_k'', N_a'', v'', z'' und η''. Die Größen p und q seien für beide Werke gleich. Eine Überlegung sagt, daß die Erzeugung $\frac{N_a'}{\eta'}$ der ersten Gruppe gleich der nutzbaren Abgabe N_a'' der zweiten ist. Ferner ist der Einkaufspreis z' der ersten Werksgruppe gleich dem Verkaufspreis v'' der zweiten Gruppe. Berücksichtigt man dies beim Anschreiben der beiden Gleichungen, so lauten diese:

$$\left.\begin{aligned} \text{I.}\quad A_z' &= A_k'\left[\frac{p+q}{p} - N_a'\left(\frac{v'}{p} - \frac{z'}{\eta' p}\right)\right] \\ \text{II.}\quad A_z'' &= A_k''\left[\frac{p+q}{p} - \frac{N_a'}{\eta'}\left(\frac{z'}{p} - \frac{z''}{\eta'' p}\right)\right] \end{aligned}\right\} \quad (13)$$

Die Gl. (13) geben guten Einblick in die Wirtschaftlichkeit beider Werke und erlauben so einen Vergleich der Rentabilität.

Anwendung der Gleichung auf bestehende Werke.

Die abgeleiteten Gleichungen lassen sich auch ohne weiteres auf bestehende Werke anwenden, nur muß man dabei folgendes beachten:

Ein wesentlicher Unterschied zwischen neu zu erstellenden und bereits früher gebauten Anlagen besteht darin, daß die Beziehung $A_B = A_k - A_z$ bei letzteren in den meisten Fällen nicht gilt, da die wirklich aufgewandten Kosten in der Regel nicht dem heutigen Herstellungswert gleich sind. A_B und A_z sind für ein bestehendes Werk gegebene Größen, während A_k mit zunehmender Teuerung steigt. Um diesem Umstand Rechnung zu tragen, ist zu beachten, daß für A_B in Gl. (7 a) das tatsächlich vom Werk investierte Kapital (Eigenkapital und Fremdkapital) einzusetzen ist.

Im Gegensatz zu Neuanlagen sind bei bestehenden Werken sämtliche Werte in obiger Gleichung bekannt. Diese kann für den vorliegenden Fall demnach dazu benutzt werden, um festzustellen, ob der geforderte durchschnittliche Stromverkaufspreis v den in die Gleichung einzusetzenden übrigen Größen genügt. Bei den bisherigen Betrachtungen wurde nicht berücksichtigt, daß zum Betrieb eines Werkes auch Betriebskapital und Reserveanlageteile gehören sowie Verluste durch Einnahmeausfälle und -rückstände entstehen können. Ersteres konnte man durch eine zusätzliche Vergrößerung von A_k, letzteres durch eine Erhöhung von q berücksichtigen. Man muß jedenfalls vermeiden, bei Beurteilung vorhandener Werke durch Einsetzen von starren statistischen Zahlen in obige Gleichung falsche Schlußfolgerungen zu ziehen.

Trennung der Abnehmer nach Gruppen.

Wir haben bisher die Aufgabe gelöst, die statistischen Gesamtdurchschnittswerte eines Werkes wirtschaftlich zu vergleichen. Wenn auch dieser Vergleich guten Einblick in die wirtschaftlichen Verhältnisse eines Werkes gewährt, so ist er doch nicht ausreichend, wenn es sich darum handelt, die Frage zu untersuchen, ob die Strompreise einzelner Abnehmergruppen als angemessen zu bezeichnen

Digitized by Google

sind. Diese Frage läßt sich erst dann befriedigend beantworten, wenn es gelingt, verschiedene statistische Faktoren für diese einzelnen Abnehmergruppen zu ermitteln. Die Beziehungen dieser Einzelfaktoren zueinander aufzustellen soll Gegenstand nachstehender Ausführungen sein.

Gl. (7) bzw. (7 a) stellt die Grundgleichung der Wirtschaftlichkeit des Werkes dar. Sie setzt voraus, daß wir es nur mit einer Abnehmergruppe zu tun haben. Die einzelnen Werte der Gl. (7) und (7 a) stellen Gesamtdurchschnittswerte des Werkes dar. Soll eine Trennung nach Abnehmergruppen erfolgen, so kann man so vorgehen, daß man sich das Werk aufgeteilt denkt in soviel einzelne Werke, als Abnehmergruppen vorhanden sind. Diese Werke aufeinander gelegt gedacht, müssen das Gesamtwerk mit dem Anlagewert A_k ergeben und Gl. (7) befriedigen. Wollen wir dies mit zwei Abnehmergruppen durchführen, z. B. mit der Industriegruppe und der Gruppe Kleinabnehmer, so können wir Gl. (7 a) zweimal aufschreiben, wobei die eine Gleichung für die Gruppe Industrieabnehmer zu gelten hat und die andere für die Kleinabnehmer. Unter Gruppe Industrie können wir Industrie und Gewerbe, unter Gruppe Kleinabnehmer hauptsächlich landwirtschaftliche Licht- und Kraftstromabnehmer verstehen.

Gl. (7 a) lautet für das gesamte Werk:

$$-\frac{A_B}{A_k}=\frac{q}{p}-N_z\frac{(\eta v-z)}{p}. \quad \ldots\ldots \quad (14)$$

Für die Industriegruppe gilt:

$$-\frac{A_{B_i}}{A_{k_i}}=\frac{q_i}{p_i}-N_{z_i}\frac{(\eta_i v_i-z)}{p_i} \quad \ldots\ldots \quad (15)$$

Für die Kleinabnehmergruppe gilt entsprechend:

$$-\frac{A_{B_l}}{A_{k_l}}=\frac{q_l}{p_l}-N_{z_l}\frac{(\eta_l v_l-z)}{p_l}. \quad \ldots\ldots \quad (16)$$

Die Werte A_{B_i}, A_{k_i}, q_i, p_i, N_{z_i}, η_i bzw. A_{B_l}, A_{k_l}, q_l, p_l N_{z_l}, η_l, v_l haben die gleiche Bedeutung wie die entsprechenden Werte in Gl. (14), nur stellen sie Werte der betreffenden Gruppe dar, die mit dem Index i versehenen für die Gruppe Industrie und die mit dem Index l versehenen für die Gruppe Kleinabnehmer. In Gl. (15) und (16) haben wir als Erzeugungskosten einheitlich z eingesetzt, was richtig ist, weil ja unter z die Erzeugungskosten ab Erzeugerstelle oder bei Fremdstrombezug ab Übergabestelle zu verstehen sind. Wir setzen ferner $p_i=p_l=p$ und sagen damit, daß wir Verzinsung plus Abschreibung für beide Abnehmergruppen gleich hoch und gleich dem Durchschnittsatz des Werkes annehmen. Für die Abschreibung bedeutet dies allerdings, daß wir gleiche Vertragsdauer für beide Abnehmergruppen voraussetzen. In Wirklichkeit ist jedoch i. a. die Vertragsdauer der Industrieabnehmergruppen kürzer als die der anderen. Diese Annahme ist aber unbedenklich, wenn man annimmt, daß die Industrie unabhängig von der Dauer ihrer Verträge mit dem Lieferwerk in ihrer Gesamtheit so lange Abnehmer des Werkes bleiben wird, solange es dem Werk gelingt, lokalen Krafterzeugungsmöglichkeiten Konkurrenz zu bieten, was ja oberster Grundsatz eines Lieferwerkes sein muß.

Statt A_{k_i} und A_{k_l} wollen wir schreiben:

$$\left.\begin{aligned} k_i A_k &= A_{k_i} \\ k_l A_k &= A_{k_l} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots \quad (17)$$

wobei

$$k_i+k_l=1 \quad \ldots\ldots \quad (18)$$

ist. Setzen wir die Gesamterzeugung gleich 1 und bezeichnen wir mit n_i und n_l die Anteile der Erzeugung für die Industrie bzw. für die Kleinabnehmer an der Gesamterzeugung, so ist

$$n_i+n_l=1, \quad \ldots\ldots \quad (19)$$

$n_i N_z A_k$ = Erzeugung in Kilowattstunden für die Industrie,
$n_l N_z A_k$ = „ „ „ „ „ Kleinabnehmer

Setzt man diese Werte in Gl. (15) und (16) ein und löst diese dann nach v_i und v_l auf, so erhält man:

$$\left.\begin{aligned} v_i &= \frac{k_i}{n_i}\frac{p}{\eta_i N_z}\left[\frac{A_{B_i}}{k_i A_k}+\frac{q_i}{p}\right]+\frac{z}{\eta_i} \\ v_l &= \frac{k_l}{n_l}\frac{p}{\eta_l N_z}\left[\frac{A_{B_l}}{k_l A_k}+\frac{q_l}{p}\right]+\frac{z}{\eta_l} \end{aligned}\right\} \quad \ldots \quad (20)$$

Will man feststellen, ob in einem bestehenden Werke die beiden Größen v_i und v_l in einem angemessenen Verhältnis zueinander stehen, so sind für obige Gleichungen nur noch η_i und η_l und k_i und k_l zu bestimmen. Alle übrigen Größen sind bekannt.

Die Trennung der Abnehmer eines bestehenden Werkes nach zwei Gruppen macht somit nur die Feststellung der beiden Teilwirkungsgrade und der Verteilung der Anlagewerte auf beide Gruppen erforderlich.

Trennung des Gesamtwirkungsgrades in die beiden Teilwirkungsgrade.

Für die Gesamtzahl der Abnehmer ist aus der Statistik eines jeden Werkes sowohl die gesamte nutzbare Abgabe als auch die gesamte Erzeugung bekannt, somit auch der Gesamtwirkungsgrad η, von den beiden Abnehmergruppen dagegen nur die nutzbare Abgabe.

Wenn es durch irgendein Verfahren gelingt, für eine der beiden Gruppen, z. B. für die Industriegruppe, die Zahl der erzeugten Kilowattstunden zu ermitteln, dann ergibt sich die Erzeugung für die Kleinabnehmer als Differenz der Gesamterzeugung und der Erzeugung für die Industriegruppe. Die beiden Teilwirkungsgrade sind dann die Quotienten aus nutzbarer Abgabe und Erzeugung jeder der beiden Gruppen. Im übrigen bestehen zwischen den einzelnen Wirkungsgraden und dem Gesamtwirkungsgrad folgende Beziehungen:

$$\left.\begin{aligned} \eta_i &= \frac{m_i}{n_i}\eta \\ \eta_l &= \frac{m_l}{n_l}\eta \end{aligned}\right\}. \quad \ldots\ldots \quad (21)$$

wobei unter m_i und m_l die Anteile der beiden Abnehmergruppen an der nutzbaren Abgabe verstanden werden sollen, u. zw. gilt auch hier, analog wie bei der Erzeugung

$$m_i+m_l=1. \quad \ldots\ldots \quad (22)$$

Würde ein Meßstreifen vorliegen, der die Werkbelastung durch die Industriegruppe während des Jahres zeigt, dann könnte durch Planimetrieren der Belastungsfläche die Zahl der für die Industrie erzeugten Kilowattstunden bestimmt werden. An und für sich ist jedoch nur die Gesamtbelastungskurve des Werkes gegeben und nicht die irgendeiner Abnehmergruppe. Es ist jedoch möglich, durch Analyse der gesamten Belastungsfläche die der Industriegruppe festzustellen. Wir wollen uns zu diesem Zwecke eines Verfahrens bedienen, wie es Professor R. Schneider in der ETZ 1929, Seite 337 und 383, vorschlägt. Es besteht in Kürze aus folgendem:

Aus zwei oder mehreren gegebenen Tagesbelastungskurven, die so gewählt sind, daß in der einen die Belastung einer bestimmten Abnehmergruppe, z. B. der Industriegruppe, mit enthalten ist, die in der zweiten fehlt, kann die Belastungskurve der Industriegruppe dadurch bestimmt werden, daß man von den Ordinaten der Gesamtbelastungskurve, die die Belastung der Industrie mit enthält, die Ordinaten der zweiten Belastungskurve abzieht. Durch Planimetrieren der auf diese Weise bestimmten Tagesbelastungsfläche für die Industriegruppe läßt sich die Zahl der erzeugten Tageskilowattstunden feststellen. Da nun die Arbeitszeit der Industrie innerhalb eines Jahres bekannt ist, kann auch die gesamte für die Industrie erzeugte elektrische Arbeit ermittelt werden. Somit sind n_i und damit auch n_l, aber auch die Teilwirkungsgrade η_i und η_l bekannt.

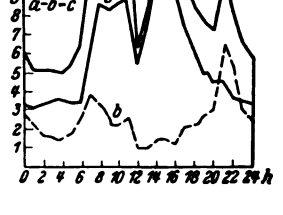


Abb. 4. Ermittlung der Industrietagesbelastungskurve:
a Gesamtbelastungskurve an einem Werktage im Juni
b Gesamtbelastungskurve an einem Sonntage im Juni
c Belastungskurve der Industrie- und Gewerbegruppe.

In Abb. 4 sind für das in unserem Beispiel angenommene Werk die entsprechenden Belastungskurven eingezeichnet, die so gewählt sind, daß sich die Kurven *a* und

Digitized by Google

b nur dadurch unterscheiden, daß Kurve b die Belastung der Industriegruppe nicht enthält, die in Gruppe a mit enthalten ist. Kurve c, die durch Differenzbildung der Ordinaten der beiden Kurven sich ergibt, stellt demnach die Belastungskurve der Industrie dar.

Trennung des Gesamtanlagewertes in die Anteile der beiden Abnehmergruppen.

In den Gl. (17) sind die anteilmäßigen Anlagekapitalien durch die Faktoren k_i und k_l dargestellt. Bei der Bestimmung von A_{k_i} und A_{k_l} geht man am besten von folgenden Gedankengängen aus:

Die Kosten bestimmter Anlageteile, z. B. der Ortsnetze mit ihren Umformerstationen und Hochspannungzuleitungen, sind ohne Zweifel fast ausschließlich zu Lasten der Kleinabnehmergruppe zu rechnen, da an den Orts-Niederspannungsnetzen wohl selten Industrieabnehmer hängen. In analoger Weise sind die Kosten einer Anzahl von Umformerstationen mit ihren Zuleitungen, die nur der Industrieversorgung dienen, zu Lasten dieser Abnehmergruppe zu rechnen. Wird dies berücksichtigt, so verbleibt ein Rest an Anlagekosten, den wir mit A_{k_0} bezeichnen wollen, für Speiseleitungen, Verteilungsleitungen, Schalthäuser und große Umspannstationen, an dem beide Abnehmergruppen Anteil haben und der daher auf beide zu verteilen ist. Dies geschieht hinreichend genau im Verhältnis der Anteile der beiden Gruppen an der Jahreshöchstlast, denn die Dimensionierung der Anlagen erfolgt ja hauptsächlich auf Grund der bereitzustellenden Höchstlast. Bei der Bestimmung der Anteile sei ein Werk vorausgesetzt, dessen Jahreshöchstlast in den Wintermonaten auftritt. Wie die Belastungskurve der Industrie- und Gewerbegruppe bestimmt wird, wurde bereits oben beschrieben. Nimmt man an, daß der Verlauf der Industriebelastungskurve das ganze Jahr hindurch annähernd der gleiche bleibt — Zugänge können entsprechend berücksichtigt werden —, so stellt das Größenverhältnis der beiden zur Zeit der Jahresbelastungspitze geltenden Ordinaten der Industrie- und der Gesamtbelastungskurve, multipliziert mit dem oben erwähnten restlichen Teil des Anlagewertes, den auf die Industrie entfallenden Anteil dieses Restkapitals dar. Zu diesem Industrieanteil des A_{k_0} wäre noch der Wert der Anlagen hinzuzuzählen, die nur der Industrieversorgung dienen, den wir mit Z bezeichnen wollen. Wird das oben erwähnte Verhältnis der zeitlich zusammenfallenden Ordinaten der beiden Belastungskurven mit $\frac{\alpha_i}{\alpha_g}$ bezeichnet, dann ist also

$$A_{k_i} = \frac{\alpha_i}{\alpha_g} A_{k_0} + Z \quad \ldots\ldots\ldots \quad (23)$$

womit auch A_{k_l} bekannt ist und die Faktoren k_i und k aus Gl. (17) berechnet werden können.

In Abb. 5 sind die beiden Belastungskurven mit den Werten α_i und α_g eingezeichnet.

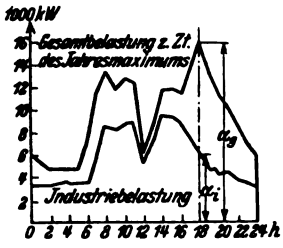


Abb. 5. Anteil (α_i) der Industrie- und Gewerbegruppe an der Jahreshöchstlast (α_g).

Beispiel.

Als Zahlenbeispiel wollen wir Werte wählen, die auf ein Werk passen, dessen nutzbare Abgabe überwiegend an industrielle Abnehmer erfolgt. Aus der Anlagestatistik sind die Werte $A_k = 40$ Mill RM und $A_B = 16$ Mill RM zu entnehmen, so daß $\frac{A_B}{A_k} = 0{,}40$ ist. Aus der Betriebstatistik sind bekannt:

Unterhaltung und Erneuerung . . . . . $q = 0{,}08$
Verzinsung und Tilgung bei einem Zinsfuß von 8% und einer Tilgungszeit von 25 Jahren $p = 0{,}0937$
Strombezugspreis . . . . . $z = 0{,}04$ RM
Gesamtwirkungsgrad . . . . . $\eta = 0{,}80$

Die gesamte nutzbare Abgabe betrage 42 Mill kWh, davon werden an Kleinabnehmer 8 Mill und an Großabnehmer 34 Mill kWh abgegeben.

Es soll beurteilt werden:

A. Ob der Durchschnittsverkaufspreis, den das Werk erzielt, für dieses wirtschaftlich tragbar ist,

B. ob die Durchschnittsverkaufspreise der einzelnen Abnehmergruppen unter sich angemessen und für das Werk tragbar sind.

A. Der mittlere Verkaufspreis v ergibt sich aus Gl. (7 a). N_z errechnet sich aus den angegebenen Zahlenwerten zu $N_z = \frac{42{,}0}{0{,}8 \,.\, 40{,}0} = 1{,}31$ kWh/RM. Somit sind alle Werte in obiger Gleichung bekannt und wir erhalten

$$v = \frac{1}{0{,}8}\left[\frac{1}{1{,}31}(0{,}0937 \,.\, 0{,}40 + 0{,}08) + 0{,}04\right] = 0{,}162 \text{ RM}.$$

Das heißt, daß das Werk einen mittleren Verkaufspreis von mindestens 16,2 Pf erzielen muß, um wirtschaftlich arbeiten zu können.

B. Die Verkaufspreise v_i und v_l werden aus der Gl. (20) berechnet. Wir setzen $q_i = q_l = q$, also gleich 0,08. Die Teilwirkungsgrade η_i und η_l werden nach dem Verfahren bestimmt, wie es oben beschrieben ist. Nehmen wir an, daß die in Abb. 4 gefundene Kurve c (Tagesbelastung der Industrie) unserem Beispiel entspricht, dann erhalten wir durch Planimetrieren dieser Belastungsfläche eine arbeitstäglich für die Industrie erzeugte Arbeitsmenge von 138 400 kWh, was, multipliziert mit der Zahl der jährlichen Arbeitstage, als Gesamtjahreserzeugung für die Industrie 38,8 Mill kWh ergibt. Die gesamte Erzeugung des Werkes beträgt $42 : 0{,}8 = 52{,}5$ Mill kWh, und somit ist der Anteil der Industriegruppe an der Gesamterzeugung $n_i = \frac{38{,}8}{52{,}5} = 0{,}738$ und der Wirkungsgrad $\eta_i = \frac{34{,}0}{38{,}8} = 0{,}875$, $n_l = 1 - n_i = 1 - 0{,}738 = 0{,}262$. Da der Anteil der Kleinabnehmer an der nutzbaren Abgabe $m_l = \frac{8{,}0}{42{,}0} = 0{,}19$, ergibt sich η_l aus Gl. (21) zu:

$$\eta_l = \frac{m_l}{n_l} \,.\, \eta = \frac{0{,}19}{0{,}262} \,.\, 0{,}8 = 0{,}58.$$

Aus der Anlagestatistik sind weiterhin bekannt

die Kosten der Anlageteile, die nur der Industrieversorgung dienen . . . $Z = 2{,}5$ Mill RM
und die Kosten der Anlageteile, an denen beide Abnehmergruppen Anteil haben $A_{k_0} = 32{,}0$ „ „
Die Werte für α_i und α_g werden der für unser Beispiel passenden Abb. 5 entnommen . . . . . $\alpha_i = 6\,600$ kW, $\alpha_g = 16\,200$ „

Damit errechnen sich die auf die beiden Abnehmergruppen entfallenden Anlagekosten entsprechend Gl. (23) zu

$$A_{k_i} = k_i A_k = \frac{\alpha_i}{\alpha_g} A_{k_0} + Z$$

$$A_{k_i} = \frac{6\,600}{16\,200} \,.\, 32 + 2{,}5 = \quad 15{,}56 \text{ Mill RM}$$

und

$$A_{k_l} = k_l A_k = A_k - A_{k_i} = 40{,}0 - 15{,}56 = \quad 24{,}44 \quad „ \quad „$$

woraus ohne weiteres folgt:

$$k_i = \frac{A_{ki}}{A_k} = \frac{15{,}56}{40{,}0} = 0{,}3885$$

und

$$k_l = \frac{A_{k_l}}{A_k} = \frac{24{,}44}{40} = 0{,}6115.$$

Bekannt sind ferner die von den beiden Abnehmergruppen bezahlten Bauzuschüsse. Die von der Industriegruppe bezahlten Zuschüsse sollen 9,0 und die von den Kleinabnehmern bezahlten 15,0 Mill RM betragen. Die vom Werk aufgewendeten Summen ergeben sich dann zu:

$$A_{B_i} = A_{k_i} - 9{,}0 = 15{,}56 - 9{,}0 = 6{,}56 \text{ Mill RM}$$

$$A_{B_l} = A_{k_l} - 15{,}0 = 24{,}44 - 15{,}0 = 9{,}44 \quad „ \quad „ .$$

Digitized by Google

Hiermit sind alle Werte für v_i u. v_l in den Gl. (20) gefunden:

$$v_i = \frac{0{,}3855}{0{,}738} \cdot \frac{0{,}0937}{0{,}875 \cdot 1{,}31} \cdot \left[\frac{6{,}56}{15{,}56} + \frac{0{,}08}{0{,}0937}\right] + \frac{0{,}04}{0{,}875} = 0{,}10 \text{ RM/kWh}$$

$$v_l = \frac{0{,}6115}{0{,}262} \cdot \frac{0{,}0937}{0{,}58 \cdot 1{,}31} \cdot \left[\frac{9{,}44}{24{,}44} + \frac{0{,}08}{0{,}0937}\right] + \frac{0{,}04}{0{,}58} = 0{,}426 \text{ RM/kWh}.$$

Die Verkaufstrompreise müssen 10,0 bzw. 42,6 Pf/kWh betragen, um untereinander angemessen und für das Werk ausreichend zu sein.

Uviol-Glühlampe und Strahlenbehandlung.

Von S.-R. Dr. **Axmann**, Erfurt, Lupus-Heilstätte.

Übersicht. Es wird über einen Strahlenspender für Licht, Wärme und Ultraviolett berichtet, der aus einer hochkerzigen Metallfadenlampe mit ultraviolett-durchlässigem Kolben besteht; seine Strahlung und medizinische Anwendung werden beschrieben.

Die Sonne läßt uns nicht zur Ruhe kommen, d. h. das Bestreben, es ihr an Fülle und Güte der Strahlen gleich zu tun. Als ursprüngliche Höhlenbewohner hat uns lange gegenüber dem vollen Licht eine hemmende Tradition mangelnder Anerkennung beherrscht. Nun ist in weiten Kreisen beinahe das Gegenteil eingetreten und die Technik sucht den Lichthunger zu stillen. Aber volle Sonnengleichheit ist die Devise, nachdem wir längst erkannt haben, daß mit teilweisem Erfolg nichts Rechtes zu erreichen ist. Natürlich ist unsere Technik menschliches Stückwerk. Die Temperatur der Sonnenglut ist nicht so leicht zu schaffen und ebenso wenig alle die zumeist seltenen Stoffe, welche, darin leuchtend, die Gesamtheit des Sonnenlichtes ausmachen. Man muß sich wenigstens teilweise zu helfen wissen. Am weitesten kommt man noch mittels imprägnierter Kohlen, wie wir es an der neuesten Straßenbeleuchtung erkennen können. Nachdem die hochkerzige Metallfadenlampe alles sonst verdrängt hatte, leuchtet mit einem Male wieder die Bogenlampe mit schönem tagesähnlichen Licht in unseren Straßen auf. Soweit geht das den gesunden Menschen an, der bei Tag und Nacht seiner Tätigkeit folgt; indessen der Kranke will auch sein Teil haben, wie die Strahlenheilkunde lehrt: Sonne selbst, soviel als möglich und zuträglich und gegebenenfalls möglichst vollkommenen Ersatz.

Über Wesen und Wert der Lichtbehandlung[1] braucht wohl kaum noch eingehender berichtet zu werden, sie sind ja in allen Kreisen fast allzu sehr bekannt. Die strengen Richtlinien der Wissenschaft sind beinahe schon verlassen und laienhaft verwischt worden. Selbst die Berufenen, die es besser wissen müßten, machen sich zum Schaden der Leidenden die unklarsten Vorstellungen zunutze, und darum ist es gut, daß wir wieder einmal die Mittel unserer Technik auf dem eben angeführten Gebiete, besonders die neuesten Errungenschaften an uns vorübergehen lassen. Sehen wir hierbei von den Vorrichtungen für örtlich begrenzte Bestrahlungen ab, wie sie besonders in der Finsen-, Röntgen- und Radiumbehandlung ihre z. Z. technisch abgeschlossene Anerkennung gefunden haben, so geraten wir in den Bereich der diffusen, allgemeinen Bestrahlungsarten, welche in erster Linie sozusagen die Geschäfte des Sonnenscheines besorgen können.

Sehr aussichtvoll war in dieser Hinsicht die vom Verfasser im Jahre 1905 in die Medizin eingeführte Uviol-Lampe[2], die von O. Schott, Jena, aus dem bereits damals hergestellten ultraviolett-durchlässigen Glase geschaffene Quecksilberdampflampe. Während des Krieges wurde leider das Uviolglas vom Ausland neu entdeckt und herzlich schlecht nachgeahmt. Das Jenaer Uviolglas ist aber heute noch ebenso gut wie früher; ebenso wurde die Uviol-Lampe in erster Linie vom Verfasser und nicht von Jentzsch[3], wie fälschlich angegeben, wissenschaftlich verwertet.

Die bei den großen, meterlangen Dimensionen der Uviol-Lampe ausgedehnte Flächenbestrahlung war qualitativ vollkommen, quantitativ verlangte man indessen mit der Zeit noch mehr und, weil das Glas keine hohen Temperaturen vertrug, ging man zum Quarzrohr mit höherer elektrischer Strombelastung über, was prinzipiell und bezüglich der Eigenart der Ultraviolettstrahlen nichts Neues war, wenn auch eine unglaubliche Reklame anderes behauptete und die zerstreute Strahlenbehandlung überhaupt für sich in Anspruch nehmen wollte. Die Uviol-Lampe leuchtet übrigens auch heute noch mit altem Erfolg. Mit der Überschätzung der Uviolstrahlung, welche Licht und Wärme verneinte und sich sogar zu dem widersinnigen, unwissenschaftlichen Begriff einer „künstlichen Höhensonne" verstieg, hatte man die „Natursonne" ganz außer Kurs gesetzt. Doch diese ließ sich nicht spotten: wenn auch einige Strahlengebiete künstlich stärker zu erzeugen waren, wie z. B. die antirachitischen Wellenlängen um 300 mμ, so hieß es doch bald wieder: zurück zur Natur! Man mischte nunmehr dem Quecksilberdampf Glühfadenlicht bei mit dem Erfolg, daß die Kranken wenigstens nicht froren, während die Verbrennungsgefahr wuchs. Auch vorübergehende neue Anleihen beim Kohlebogenlicht schufen bis jetzt nichts Vollkommenes, weil die Beschaffung der Lichtquelle nicht so einfach und namentlich im Betrieb kostspielig war. Hier trat der Metallglühfaden in Gestalt der Osramlampe mit ultraviolett-durchlässigem Glas ein als z. Z. bester diffuser Strahlenspender aller Arten von Licht, Wärme und Ultraviolett[4]. In der Medizin

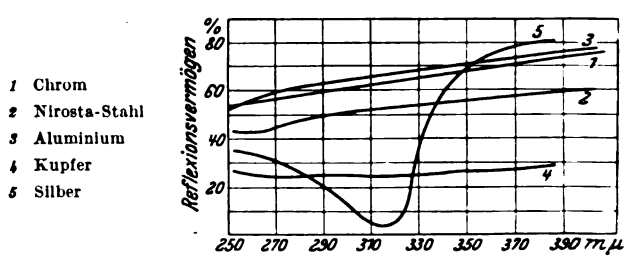


Abb. 1. Reflexionsvermögen von Metallen im Ultraviolett.

hatte man bisher schon hochkerzige Metallfadenlampen gehabt, fälschlich Solluxlampen benannt, weil sie ebensowenig mit der Sonne zu tun hatten, wie die „künstliche Höhensonne". Kurzwelliges Ultraviolett konnten sie nicht besitzen, da ihre Kolben aus gewöhnlichem Glas nur bis 312 mμ durchließen. So waren sie lediglich — manchmal auch schmerzhafte — Wärmespender. Nun kam das Schottsche Uviolglas wieder zu Ehren. Die Glühlampen wurden aus ihm hergestellt und geben jetzt auch Uviolstrahlen. Freilich blieb die Ausbeute zunächst verhältnismäßig gering, ein eigenartiger Reflektor sorgte indessen für genügende Verstärkung, während zugleich ein blauer Innenbelag des Glases die strahlende Wärme erträglich gestaltete, so daß bis in ausreichende Nähe des Wirkungsbereiches der ja leicht von der Luft absorbierten U. V.-Strahlen gegangen werden konnte[5]. Das verchromte Metall des Parabolspiegels stellt ebenfalls eine besondere Errungenschaft dar, wirft es doch besonders im Spektralgebiet um 300 mμ 65 % des auffallenden Lichtes zurück (Abb. 1). Aluminium ist allerdings etwas besser, doch zu wenig haltbar und auch nicht wetterbeständig. Da die Lampe mit nur 500 W brennt, kann sie an jede Lichtleitung angeschlossen werden. Ihr allgemeines Äußere ergibt sich aus Abb. 2 u. 3. Natürlich kann man die Lampe, welche sich innerhalb des Reflektors zur Veränderung des Lichtkegels verschieben läßt, auch an die Zimmerdecke hängen zur

[1] Vgl. a. Axmann, Umschau Bd. 27, S. 22 u. 44 (1922).
[2] Axmann, Dt. mediz. Wochenschr. 1905, S. 22.
[3] Dannmeyer u. Rüttenauer, Lichtforsch.-Inst.-Mitteilungen, Hamburg 1927/28.
[4] Vgl. F. Dannmeyer, Umschau Bd. 33, S. 29 (1928).
[5] Neuerdings verwende ich einen kleinen Ventilator, welcher für ausreichende Abkühlung des bestrahlten Körpers sorgt, so daß man bis auf 10 ... 15 cm Entfernung an die Lampe herangehen kann.

Digitized by Google

Erlangung einer allgemeinen „Sonnenschein"-Beleuchtung. Letzteres empfiehlt sich für die Kinderstube, um namentlich in den dunklen Großstadträumen den Kleinen einen Lichtausgleich zu schaffen, welcher als Prophylaxe der Rachitis nicht zu unterschätzen ist.

Abb. 2. Große Stativlampe.

Abb. 3. Tischstativlampe.

Aus diesem Gesichtspunkt der allgemein belebenden Wirkung heraus hat man der Lampe das Kennwort „Osram-Vitalux" nicht mit Unrecht gegeben, wenn selbstverständlich auch lokale Bestrahlungen, wie von alten Wunden, Geschwüren, neuralgisch-rheumatischen Beschwerden, Hautkrankheiten u. dgl. in besonderer Weise hervorzuheben sind. So beobachteten wir bei alten Wunden, welche bereits längere Zeit mit Uviol bestrahlt, ihre Heilungstendenz eingebüßt hatten, sofort einen neuen Anstieg der letzteren unter der Osram-Vitaluxlampe. Für besondere Zwecke wurden Eigenkonstruktionen geschaffen, wie für Augen- und Zahnkranke, wobei mittels Quarzlinsen das Licht auf kleinste Krankheitsbezirke zusammengezogen werden kann (Abb. 4 u. 5).

Abb. 4. Lampe für Augen- und Zahnbehandlung.

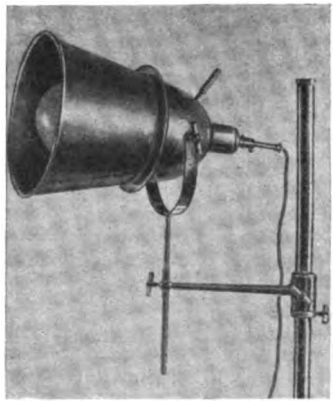


Abb. 5. Lampe für umschriebene Bestrahlung.

So bedeutet die Osram-Vitalux-Glühlampe* einen bedeutenden Fortschritt wegen der Vielseitigkeit ihrer Strahlen; ja man kann sagen, daß sie trotz der höheren Intensität der Kohlenbogenlampe prinzipiell der Sonne am nächsten kommt, ganz abgesehen von ihrer leichten Verwendbarkeit nebst geringeren Anschaffungs- und Betriebskosten. Da sie ferner bei ihrer milden Strahlung fast frei von Verbrennungs- oder Blendungsgefahr ist, kann man sie auch einem weniger geschulten Laienpersonal in die Hände geben. Sie wird stets ein wertvolles Mittelglied zwischen den Gegensätzen Kohle- und Quecksilberbogenlicht sein.

* Hersteller: Osram G. m. b. H., Berlin O 17.

Experimentelle Untersuchung des Alterns von Transformatorenölen*.

Von Prof. A. Smurow, Leningrad.

Übersicht. **Es wird über eine Untersuchung an Transformatorenölen berichtet, die den Zweck hatte, die Abhängigkeit der dielektrischen Verluste vom Altern der Öle festzustellen.**

Die Untersuchung von Transformatorenölen im Hochspannungslaboratorium des Elektrotechnischen Instituts in Leningrad verfolgte das Ziel, eine Abhängigkeit ihrer dielektrischen Verluste vom Altern, das infolge der Oxydierung der Öle eintritt, festzustellen. Die Hauptergebnisse dieser Arbeit sind folgende:

1. Die Tangente des Verlustwinkels des Öles wächst mit der Temperatur,
2. die Tangente des Verlustwinkels wächst mit der Dauer der Oxydierung,
3. die Tangente des Verlustwinkels wird um so größer, je größer die chemischen Veränderungen in einem Öl während der Oxydierung sind,
4. die Verluste wachsen stärker mit der Temperatur, wenn das Öl in Anwesenheit des Bodensatzes angewärmt wird, als wenn dieser vor dem Erwärmen des Öles abfiltriert worden ist.

Die Untersuchung fand nach folgendem Plane statt. Es wurde frisches Öl genommen und für dieses die Abhängigkeit der Tangente des Verlustwinkels in Abhängigkeit von der Temperatur im Intervall 20° ... 110° bestimmt. Hierauf wurde das Öl einer chemischen Analyse unterworfen. Eine neue Ölmenge wurde dann einer künstlichen Oxydierung ausgesetzt. Die Oxydierung fand statt, indem nach den russischen Vorschriften das Öl bei einer Temperatur von 120° gehalten wurde bei stetigem Durchsatz von 3 l/h trockener, gewaschener Luft auf je 100 cm³ Öl, wobei die angegebene Luftmenge auf normalen Druck und normale Temperatur bezogen ist. Die Oxydierung erfolgte in Anwesenheit einer Kupferplatte, die als Katalysator ge-

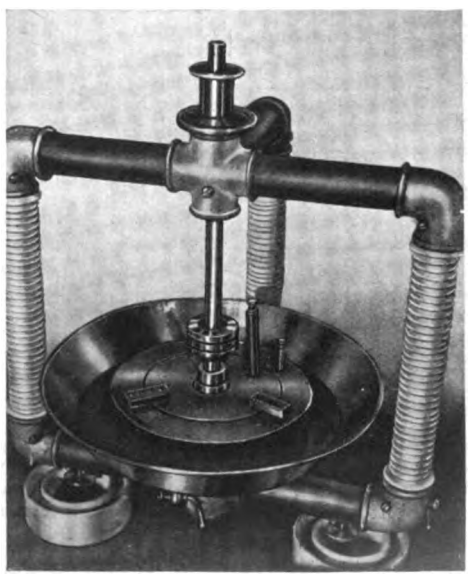
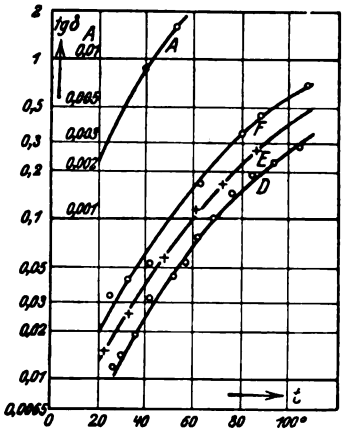


Abb. 1. Kondensatorgefäß.

* Vortrag, gehalten im Elektrotechnischen Verein am 3. XII. 1929.

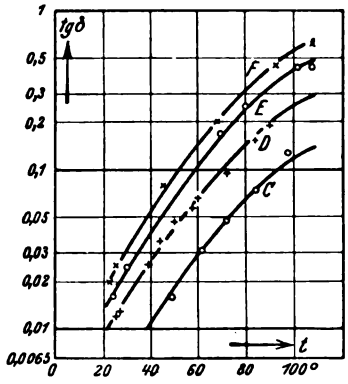
Digitized by Google

braucht wurde. Die Dauer der Oxydierung betrug 1 bis 7 Tage. Nachdem das Öl eine gewisse Zeit lang oxydiert worden war, wurden seine Verluste in Abhängigkeit von



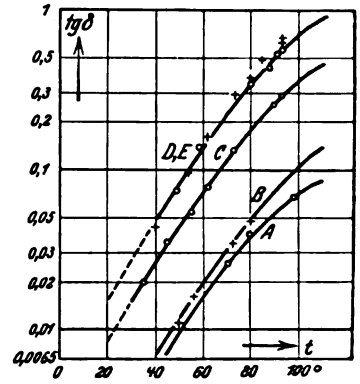
A frisches Öl
D Oxydierungsdauer 76,15 h
E „ 106 h
F „ 166 h

Abb. 2. Tangente des Verlustwinkels in Abhängigkeit von der Temperatur für Embaöl, unfiltriert.



C Oxydierungsdauer 24 h
D „ 76,15 h
E „ 106 h
F „ 166 h

Abb. 3. Tangente des Verlustwinkels in Abhängigkeit von der Temperatur für Embaöl, filtriert in abgekühltem Zustand.

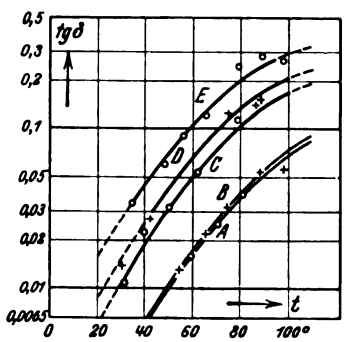


A frisches Öl
B Oxydierungsdauer 12 h
C „ 55 h
D „ 125 h
E „ 172 h

Abb. 4. Tangente des Verlustwinkels in Abhängigkeit von der Temperatur für Bakuöl, filtriert in abgekühltem Zustand.

Um während der Messungen sicher keine Durchschläge im Kondensator zu erhalten, wurde für die Messungen der Verluste ein Plattenabstand von 3 mm gewählt; die Messungen wurden mit einer Spannung von 4,5 kV ausgeführt; die erforderliche Ölmenge betrug 400 cm³.

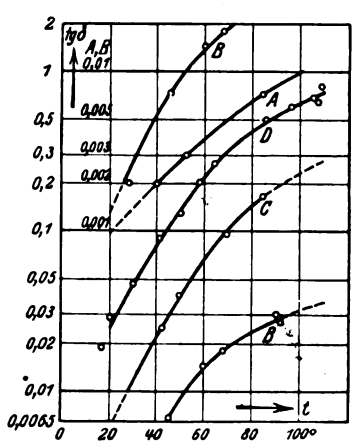
der Temperatur gemessen, u. zw. zweimal: einmal in Anwesenheit des während der Oxydierung gebildeten Bodensatzes, das zweite Mal, nachdem das Öl vom Bodensatz ab-



A frisches Öl
B Oxydierungsdauer 12 h
C „ 55 h
D „ 125 h
E „ 172 h

Abb. 5. Tangente des Verlustwinkels in Abhängigkeit von der Temperatur für Bakuöl, unfiltriert.

filtriert worden war. Dann wurde eine chemische Analyse vorgenommen. Für jede Oxydierungsdauer wurde eine frische Ölmenge verwendet.



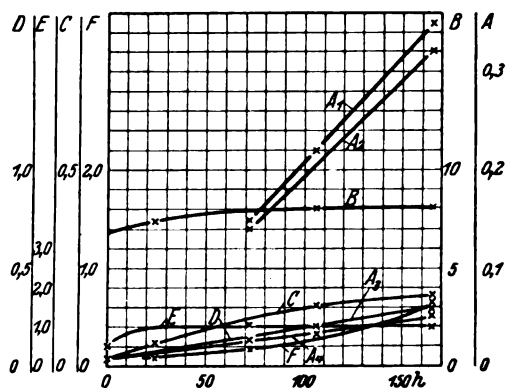
A Oxydierungsdauer 25,5 h
B „ 74,3 h
C „ 121,6 h
D „ 169,26 h

Abb. 6. Tangente des Verlustwinkels in Abhängigkeit von der Temperatur für Paraffinum liquidum, unfiltriert.

Die Verluste wurden mit einer Scheringschen Brücke gemessen, während das Öl sich in einem Kondensator nach Abb. 1 befand. Dieser Kondensator, der Messungen bis zu 20 ... 35 kV erlaubte, hat die folgenden Hauptabmessungen:

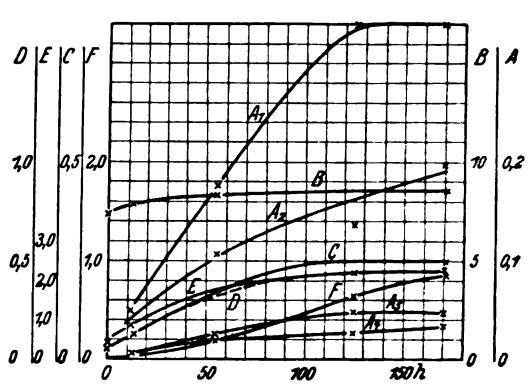
Durchmesser des unteren Gefäßes am Boden	284	mm
„ der oberen Platte	155	„
Breite des Schutzringes	35,2	„
Spalt zwischen dem Schutzring und der Platte	0,75	„
maximaler Abstand der oberen Platte vom Boden des Gefäßes	40	„

Die Abhängigkeit der Verluste von der Temperatur bestimmte man beim Abkühlen des Öles. Der Kondensator wurde in einen Thermostaten gestellt und bis auf 110 ° an-



A_1 tg δ für unfiltriertes Öl bei 80°
A_2 „ „ „ filtriertes Öl bei 80°
A_3 „ „ „ unfiltriertes Öl bei 40°
A_4 „ „ „ filtriertes Öl bei 40°
B Viskosität in Engler-Graden bei 20°
C Säurezahl in Milligramm KOH für 1 g Öl
D Teerzahl in Gewichtsprozent
E Harzinhalt in Volumprozent
F Bodensatz in Gramm für 1 l Öl

Abb. 7. Abhängigkeit der Verluste und der chemischen Größen von der Oxydierungsdauer für Embaöl.

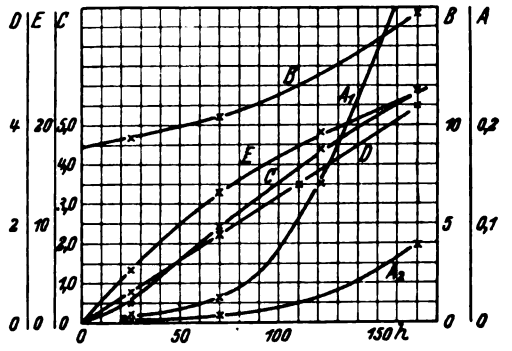


A_1 tg δ für unfiltriertes Öl bei 80°
A_2 „ „ „ filtriertes Öl bei 80°
A_3 „ „ „ unfiltriertes Öl bei 40°
A_4 „ „ „ filtriertes Öl bei 40°
B Viskosität in Engler-Graden bei 20°
C Säurezahl in Milligramm KOH für 1 g Öl
D Teerzahl in Gewichtsprozent
E Harzinhalt in Volumprozent
F Bodensatz in Gramm für 1 l Öl

Abb. 8. Abhängigkeit der Verluste und der chemischen Größen von der Oxydierungsdauer für Bakuöl.

Digitized by Google

gewärmt. Dann wurde das bis zu einer Temperatur von 120° angewärmte Öl in den Kondensator gegossen. Hierauf ließ man den Thermostaten nach Ausschalten der Heizlampen langsam abkühlen. Die Temperatur wurde mittels eines Thermometers bestimmt, das direkt in das Öl eingetaucht war. Im ganzen wurden 5 Ölsorten untersucht, von denen die wichtigsten die folgenden russischen Sorten waren: Bakuöl, Embaöl und das Öl „Paraffinum liquidum". Dieses letztere ist ein Öl, das mittels Schwefelsäure



A_1 tg δ für unfiltriertes Öl bei 80° C Säurezahl in Milligramm KOH
A_2 „ „ „ filtriertes Öl bei 40° für 1 g Öl
B Viskosität in Engler-Graden bei 20° D Teerzahl in Gewichtsprozent
E Harzinhalt in Volumprozent

Abb. 9. Abhängigkeit der Verluste und der chemischen Größen von der Oxydierungsdauer für Paraffinum liquidum.

($H_2SO_4 + 20\ \% SO_3$) gereinigt ist und nicht zur Füllung von Transformatoren gebraucht wird. Die bei diesen Messungen erhaltene Abhängigkeit der Tangente des Verlustwinkels von der Temperatur für verschiedene Oxydierungsdauer ist in den Abb. 2 ... 6 wiedergegeben.

Die Kurven für die Abhängigkeit der Verluste von der Temperatur für frisches Öl im Temperaturintervall 25 ... 110° entsprechen der Gleichung

$$\operatorname{tg}\delta = A\,T^n,$$

u. zw. nimmt diese Gleichung für die untersuchten Ölsorten folgende Form an:

Embaöl	$\operatorname{tg}\delta = 0{,}128\ T^{2{,}97} \cdot 10^{-6}$
Bakuöl	$\operatorname{tg}\delta = 0{,}426\ T^{2{,}65} \cdot 10^{-6}$
Paraffinum liquidum	$\operatorname{tg}\delta = 0{,}199\ T^{2{,}69} \cdot 10^{-6}$

Bei den chemischen Analysen wurden für verschiedene Oxydierungsdauer der Öle die folgenden Größen ermittelt:

1. die Säurezahl in Milligramm KOH für 1 g Öl,
2. die Teerzahl in Prozent des Gewichtes,
3. der Harzinhalt in Prozent des Volumens,
4. die Menge des gebildeten Bodensatzes in Gramm für 1 l Öl,
5. die Säurezahl des Bodensatzes in Milligramm KOH für 1 g des Bodensatzes,
6. die Viskosität des Öles bei 20° (nach Engler),
7. der in Benzol lösbare Teil des Bodensatzes.

Die Ergebnisse der chemischen Analysen in Abhängigkeit von der Oxydierungsdauer sind für die Öle von Baku, Emba und für Paraffinum liquidum in den Kurven der Abb. 7, 8 und 9 sowie zusammenfassend in Zahlentafel 1 dargestellt.

Zahlentafel 1. Vergleich der untersuchten Öle untereinander für eine Oxydierungsdauer von 70 h (nach den russischen Vorschriften).

Ölsorte	Emba	Baku	Paraffinum liquidum
Bodensatz [g/l]	0,18	0,28	0
Säurezahl	0,12	0,20	2,48
$\operatorname{tg}\delta_{(uf)}$ bei 80° für unfiltriertes Öl	0,148	0,216	0,0235
$\operatorname{tg}\delta_{(f)}$ bei 80° für filtriertes Öl	0,140	0,120	—
Säurezahl des Bodensatzes	0,007	0,008	0
$\frac{\operatorname{tg}\delta_{(uf)}}{\text{Säurezahl des Öles}}$	1,17	0,6	0,0096
$(\operatorname{tg}\delta)_{uf} - (\operatorname{tg}\delta)_f$	0,008	0,096	—
$\frac{(\operatorname{tg}\delta)_{uf} - (\operatorname{tg}\delta)_f}{\text{Säurezahl des Bodensatzes}}$	1,14	12,0	—

Wie aus den Kurven und der Zahlentafel ersichtlich ist, können die bei der Oxydierung sich bildenden Bodensätze bei einer Temperaturerhöhung des Öles sich teilweise auflösen, was zu einer Vergrößerung des Verlustwinkels führt. Bei der Auflösung von säurehaltigen Bodensätzen wird der Säureinhalt des Öles mit der Temperatur ansteigen.

Das Verhalten asynchron gekuppelter Schwungmassen*.

Von Dr.-Ing. **Johannes Ruths**, Stockholm.

Übersicht. Das Verhalten asynchron gekuppelter Schwungmassen wird bei Veränderungen in der Periodenzahl und in der Belastung des Motors untersucht. Durch Einführung der Begriffe „Schlupfzeit", „reduzierte Masse" und „elektromechanischer Leistungsfaktor" ergeben sich übersichtliche Zusammenhänge.

I. Allgemeine elektromechanische Eigenschaften der Asynchronmotoren.

Die Wirkung einer Schwungmasse bei Belastungsänderungen oder Schwankungen in der Periodenzahl ist verschieden, je nachdem sie auf der Welle eines Synchron- oder Asynchronmotors angeordnet ist. Den Synchronmotor kann man sich gewissermaßen als eine gewöhnliche elastische Kupplung vorstellen, die nur imstande ist, einen sehr plötzlichen kurzfristigen Stoß zu dämpfen, indem das Polrad etwas aus seiner Gleichgewichtslage schwingt. Der Asynchronmotor dagegen kann mit einer Riemenübertragung verglichen werden, bei der der Riemen bei einem plötzlichen Belastungsstoß gleitet. Im folgenden soll das Verhalten asynchron gekuppelter Schwungmassen untersucht werden, wobei Gesetze abgeleitet werden, die auch für die Praxis von größerer Bedeutung sind. Zunächst sollen jedoch die elektromechanischen Beziehungen, die zwischen der Leistung, der Schwungmasse und der Schlüpfung eines Asynchronmotors bestehen, klargelegt werden.

Das Verhältnis der Spannung des Primärnetzes U_1 zur Synchrongeschwindigkeit v_1 bei der augenblicklich vorhandenen Periodenzahl kann bei den kleinen Veränderungen von v_1 und U_1 bei allen hier vorkommenden Problemen mit hinreichender Genauigkeit als konstant angesehen werden:

$$\frac{U_1}{v_1} = \text{konst.}; \quad A = \left(\frac{U_1}{v_1}\right)^2. \quad \ldots\ldots (1)$$

Bedeutet P die vom Motor in einem gewissen Punkt ausgeübte Kraft und v_2 die zugehörige Geschwindigkeit des Rotors, so ist

$$P = \left(\frac{U_1}{v_1}\right)^2 (v_1 - v_2) = A\,(v_1 - v_2), \quad \ldots\ldots (2)$$

wie sich aus den bekannten Eigenschaften des Asynchronmotors leicht ableiten läßt. Wird P in kg und v in m/s ausgedrückt, so ist die Dimension von

$$A = \frac{P}{v_1 - v_2}\ \left[\frac{\text{kg}\cdot\text{s}}{\text{m}}\right].$$

Durch Einführung der Schlüpfung $\sigma = \frac{v_1 - v_2}{v_s}$, wobei v_s die Synchrongeschwindigkeit bei normaler Periodenzahl ist, ergibt sich

$$A = \frac{P}{\sigma\, v_s}. \quad \ldots\ldots\ldots (3)$$

Denken wir uns die Schwungmasse der Maschine auf denselben Hebelarm wie P bezogen und bezeichnen dieselbe mit $M\left[\frac{\text{kg}\cdot\text{s}^2}{\text{m}}\right]$, so stellt M/A eine für die Maschine

* Stark gekürzte Wiedergabe eines in El. Tidskr. Bd. 42, H. 11 (1912) erschienenen Aufsatzes. Die vollständige Übersetzung ist durch die Ruths G. m. b. H., Berlin W 9, Bellevuestr. 11, zu beziehen.

Digitized by Google

charakteristische Größe dar, deren Dimension die Sekunde ist. Wenn man die Anlaufzeit des Motors $T_a = \frac{M v_s}{P}$ setzt, erhalten wir

$$\frac{M}{A} = \sigma T_a . \quad \ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

Wir wollen diese Größe als Zeitkonstante T_σ bezeichnen und sie die „elektromechanische Zeitkonstante" oder die „Schlupfzeit des Motors" nennen. Sie läßt sich aus den bekannten Daten der Maschine berechnen zu

$$T_\sigma = \sigma T_a = \frac{2\sigma L}{75 N} = \frac{\sigma G D^2 n_s^2}{270\,000 N} , \quad \ldots \quad (5)$$

wobei GD^2 das Schwungmoment und n_s die zu v_s gehörende synchrone Drehzahl bedeuten. Die Schlupfzeit des Motors ist die Zeit, während der eine gewisse Bremskraft wirken muß, um den vom Netz abgekuppelten Motor von der Synchrongeschwindigkeit bis auf die bei angeschlossenem Motor der Bremskraft entsprechende Schlüpfung abzubremsen.

2. Schwankungen der Periodenzahl.

Wir gehen nun dazu über, zu untersuchen, wie eine mit der Kraftmaschine asynchron gekuppelte Schwungmasse sich verhält bei Änderungen in der Umdrehungszahl der Kraftmaschine oder, was das gleiche ist, ihrer Periodenzahl. Solche Schwankungen können verursacht werden durch eine Veränderung in der Netzbelastung entweder direkt (beispielsweise durch Stromstöße von einem elektrischen Ofen) oder indirekt (Veränderungen in der vom Synchron- oder Asynchronmotor abgegebenen Leistung). Schließlich können sie auch hervorgerufen werden durch die eigenen Regelorgane der Maschine (z. B. Pendelungen bei einer Wasserkraftzentrale).

a) Steigerung der Periodenzahl.

Einfachheitshalber soll vorausgesetzt werden, daß die Geschwindigkeitsteigerung proportional mit der Zeit erfolgt und der Motor unbelastet ist. Wir erhalten für einen gewissen Zeitpunkt die Beschleunigung des Motors durch die Formel

$$\frac{d v_2}{d t} = \frac{A (v_1 - v_2)}{M} ; \quad \ldots\ldots \quad (6)$$

setzen wir

$$v_1 = \alpha + \beta t , \quad \ldots\ldots \quad (7)$$

worin α und β Konstante sind, so erhalten wir

$$v_2 = \alpha + \beta t - \frac{M}{A} \frac{d v_2}{d t} . \quad \ldots\ldots \quad (8)$$

Die Lösung dieser Differentialgleichung ergibt

$$\frac{d v_2}{d t} = \frac{d v_1}{d t} + C e^{-\frac{A}{M} t} ; \quad \ldots\ldots \quad (9)$$

für $t = 0$ ist bei einer unbelasteten Maschine $v_1 = v_2$ und somit

$$\left[\frac{d v_2}{t}\right]_0 = 0.$$

Wir erhalten dann für $t = 0$

$$C = -\frac{d v_1}{d t} \quad \text{und} \quad \frac{d v_2}{d t} = \frac{d v_1}{d t}\left(1 - e^{-\frac{A}{M} t}\right). \quad (10)$$

Führt man als neuen Begriff die „reduzierte Masse" M_r ein, die so im Primärnetz angeordnet gedacht ist, daß sie bei synchroner Kupplung dieselbe Wirkung ausüben soll wie die wirkliche Masse bei asynchroner Kupplung, so ist

$$M_r \frac{d v_1}{d t} = M \frac{d v_2}{d t} . \quad \ldots\ldots \quad (11)$$

Gl. (10) kann nun geschrieben werden

$$M_r = M\left(1 - e^{-\frac{A}{M} t}\right)$$

oder

$$M_r = M\left(1 - e^{-\frac{t}{T_\sigma}}\right). \quad \ldots\ldots \quad (12)$$

Wir kommen somit zu dem besonders interessanten Resultat, daß eine asynchron gekuppelte Masse M nicht durch eine gedachte konstante Masse im Primärnetz ersetzt werden kann, sondern daß die reduzierte Masse eine Funktion der Zeit ist. Beim Beginn des Regelungsverlaufes ist die reduzierte Masse gleich Null, d. h. die asynchron gekuppelte Masse unterstützt im ersten Augenblick die Regelung gar nicht. Erst nach einer unendlich langen Zeit wird $M_r = M$, d. h. erst bei einem verhältnismäßig langen Regelverlauf wirkt die asynchron gekuppelte Masse praktisch genau so, als ob sie im Primärnetz angeordnet wäre. Gl. (12) kann durch eine einfache Umrechnung verwandelt werden:

$$t = 2{,}3\,\sigma T_a \lg\left[\frac{M_r}{M} - 1\right]. \quad \ldots\ldots \quad (13)$$

In Abb. 1 ist diese Gleichung für verschiedene Werte von T_σ aufgetragen.

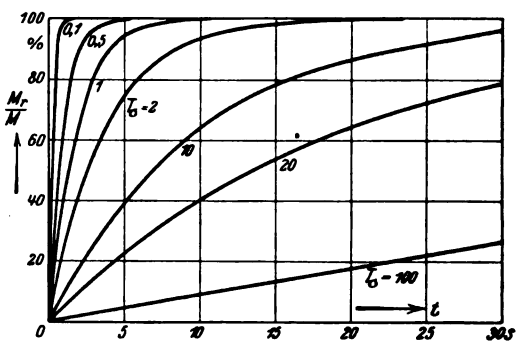


Abb. 1. Zunahme der reduzierten Masse bei verschiedenen Schlupfzeiten.

Beispielsweise hat ein Ilgner-Schwungrad eines Reversierwalzwerkes bei einer lebendigen Kraft von 15 000 000 mkg, einer normalen Leistung des Asynchronmotors von 800 PS und einer Schlüpfung von 20 % eine Schlupfzeit von

$$T_\sigma = \frac{2\sigma L}{75 N} = \frac{2 . 0{,}2 . 15\,000\,000}{75 . 800} = 100 \text{ s};$$

dagegen ist T_σ für Asynchronmotoren ohne Schlupfwiderstand nahezu eine konstante Größe, die nur zwischen 0,02 und 0,04 s variiert.

Bedenkt man, daß die meisten Kraftmaschinenregler eine Schlußzeit haben, die kleiner ist als eine oder ein paar Sekunden, so ist klar, daß man bei Asynchronmotoren mit Schlupfwiderstand im Rotorkreis im allgemeinen nicht damit rechnen darf, daß die asynchron gekuppelten Massen bei der Regelung die Massen der Kraftmaschine mit mehr als 10 % unterstützen. Bei Asynchronmotoren ohne Schlüpfungswiderstand kann man dagegen mit den Massen des Motors rechnen, als ob diese im Primärnetz synchron angeordnet wären. Sind im letzteren Falle die Motoren mit Arbeitsmaschinen gekuppelt, die große Massen besitzen, so kann von diesen Massen unter Umständen nur ein geringer Teil beim Verlauf der Regelung mitwirken.

Bemerkenswert ist, daß die reduzierte Masse unabhängig von der Beschleunigung β ist, dagegen übt diese Größe einen Einfluß auf die während des Regelvorgangs vom Asynchronmotor aufgenommene Leistung aus. Die Leistung des Motors ist

$$N = \frac{P v_s}{75} . \quad \ldots\ldots\ldots \quad (14)$$

Nun ist anderseits

$$P = M_r \frac{d v_1}{d t} = M_r \beta . \quad \ldots\ldots \quad (15)$$

Mit Rücksicht auf Gl. (5) erhält man nach einigen Umrechnungen

$$N = N_{\text{norm}} T_a \frac{\beta}{v_s} \frac{M_r}{M} \quad \ldots\ldots \quad (16)$$

Die maximale Geschwindigkeit, mit welcher v_1 steigen kann, hängt nun von der Größe der Schwungmassen ab, die auf der Welle der Kraftmaschine sitzen. Ist T_{ak} die Anlaufzeit der Kraftmaschine, so ist bei einer Entlastung um 100 %

$$\frac{\beta_{\max}}{v_s} = \frac{1}{T_{ak}} . \quad \ldots\ldots\ldots \quad (17)$$

Digitized by Google

T_{ak} variiert beträchtlich für verschiedene Arten von Kraftmaschinen in den Grenzen von etwa 5 ... 100 s. Ist beispielsweise $T_{ak} = 10$ s, so wird für β_{max}

$$N = 0{,}1\, N_{norm}\, T_a \frac{M_r}{M} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (18)$$

Für einen Walzwerksmotor von $T_a = 50$ s und $T_\sigma = 10$ s ergeben sich dann die in Abb. 2 dargestellten Kurven für N und M_r/M.

Wie aus der Abb. 2 hervorgeht, kann die Leistung schon nach etwas mehr als 2 s auf den normalen Betrag angestiegen sein. Diese Leistung addiert sich nun zu der Belastung des Motors. Falls dieser beim Beginn der Regelung voll belastet ist, steigt die Belastung auf den doppelten Betrag und der Automat der Maschine löst aus. Es kann also der Fall eintreten, daß die asynchron gekuppelte Schwungmasse, anstatt die Regelung der Kraftmaschine zu unterstützen, eine Betriebstörung verursacht. Bei Motoren ohne Schlupfwiderstand beträgt die Anlaufzeit etwa 0,5 ... 2 s. Für solche Motoren ist, wie wir hier gezeigt haben, M_r/M schon nach Bruchteilen einer Sekunde praktisch gleich 1, und wir erhalten somit nach Gl. (18)

$$N = (0{,}05 \ldots 0{,}2) \cdot N_{norm},$$

d. h. bei einer plötzlichen Entlastung in der Kraftzentrale vermehrt sich die den Motoren zugeführte Leistung um 5 ... 20 %. Solche Überlastungen halten nun die meisten Sicherheitsapparate aus, ohne zu unterbrechen, so daß infolgedessen bei normalen Motoren ohne Schlüpfung die Massen tatsächlich bei einer Steigerung der Umdrehungszahl mitfolgen können. Ganz anders stellen sich die Verhältnisse, wenn die Motoren mit größeren Schwungmassen gekuppelt sind. Auch in diesem Fall kann nach

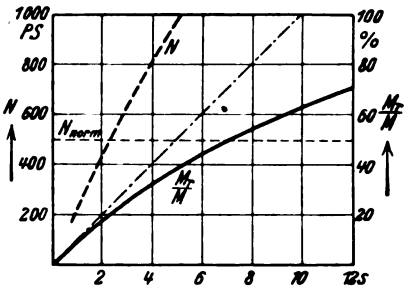


Abb. 2. Verlauf der reduzierten Masse und der Leistung.

Abb. 2 M_r/M sehr bald gleich 1 werden, und wir können dann für einen Motor, der die 10fache Anlaufzeit hat, eine um 50 ... 200 % gesteigerte Leistungsaufnahme erhalten.

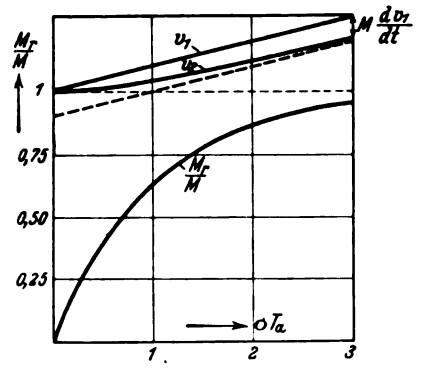


Abb. 3. Verlauf der v_2-Kurve im Verhältnis zu v_1.

Untersuchen wir schließlich, wie die v_2-Kurve liegt, so erhalten wir das Ergebnis, das in Abb. 3 wiedergegeben ist. Wie aus dieser hervorgeht, ist $\left(\frac{d v_2}{d t}\right)_0 = 0$. Die v_2-Kurve nähert sich asymptotisch einer zu v_1 parallelen Linie, welche um $M \frac{d v_1}{d t}$ unter derselben liegt. Tritt statt einer Entlastung eine plötzliche Belastung des Kraftwerks auf, so sinkt die Drehzahl, wobei v_2 in ähnlicher Weise sich allmählich einer Geraden nähert, die um $M \frac{d v_1}{d t}$ höher als die v_1-Gerade liegt. Der Motor läuft übersynchron als Generator.

Wir haben bisher stets angenommen, daß der Motor unbelastet ist; ist der Motor dagegen belastet, so wird hierdurch an den gefundenen Resultaten nichts geändert. v_2 liegt von vornherein um einen Betrag, der entsprechend Gl. (2) gleich P/A ist, unterhalb v_1 und verläuft zu einer Parallelen zu v_1 in diesem Abstand in derselben Weise wie beim unbelasteten Motor zur v_1-Gerade.

Wichtig ist, daß bei asynchronen Generatoren, die in Wasserkraftanlagen verschiedentlich vorkommen, die asynchron gekuppelten Massen die synchron gekuppelten nur zum Teil unterstützen. Bei normalen Wasserturbinen liegt T_a zwischen 6 und 10 s. Nimmt man $\sigma = 0{,}02$ an, so wird $T_\sigma = 0{,}12 \ldots 0{,}2$ s. Damit 90 % der Schwungmassen zur Wirkung kommen, ist eine Zeit von 0,28 ... 0,46 s erforderlich. Hieraus geht hervor, daß man bei solchen mit Asynchronmotoren ausgerüsteten Kraftmaschinen in den meisten Fällen damit rechnen kann, daß diese Massen praktisch zu voller Wirkung kommen, genau so, als ob sie synchron mit dem Netz gekuppelt wären.

b) Pendelungen in der Periodenzahl.

Unsere Kraftmaschinenregler reagieren nicht unmittelbar auf eine Änderung der Leistung, sondern auf eine Änderung der Umdrehungszahl. Es folgt daraus, daß eine Geschwindigkeitsänderung notwendig ist, bevor die Leistung geregelt werden kann. Durch die Massen des Reglers, die Unempfindlichkeit, den Ungleichförmigkeitsgrad usw. entsteht eine Phasenverschiebung zwischen der vor dem Regler eingestellten Leistung und der im Netz erforderlichen Leistung. Hieraus folgt, daß die Schwankungen in der Belastung des Netzes stets Veränderungen der Periodenzahl verursachen und ferner, daß bei Leistungspendelungen auch Pendelungen der Periodenzahl entstehen. Der Impuls zu Pendelungen kann aber auch von der Kraftmaschine selbst ausgehen, wie beispielsweise bei allen Kolbenkraftmaschinen.

Kennen wir die Gesamtmasse des Netzes und messen wir die Geschwindigkeitsänderungen, so können wir auch bestimmen, wie groß die auftretenden Kräfte sind. Wir brauchen hierbei auf die Größe der normalen Energieübertragung durch das Netz keine Rücksicht zu nehmen, da die Pendelungserscheinungen von dieser unabhängig sind und sich die Pendelungskraft ganz einfach zu der übertragenen Mittelkraft addiert oder sich von dieser subtrahiert. Ferner wollen wir annehmen, daß die Schwingungen der Periodenzahl, die wir hier untersuchen wollen, keine Resonanzerscheinungen der mit dem Netz synchron gekuppelten Massen verursachen. Es entsteht nun die Frage, was eigentlich die Gesamtmasse des Netzes ist. Alle synchron gekuppelten Massen wirken genau so, als ob sie auf der Welle der Kraftmaschine säßen. Wir wollen nun sehen, wie sich die asynchronen Schwungmassen verhalten. Bevor wir hierzu übergehen, wollen wir den Zusammenhang zwischen den Veränderungen der Drehzahl, den synchronen Schwungmassen des Netzes und der veränderlichen Pendelkraft feststellen für den Fall, daß nur synchrone Massen vorhanden sind.

Wenn M_1 die auf einen bestimmten Punkt reduzierte Masse und Δv_1 die Abweichung aus der Gleichgewichtslage v_{10} ist, so ist die zugehörige Pendelungskraft

$$\Delta P_1 = M_1 \frac{d \Delta v_1}{d t}. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (19)$$

Für sinusförmige Schwingungen der Periodenzahl ist

$$\Delta v_1 = \Delta v_{10} \sin \Theta t \quad \ldots\ldots\ldots \quad (20)$$

und

$$\Delta P_1 = M_1 \Theta \Delta v_{10} \sin (\Theta t + 90^\circ). \quad \ldots\ldots \quad (21)$$

Nach dieser Gleichung ist es möglich, durch Messung der Amplituden der Geschwindigkeitsänderungen und der Anzahl periodischer Schwingungen in der Sekunde auch die Pendelungskräfte zu bestimmen, die augenblicklich im Netz wirksam sind. Der maximale Wert von ΔP_1 ist

$$\Delta P_{10} = M_1 \Theta \Delta v_{10}, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (22)$$

Digitized by Google

und da der maximale Wert der Pendelleistung

$$\Delta N_{10} = \frac{\Delta P_{10}\, v_{10}}{75} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (22a)$$

ist, erhalten wir

$$\Delta N_{10} = \frac{M_1 v_{10}^2}{2} \frac{\Theta}{75} \frac{2\Delta v_{10}}{v_{10}} \quad \ldots\ldots \quad (23)$$

Nennen wir δ_n den Ungleichförmigkeitsgrad der Periodenzahl, d. h.

$$\delta_n = \frac{v_{1\max} - v_{1\min}}{v_{10}} = \frac{r_{\max} - r_{\min}}{r_0}, \quad \ldots \quad (24)$$

worin r_0 die Mittellage der Periodenzahl ist, so ist

$$\delta_n = \frac{2\Delta v_{10}}{v_{10}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (25)$$

Analog hierzu können wir auch den Begriff des Ungleichförmigkeitsgrades der Leistung einführen und setzen

$$\delta_e = \frac{N_{1\max} - N_{1\min}}{N_{10}} = \frac{2\Delta N_{10}}{N_{10}} = \frac{2\Delta P_0}{P_0}, \quad \ldots \quad (26)$$

worin N_{10} die von der Kraftmaschine oder den Kraftmaschinen an das Netz abgegebene Mittelleistung darstellt und $N_{1\max}$ den maximalen und $N_{1\min}$ den minimalen Wert dieser Leistung. Wir erhalten nun, da die kinetische Energie

$$L_1 = \frac{M_1 v_{10}^2}{2} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (27)$$

ist,

$$\Delta N_{10} = \frac{L_1 \Theta}{75} \delta_n' \quad \ldots\ldots\ldots \quad (28)$$

oder

$$N_{1\max} - N_{1\min} = \delta_e N_{10} = 2\Delta N_{10} = \frac{2 L_1 \Theta}{75} \delta_n \quad (29)$$

sowie

$$\delta_e = \frac{2 L_1}{75 N_{10}} \Theta \delta_n \quad \ldots\ldots\ldots \quad (30)$$

oder mit Rücksicht auf Gl. (5)

$$\delta_e = T_{ak} \Theta \delta_n. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (31)$$

T_{ak} ist in diesem Zusammenhang die „Anlaufzeit des Netzes" und wird bei einem Netz mit mehreren synchron gekuppelten Schwungmassen aus der Summe aller dieser Massen $\left(\sum L_1\right)$ und der Summe der Leistungen aller Kraftmaschinen $\left(\sum N_{10}\right)$ berechnet. Aus der Gleichung kann man also, da Θ und T_{ak} bekannt sind, aus den im Netz entstehenden prozentualen Veränderungen der Drehzahl leicht die prozentualen Leistungsänderungen berechnen.

In der nun folgenden Untersuchung der asynchron gekuppelten Schwungmasse bei Pendelungen sollen die gleichen Bezeichnungen mit dem Index 2 für die Geschwindigkeit dieser Masse gelten. Ist die konstante Belastung des Motors W_0 [kg], reduziert auf denselben Punkt wie v_1 und v_2, so erhalten wir

$$A(v_1 - v_2) = M \frac{\mathrm{d}\, v_2}{\mathrm{d}\, t} + W_0 \quad \ldots\ldots \quad (32)$$

oder

$$A(v_{10} - v_{20}) + A(\Delta v_1 - \Delta v_2) = M \frac{\mathrm{d}\, v_2}{\mathrm{d}\, t} + W_0 \ldots \quad (33)$$

Nun ist nach Gl. (2)

$$A(v_{10} - v_{20}) = W_0, \quad \ldots\ldots \quad (34)$$

und wir erhalten

$$\Delta v_1 = \Delta v_2 + \frac{M}{A} \frac{\mathrm{d}\, v_2}{\mathrm{d}\, t} \quad \ldots\ldots \quad (35)$$

oder

$$\Delta v_1 = \Delta v_2 + \frac{M}{A} \frac{\mathrm{d}\, \Delta v_2}{\mathrm{d}\, t} \quad \ldots\ldots \quad (36)$$

Sehen wir ab von dem verwickelten Verlauf, der im ersten Augenblick stattfindet, wenn eine Pendelung in einem Netz entsteht, und betrachten wir somit nur, was geschieht, nachdem der Beharrungszustand eingetreten ist, so können wir sagen, daß, wenn Δv_1 sich nach einer Sinuslinie ändert, auch der Verlauf von Δv_2 und $\frac{\mathrm{d}\, \Delta v_2}{\mathrm{d}\, t}$ eine Sinuslinie ist, da die Derivate ebenso wie die Summe aller solcher Kurven von gleicher Periodenzahl stets wieder eine Sinuslinie ist. Setzen wir

$$\Delta v_2 = \Delta v_{20} \sin \Theta t, \quad \ldots\ldots \quad (37)$$

so erhalten wir

$$\Delta v_1 = \Delta v_{20} \sin \Theta t + \frac{M\Theta}{A} \Delta v_{20} \sin(\Theta t + 90°). \quad (38)$$

Diese Gleichung wird graphisch in dem Geschwindigkeitsdiagramm Abb. 4 gelöst. Wir sehen aus der Abbildung, daß die Schwingungen, welche asynchron mit dem Netz gekuppelte Schwungmassen ausführen, phasenverschoben sind gegen die Schwingungen, die von den synchron gekuppelten Schwungmassen ausgeführt werden. Wir sehen weiter, daß

$$\Delta v_{20} = \Delta v_{10} \cos \psi. \quad \ldots\ldots \quad (39)$$

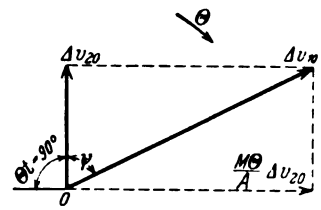


Abb. 4. Geschwindigkeitsdiagramm, das die Phasenverschiebung zwischen den Schwingungen der synchron und asynchron gekuppelten Schwungmassen darstellt.

Da stets $\cos\psi < 1$, so finden wir, daß bei Pendelungen der Periodenzahl asynchron gekuppelte Schwungmassen an den Schwingungen der synchron gekuppelten nicht voll teilnehmen, sondern Schwingungen ausführen, die stets von einer kleineren Amplitude sind als die der synchronen. Aus Abb. 4 folgt unmittelbar, daß

$$\operatorname{tg}\psi = \frac{M\Theta}{A} = \Theta\sigma T_a = \Theta T_\sigma \quad \ldots\ldots \quad (40)$$

und

$$\cos\psi = \sqrt{\frac{1}{1 + (\Theta T_\sigma)^2}}, \quad \ldots\ldots \quad (41)$$

und wir sehen, daß die auf den Rotor eines Asynchronmotors übertragenen Pendelungen um so kleiner werden, je schneller die Schwingungen vor sich gehen und je länger die Schlupfzeit des Motors ist. Auffallend ist die Ähnlichkeit zwischen der abgeleiteten Formel $\operatorname{tg}\psi = \frac{M\Theta}{A}$ und der in der Elektrotechnik vorkommenden Formel $\operatorname{tg}\varphi = \frac{L\omega}{R}$. Infolgedessen könnte man den hier abgeleiteten Kosinus den „elektromechanischen Leistungsfaktor" nennen.

Das oben gefundene Ergebnis, daß eine mit dem Primärnetz asynchron gekuppelte Masse an den im Netz vorkommenden Geschwindigkeitsänderungen nicht voll teilnimmt, legt den Gedanken nahe, bei Anlagen, in denen solche Geschwindigkeitsänderungen oft entstehen, einen Asynchronumformer für solche Zwecke aufzustellen, wo konstante Spannung erfordert wird, beispielsweise für Beleuchtung.

Durch Einführung der „reduzierten Masse" M_r bekommt man einen guten Überblick über das Verhalten asynchroner Schwungmassen. Aus Gl. (22) erhält man in Übereinstimmung mit Gl. (39)

$$\Delta P_0 = M\Theta\Delta v_{20} = M\Theta\Delta v_{10}\cos\psi \quad \ldots \quad (42)$$

und

$$M_r\Theta\Delta v_{10} = M\Theta\Delta v_{10}\cos\psi, \quad \ldots \quad (43)$$

also

$$M_r = M\cos\psi \quad \ldots\ldots\ldots \quad (44)$$

oder mit Rücksicht auf Gl. (27)

$$L_r = L\cos\psi. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (45)$$

Bei Pendelungen in der Periodenzahl eines Netzes kann eine mit dem Netz asynchron gekuppelte Schwungmasse also ersetzt werden durch eine mit dem Netz synchron gekuppelte Masse, die gleich dem

Digitized by Google

Produkt aus der wirklichen Masse und dem $\cos\psi$ ist.

Wir wollen auch in diesem Fall die Pendelungsleistung berechnen. Wir erhalten aus Gl. (42) in Übereinstimmung mit den Gl. (22 a), (25), (27), (28), (29) u. (30)

$$\Delta N_0 = \frac{\Delta P_0 v_{10}}{75} = \frac{M v_{10} \Theta \Delta v_{10} \cos\psi}{75} \quad \ldots \quad (46)$$

$$\Delta N_0 = \frac{L\Theta}{75} \delta_n \cos\psi = \frac{L_r \Theta}{75} \delta_n \quad \ldots \quad (47)$$

$$\delta_e N_0 = 2 \Delta N_0 = \frac{2 L_r \Theta}{75} \delta_n \quad \ldots \quad (48)$$

$$\delta_e = T_{ak} \Theta \delta_n \cos\psi. \quad \ldots \quad (49)$$

Arbeitet die Masse M_r in einem Netz zusammen mit einer synchron gekuppelten Masse M_1, so kann man beide durch eine resultierende Masse M_{res} ersetzen, welche mit dem Netz synchron gekuppelt, mit der resultierenden Kraft P_{0res} die gleichen Geschwindigkeitsänderungen hervorruft:

$$\Delta P_{0res} = M_{res} \Theta \Delta v_{10}. \quad \ldots \quad (50)$$

Dabei kann durch geometrische Addition

$$M_{res} = \sqrt{M_1^2 + M_r^2 + 2 M_1 M_r \cos\psi} \quad \ldots \quad (51)$$

erhalten werden und

$$L_{res} = \sqrt{L_1^2 + L_r^2 + 2 L_1 L_r \cos\psi}. \quad \ldots \quad (52)$$

Aus Gl. (51) geht hervor, daß die Größe der resultierenden Masse mit der Periodenzahl der Pendelungen veränderlich ist. Dagegen ist sie vollständig unabhängig von der Belastung der verschiedenen Motoren und ebenso davon, ob die Massen mit dem Netz als asynchrone Motoren oder asynchrone Generatoren gekuppelt sind.

Die oben abgeleiteten Gleichungen für Netze mit nur synchron gekuppelten Schwungmassen können nun auch auf solche Netze angewendet werden, in denen sowohl synchron als auch asynchron gekuppelte Massen vorkommen, wenn wir nur in den verschiedenen Formeln die synchrone Masse durch die resultierende Masse ersetzen. Wir erhalten somit aus Gl. (50) in Übereinstimmung mit den Gl. (28), (29) und (30)

$$\Delta N_0 = \frac{L_{res} \Theta}{75} \delta_n \quad \ldots \quad (53)$$

$$N_{max} - N_{min} = \delta_e N_0 = 2 \Delta N_0 = \frac{2 L_{res} \Theta \delta_n}{75} \quad (54)$$

$$\delta_e = T_{ak} \Theta \delta_n \frac{M_{res}}{M_1}. \quad \ldots \quad (55)$$

Rechnet man einige typische Fälle von Pendelungen für verschiedene gebräuchliche Motoren durch, so findet man, daß normale Asynchronmotoren die Schwingungen im Netz, deren Amplitude Δv_{10} ist, auf etwa 50 % der ursprünglichen Höhe herabsetzen, wenn diese sehr langsam vor sich gehen, und auf etwa 75 %, wenn sie schnell vor sich gehen; ferner, daß Motoren mit einer besonders großen Schwungmasse sehr langsame Schwingungen auf etwa 30 % des ursprünglichen Wertes dämpfen, schnellere Schwingungen, die vom Kraftmaschinenregler verursacht werden, auf die Hälfte und die schnellsten, die vom Ungleichförmigkeitsgrad der Maschine hervorgerufen werden, auf nicht mehr als 94 % des Ursprungswertes, d. h. praktisch überhaupt nicht.

Für Asynchronmotoren mit Schlupfwiderstand finden wir endlich, daß sie ganz ausgezeichnet dämpfend wirken für sehr langsame Schwingungen, welche durch sie auf etwa 20 % herabgesetzt werden, daß sie aber nicht beträchtlich dämpfend wirken für Schwingungen, welche vom Kraftmaschinenregler hervorgerufen werden, und gar nicht für solche, die durch den Ungleichförmigkeitsgrad im Netz befindlicher Kolbenmaschinen entstehen. Das Ergebnis ist also, daß bei langsamen Schwingungen alle Arten von Asynchronmotoren beträchtlich dämpfen, bei schnellen Schwingungen nur die Asynchronmotoren ohne Schlupfwiderstand.

Die Leistungspendelungen, die vom Kraftmaschinenregler hervorgerufen werden, sind am gefährlichsten für die Asynchronmotoren ohne besonderen Schlupfwiderstand, da in diesem Fall der Ungleichförmigkeitsgrad der zugeführten Leistung einen Wert von über 100 % annehmen kann. Bei den Pendelungen, die durch den Ungleichförmigkeitsgrad der Kraftmaschinen verursacht werden, sind die Leistungsänderungen beträchtlich geringer, was für die Wirtschaftlichkeit der Anlage vorteilhaft ist, da diese Pendelungen ja stets dauernd vorhanden sind. Bei Motoren mit Schlupfwiderstand sind nur die langsamen Schwingungen gefährlich. Es soll noch darauf hingewiesen werden, daß diese Pendelungen natürlich stets Stromwärmeverluste in den Motoren, der Leitungsanlage und den Generatoren verursachen.

3. Belastungsänderungen.

Der Gang eines Asynchronmotors ist beträchtlich sanfter als der eines Synchronmotors, da die Belastungsänderungen nicht mit ihrem vollen Wert auf das Netz übertragen werden. Es ist klar, daß die Dämpfung der Veränderungen um so größer wird, je größer die Masse des Schwungrades ist und je größer der ohmsche Widerstand der Rotorwicklung ist (zu der in diesem Zusammenhang auch ein evtl. Schlupfwiderstand gerechnet wird); wir können also vermuten, daß die oben abgeleitete Schlupfzeit sich auch für die Dämpfung als ausschlaggebend erweist.

a) Allgemeiner Fall.

Die graphischen Methoden für die Bestimmung der Leistungsänderungen eines Motors beliebiger Art aus der gegebenen Widerstandskurve, die z. B. bei den verschiedenen Arbeitsprozessen von der Zeit oder von der Geschwindigkeit abhängig sein kann, dürfen als bekannt vorausgesetzt werden. Wir wollen sehen, wie das Verfahren vereinfacht werden kann, wenn es sich um Asynchronmotoren handelt. Wir erhalten

$$\Delta v_2 = \frac{P - W}{M} \Delta t. \quad \ldots \quad (56)$$

Bezeichnen wir mit ΔP die Zunahme der Motorkraft in der Zeit Δt, so erhalten wir mit Rücksicht auf Gl. (2)

$$\Delta P = A \Delta v_2 = \frac{A}{M} (P - W) \Delta t \quad \ldots \quad (57)$$

oder

$$\Delta P = \frac{(P - W) \Delta t}{T_\sigma}. \quad \ldots \quad (58)$$

Wir brauchen also bei einem Dreiphasenmotor nicht die Kurve der vom Motor ausgeübten Kraft als Funktion der Geschwindigkeit oder der Zeit aufzuzeichnen, sondern können direkt ΔP berechnen. Voraussetzung hierfür ist in erster Linie, daß der Leerlaufwiderstand der Arbeitsmaschine sich mit der Geschwindigkeit nicht ändert.

Die Schlüpfung erhalten wir aus P nach Gl. (3) zu

$$\sigma = \frac{P}{A v_s}. \quad \ldots \quad (59)$$

Man kann natürlich auch mit den Leistungen statt mit den Kräften rechnen. In diesem Fall erhalten wir

$$\Delta N = \frac{(P - W) \Delta t v_s}{75 T_\sigma} \quad \ldots \quad (60)$$

und

$$\sigma = \frac{75 N}{A v_s^2}. \quad \ldots \quad (61)$$

Wir wollen nun auch die durch die Schlüpfung des Motors entstehenden Verluste berechnen: die dem Rotor zugeführte Leistung ist $P' v_s$ [mkg/s], die vom Rotor abgegebene Leistung $P' v_2$, der Verlust $P(v_s - v_2)$. Nun variieren P' und v_2; die Verluste während einer gewissen Zeit sind also

$$f = \int_0^T P' (v_s - v_2) \, d t \quad [\text{mkg}] \quad \ldots \quad (62)$$

oder mit Rücksicht auf Gl. (2)

$$f = \frac{1}{A} \int P^2 \, d t = \frac{5625}{A v_s^2} \int N^2 \, d t. \quad \ldots \quad (63)$$

Digitized by Google

Dieser Ausdruck ist leicht zu bilden, und man kann daraus durch Planimetrieren die Verluste bestimmen. Als Funktion der Schlüpfung erhalten wir

$$f = A\, v_s^2 \int \sigma^2 \,\mathrm{d}\, t \quad [\mathrm{mkg}]. \quad \ldots\ldots \quad (64)$$

Wenn nun, wie es gewöhnlich der Fall ist, mehrere Arbeitsprozesse der gleichen Art nacheinander erfolgen, so muß die oben angeführte Konstruktion wiederholt werden, bis der Beharrungszustand eintritt.

b) Intermittierender Betrieb mit konstanter Belastung.

Ein interessanter Spezialfall liegt dann vor, wenn die Belastung während der verschiedenen Arbeitsperioden konstant ist, aber der Motor doch nicht seine Gleichgewichtslage erreicht und die Leistung deshalb pendelt. Ich will hier nicht auf diesen Fall eingehen, da ich die hierfür geltenden Theorien schon früher erörtert habe[1].

c) Die Belastung pendelt nach einer Sinuslinie.

Wir wollen nun einen weiteren Spezialfall untersuchen, nämlich den, daß man die Belastung praktisch als nach einer Sinuslinie verlaufend annehmen kann. Solche Beispiele haben wir in elektrisch getriebenen Kolbenmaschinen, Kompressoren, Pumpen u. dgl., ferner, wenn eine Kolbenmaschine und ein Asynchronmotor auf die gleiche Welle arbeiten, oder schließlich, wenn eine Kolbenkraftmaschine mit einem asynchronen Generator ausgerüstet ist. Wir erhalten, wenn die an den Rotor abgegebene Kraft

$$P = P_0 + \Delta P \quad \ldots\ldots \quad (65)$$

ist, die Geschwindigkeit

$$v_2 = v_{20} + \Delta v_2 \quad \ldots\ldots \quad (66)$$

und den Widerstand

$$W = W_0 + \Delta W, \quad \ldots\ldots \quad (67)$$

$$P = P_0 + \Delta P = A\,(v_1 - v_2) = A\,(v_1 - v_{20} - \Delta v_2)$$
$$= \frac{M\,\mathrm{d}\, v_2}{\mathrm{d}\, t} + W_0 + \Delta W. \quad \ldots\ldots \quad (68)$$

Wir setzen nun voraus, daß $v_1 = \text{konst.} = v_s$ ist und erhalten

$$P_0 = A\,(v_s - v_{20}) = W_0 \quad \ldots\ldots \quad (69)$$

und

$$-\Delta W = A\,\Delta v_2 + M\frac{\mathrm{d}\,\Delta v_2}{\mathrm{d}\, t}. \quad \ldots\ldots \quad (70)$$

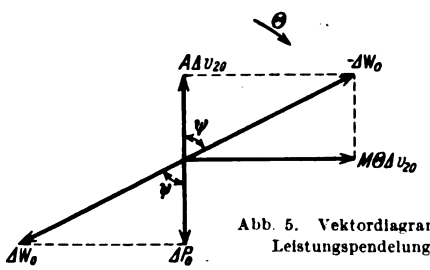


Abb. 5. Vektordiagramm für Leistungspendelungen.

Diese Gleichung kann nun in einem Vektordiagramm in gleicher Weise wie Gl. (38) dargestellt werden. Wir erhalten in dieser Weise Abb. 5 und sehen aus dieser unmittelbar, daß

$$\mathrm{tg}\,\psi = \frac{M\Theta}{A} = T_a\,\Theta \quad \ldots\ldots \quad (71)$$

und

$$\Delta P_0 = \Delta W_0 \cos\psi \quad \ldots\ldots \quad (72)$$

ist. Die Gleichung zeigt, daß die Pendelungen der dem Asynchronmotor zugeführten Leistung gegen die Pendelungen der Belastung um einen gewissen Winkel phasenverschoben sind und daß die ersteren Pendelungsleistungen geringer sind als die letzteren und stets gleich diesen, multipliziert mit $\cos\psi$. Je größer die Schlupfzeit des Motors ist und je schneller die Belastungsänderung vor sich geht, ein um so geringerer Teil der sekundären Pendelungsleistung wird auf das Netz übertragen.

Ist δ_{e_1} der Ungleichförmigkeitsgrad der dem Motor zugeführten Leistung und δ_e der der sekundären, die aus dem Tangentialdruckdiagramm der Arbeitsmaschine bekannt ist, so erhalten wir aus Gl. (72)

$$\delta_{e_1} = \delta_e \cos\psi.$$

Ist das Tangentialdruckdiagramm gegeben, so kann δ_e leicht berechnet werden und hieraus auch die primären Pendelungen. Im allgemeinen liegt nun das Tangentialdruckdiagramm nicht vor, dagegen kann man durch den Lieferer der Arbeitsmaschine leicht den Ungleichförmigkeitsgrad δ_s feststellen, und wir müssen deshalb die prozentualen Leistungsänderungen aus dieser Größe zu bestimmen suchen.

Ist die Anlaufzeit des Motors T_a Sekunden, so erhalten wir, da $\delta_s = \frac{\delta_e}{\Theta\, T_a}$ ist,

$$\delta_{e_1} = \delta_s\,\Theta\, T_a \cos\psi. \quad \ldots\ldots \quad (73)$$

Multiplizieren wir Zähler und Nenner mit σ, so erhalten wir

$$\delta_{e_1} = \frac{\delta_s\,\Theta\,\sigma\, T_a \cos\psi}{\sigma} \quad \ldots\ldots \quad (74)$$

oder, da

$$\mathrm{tg}\,\psi = \Theta\,\sigma\, T_a, \quad \ldots\ldots \quad (75)$$

$$\delta_{e_1} = \frac{\delta_s}{\sigma}\sin\psi. \quad \ldots\ldots \quad (76)$$

Die Formel ist besonders einfach und kann vorteilhaft bei allen hierher gehörigen Berechnungen angewendet werden. Ihrem Bau nach stimmt sie vollkommen mit den oben abgeleiteten Formeln für die Pendelungsleistung bei Veränderungen der Periodenzahl überein.

Für direkt gekuppelte Kompressormotoren beispielsweise gilt im allgemeinen $T_a = 0{,}1 \ldots 0{,}3$ s, woraus sich bei einer Drehzahl von 100 U/min und Schwingungen im Tangentialdruckdiagramm von 2 ... 4 Per/U $\sin\psi \approx 0{,}9 \ldots 1{,}0$ ergibt.

Mit für die Praxis hinreichender Genauigkeit kann man also für Kompressormotoren im allgemeinen setzen

$$\delta_{e_1} \approx \frac{\delta_s}{\sigma}. \quad \ldots\ldots \quad (77)$$

Für einen Ungleichförmigkeitsgrad von etwa 1 ... 3 % und bei einer Schlüpfung von 3 ... 5 % erhalten wir

$$\delta_{e_1} = 33 \ldots 66\,\%,$$

wie man sieht, ein recht bedeutender Betrag. Solche Belastungsänderungen können natürlich oft außerordentlich unangenehme Pendelungen in der Periodenzahl des Netzes (oder in der Spannung von Gleichstromnetzen) zur Folge haben und in gewissen Fällen, wenn die Periodenzahl der Pendelungen mit der Eigenschwingungszeit der Synchronmaschinen übereinstimmt, Betriebstörungen bewirken.

Zum Schluß sei noch erwähnt, daß die Schlupfzeit T_a außer durch Berechnung aus den Konstruktionsdaten des Motors auch noch experimentell bestimmt werden kann, u. zw. entweder aus der Geschwindigkeitsänderung bei Entlastung des Motors bis auf einen bestimmten konstanten Widerstand oder aus der Auslaufkurve des ausgekuppelten Motors.

[1] Tekn. Tidskr. Bd. 41, H. 4 u. 5 (1911).

Digitized by Google

Beseitigungsmaßnahmen bei Rundfunk-Empfangstörungen.

Von Werner Hasenberg, Berlin.

Übersicht. Es wird auf die im Kampfe gegen die Rundfunkstörungen zur Verfügung stehenden Mittel hingewiesen. Die Störbeseitigungsmaßnahmen bei elektrischen Anlagen werden angegeben, ohne daß auf die von den verschiedenen Anlagen hervorgerufenen Störgeräusche weiter eingegangen wird. Statt dessen wird auf eine Schallplatte aufmerksam gemacht, die Aufnahmen der am häufigsten vorkommenden Störgeräusche enthält und die unmittelbar zu einem akustischen Vergleich herangezogen werden kann. Die jeweils zur Beseitigung der Störungen in Frage kommenden technischen Mittel bestehen im wesentlichen aus Hochfrequenzdrosseln, Kondensatoren und induktionsfreien Widerständen. Darüber hinaus müssen wie bei Kraftwagen und Flugzeugen besondere Maßnahmen ergriffen werden.

Die Ursache fast aller Rundfunkstörungen sind Funkenentladungen und Unterbrechungen, sofern man von den atmosphärischen und denjenigen Störungen absieht, die durch Gasentladungsröhren u. dgl. verursacht werden können. Daß die durch Funkenentladungen beim Betrieb elektrischer Anlagen hervorgerufenen Störungen des Rundfunkempfanges gegenüber den atmosphärischen Entladungen in der Mehrzahl auftreten, liegt in der Tatsache der überaus starken Verbreitung und der Häufigkeit der Benutzung elektrischer Maschinen und Apparate begründet. Es ist daher in diesem Sinne verständlich, daß viele elektrische Maschinen und Apparate von den Rundfunkinteressenten mit feindlichen Augen betrachtet werden. Gestützt auf die Erkenntnis, daß fast ebenso viele Möglichkeiten bestehen, das Auftreten von Funken zu vermeiden, wie es verschiedenartige elektrische Anlagen gibt, wird von seiten des Rundfunks mit Recht gefordert, daß die Elektroindustrie von vornherein durch Einbau von Störschutzmitteln das Auftreten von Rundfunkstörungen durch elektrische Geräte und Maschinen verhindert. Ob die hin und wieder seitens der Elektroindustrie geäußerte Ansicht, daß die Rundfunktechnik jüngeren Datums sei als die Elektrotechnik, und daß man daher von der Elektroindustrie nicht verlangen könne, die früher immer vorhanden gewesenen, aber niemals als störend empfundenen Schwingungserscheinungen jetzt beseitigen zu müssen, aufrecht erhalten werden kann oder nicht, soll hier nicht zur Erörterung kommen. Dagegen sollen die Mittel, die zur Beseitigung der Störschwingungen zur Verfügung stehen, besprochen und ihre Anwendung durch Schaltskizzen erläutert werden. Vorher sei jedoch der Frage der Feststellung des Störers Erwähnung getan. Bekanntlich entstehen die durch Funken oder Unterbrechungen erzeugten Schwingungen in den Induktivitäten und Kapazitäten der elektrischen Apparate und Maschinen und deren Leitungen, von denen sie abgestrahlt werden. Die direkten Strahlungen erreichen nur sehr geringe Entfernungen, und die durch die Leitungsnetze verbreiteten Störschwingungen sind es, die zahlreiche Empfangsgeräte in Mitleidenschaft ziehen. Es ist daher nicht verwunderlich, wenn die Bewohner eines oder mehrerer Häuserblocks über Störungen klagen, die von ein und demselben Gerät erzeugt werden. Auch die Störschwingungen, die durch den Straßenbahnbetrieb hervorgerufen werden, breiten sich mehrere hundert Meter weit aus, weil die Fahrdrahtleitungen zu Schwingungen angestoßen werden. Diese Fahrdrahtleitungen üben dann die Induktionswirkungen auf die benachbarten Teile der Häuser aus.

Für den Fachmann bereitet das Aufsuchen eines Störsenders mit Hilfe eines besonders hierfür konstruierten Suchempfängers keine erheblichen Schwierigkeiten, wenngleich man auch hier berücksichtigen muß, daß bei einem Rahmenempfänger Fehlweisungen nicht zu den Seltenheiten gehören, da die ausstrahlenden Leitungszweige nicht immer eine sog. punktförmige Ausstrahlungsquelle ergeben, die für die Ortsbestimmung mit Hilfe eines Peilrahmens günstig ist.

Durch die kürzlich herausgekommene, von Telefunken aufgenommene Schallplatte „Rundfunkempfangs-Störungen", die die von den störenden Geräten im Lautsprecher verursachten charakteristischen Störgeräusche enthält, ist auch den Nichtfachkundigen Gelegenheit gegeben, sich an dem Erkennungsdienst beim Aufsuchen von Rundfunkstörungen zu beteiligen[1]. Auf der genannten Schallplatte befinden sich 14 verschiedene Störungsarten, u. zw. gerade die, welche am meisten aufzutreten pflegen. Durch akustischen Vergleich zwischen Schallplatte und den wirklich auftretenden Störungen läßt sich nun auf relativ einfachem Wege eindeutig die Art des Störsenders bestimmen. Wie die Erfahrungen bisher schon gezeigt haben, ließ sich dann durch Umfrage auch der Sitz des Störers ermitteln, woraufhin dann Verhandlungen mit dem Besitzer desselben, die in vielen Fällen zur Beseitigung der Störung geführt haben, einsetzen konnten.

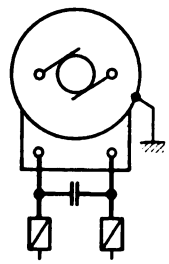


Abb. 1. Kapazitiver Kurzschluß der Zuleitungen.

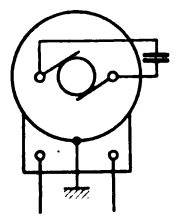


Abb. 2. Kapazitive Überbrückung der Bürsten.

Interessant ist, daß in vielen Fällen der Besitzer der störenden Anlage weniger aus finanziellen Gründen eine Weigerung auf Beseitigung der Störung ausspricht als aus der Befürchtung heraus, das Anbringen einer Beseitigungsvorrichtung könne die Wirkungsweise der elektrischen Anlage in irgendeiner Weise beeinträchtigen. Es kann und muß daher von allen an der Beseitigung von Rundfunkstörungen interessierten Kreisen stets darauf hingewiesen werden, daß die Beseitigung von Rundfunk-Empfangstörungen nicht nur möglich, sondern auch ohne Beeinträchtigung der Funktion der störenden elektrischen Anlage durchführbar ist.

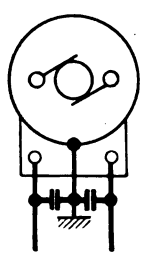


Abb. 3. Symmetrische Kondensatoranordnung.

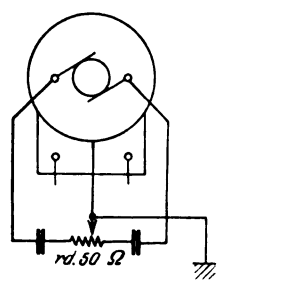


Abb. 4. Hochfrequenter Kurzschluß des Ankers durch Kondensator-Widerstands-Reihenschaltung, Erdung der elektrischen Mitte.

Bei der nachfolgenden Beschreibung der Beseitigungsmaßnahmen[2] hält es der Verfasser nicht für erforderlich, besonders auszuführen, durch welche Art von Geräuschen sich die verschiedenen elektrischen Apparate im Lautsprecher bemerkbar machen, da zu diesem Zwecke die genannte Telefunkenplatte[3] zur Verfügung steht, die auf eine viel eindrucksvollere Weise die Geräusche erkennen läßt, als sie sich beschreiben ließen.

Als Beseitigungsmittel stehen Kondensatoren und Drosselspulen zur Verfügung, die entweder für sich angewendet oder auch gemeinsam als Sieb- oder Sperrkette geschaltet an geeigneter Stelle in den Leiterkreis eingefügt werden können. Bei elektrischen Maschinen muß grundsätzlich das Auftreten starker Funken an den Kommutatoren verhindert bzw. beseitigt werden. Das Säubern und Abschleifen der Bürsten und Lamellen des Kommutators ist letzten Endes nicht nur aus diesem

[1] Hasenberg, Radio 1930, S. 456; Radio-Händler 1930, S. 620.

[2] Literatur: Eppen, Beseitigung der Funk-Empfangsstörungen; D.F.T.V. contra Rundfunkstörungen; beide Verlag Weidmann'sche Buchhandlung, Berlin. — Telefunken-Broschüre: Rundfunk-Empfangsstörungen.

[3] Ultraphon E 456.

Digitized by Google

Grunde eine erforderliche Maßnahme. Kleine Motoren, wie sie in Haushaltungen zum Betrieb von Nähmaschinen, Ventilatoren u. dgl. angewendet werden, verursachen häufiger Störungen als größere Motoren. (Die Ansicht, daß bei Straßenbahnen die Motoren selbst sehr stark stören, steht demnach mit dieser Erfahrungstatsache im Widerspruch.)

Wie die Abb. 1 ... 4 zeigen, gibt es mehrere Möglichkeiten der Anschaltung von Kondensatoren, deren für den betr. Fall wirksamste sich durch Versuch ergibt. Recht wirksam ist, abgesehen vom Erden des Maschinengehäuses, was in allen Fällen die erste Maßnahme sein sollte, die unmittelbare Erdung der Maschinenwelle an einer bequem zugänglichen Stelle (außerhalb des Lagerschildes) über eine Schleiffeder (Abb. 5). Entgegen der aus theoretischen Erwägungen heraus ausgesprochenen Ansicht, daß diese Maßnahme überflüssig sei, wird darauf hingewiesen, daß die Maschinenwelle durch den sich bildenden dünnen Ölmantel schwach oder nur kaum geerdet ist und infolgedessen erst durch die direkte Erdung eine widerstandslose Ableitung der im Anker auftretenden Schwingungen erfolgen kann. Die Kondensatoren haben die Dimensionen von etwa 0,5 bis 4 µF. Sofern es sich um die Anschaltung von Kondensatoren in Wechselstromkreisen handelt, muß jedoch durch Versuch festgestellt werden, welcher geringste Kapazitätsbetrag ausreicht, um zu verhindern, daß der sonst über die Kondensatoren fließende Verluststrom unnötig groß wird.

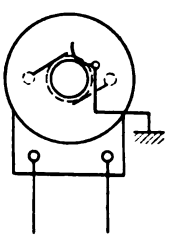


Abb. 5. Direkte Erdung der Maschinenwelle.

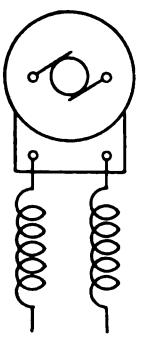


Abb. 6. Einfache Leitungsverdrosselung.

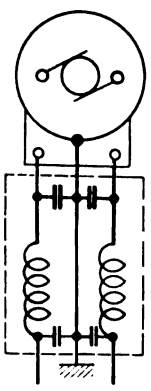


Abb. 7. Wirksamste Verdrosselung durch Siebkette.

In schwierigen Fällen kommt man mit Kondensatoren allein nicht aus und ist gezwungen, die fast immer sicher wirkenden Drosselspulen anzuwenden (Abb. 6). Eine Kombination von Drosselspulen und Kondensatoren ist wohl der sicherste Störschutz, den wir bis heute kennen (Abb. 7). Für die Drosselspulen sind etwa 150 Windungen je Spule erforderlich. Der Spulendurchmesser soll 12 ... 15 cm betragen. Im allgemeinen sind die Drosselspulen möglichst dicht an die Klemmen der Maschine zu legen; doch sind auch Fälle bekannt, wo sie in 1 ... 2 m Abstand von der Maschine angebracht wurden und noch ausreichende Wirkung hatten. Die Bemessung der Drahtstärke für die Drosselspulen ist von dem sie durchfließenden Strom abhängig und nach der bekannten Staffelung der Leiterquerschnitte für die höchst zulässige Belastung vorzunehmen.

In besonderen Fällen, wenn es sich darum handelt, in Kraftwagen u. dgl. Empfangsgeräte mitzuführen, erweist es sich als notwendig, Zünd- und Lademaschine störfrei zu machen, um eine Beeinträchtigung des Empfanges zu vermeiden. Hier können die Beseitigungsmaßnahmen angewendet werden, die mit Erfolg bei Flugzeugen vorgenommen wurden. Abgesehen von der selbstverständlichen Maßnahme, die Maschine gut leitend mit dem Chassis zu verbinden, erzielt man guten Störungsschutz durch Umhüllung der beiden Maschinen mit Kupfergaze, die ebenfalls gut leitend mit dem Chassis verbunden wird. Sämtliche Kabel, die zu den Zündkerzen führen, sollten mit einem Metallschlauch versehen sein, um auch hier eine Erdung durchführen zu können.

Bei Hochfrequenz-Heilgeräten kann man die störende Wirkung nach einem von Dr. Goebeler[4] angegebenen Verfahren verringern, indem man um den Griff des Gerätes einen geschlitzten Metallmantel legt, der über einen Kondensator an die Lichtleitung angeschlossen wird (Abb. 8).

Von verschiedenen Firmen werden seit einiger Zeit Geräte auf den Markt gebracht, die bereits mit einem Störschutz versehen sind. Auch bestehen seit kurzer Zeit einige Zusatzgeräte, die zwischen Steckdose und Hochfrequenzgerät geschaltet werden, die einige über einen Kondensator am Netz liegende Handgriffe oder Handschellen haben, die der Patient während der Bestrahlung berührt. Diese Vorsatzgeräte haben sich ebenfalls als mehr oder weniger brauchbar erwiesen.

Abb. 8. Störungsschutz bei Hochfrequenzgeräten.

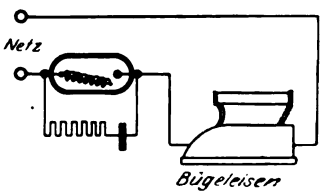


Abb. 9. Kondensator-Widerstands-Anordnung bei Unterbrechern, Klingeln, Polwechslern u. dgl.

Bei elektrischen Klingeln, Polwechslern, Schaltern, Blinklichtreklame-Apparaten und Temperaturreglern führt die kapazitive Überbrückung der Unterbrechungsstelle zu einer erheblichen Verminderung der Störungen. Fast immer jedoch erzielt man eine vollständige Störungsbeseitigung durch das Anschalten eines mit einem Widerstand in Serie liegenden Kondensators parallel zu den Unterbrechungskontakten (Abb. 9). Der Widerstand erhält einen Wert von 20 ... 100 Ω. Bei Temperaturreglern, die sich in den meisten Heizkissen und Plätteisen befinden, müssen Glimmerkondensatoren verwendet werden, deren Dielektrikum der Temperatur standhält. Wenn es Schwierigkeiten bereitet, den Störschutz in das Heizkissen bzw. in das Plätteisen einzubauen, so kann versucht werden, durch Parallelschalten eines etwas größeren Kondensators von 2 µF zur Zuleitung die gewünschte Wirkung zu erzielen. In vielen Fällen hat das einfache Anschalten des Kondensators ausreichende Wirkung gezeigt.

Hiermit wären die wesentlichsten Beseitigungsmaßnahmen besprochen. Der Vollständigkeit halber soll jedoch noch kurz auf die Beseitigung von Störungen, die Röntgen- und Gasreinigungsanlagen verursachen, eingegangen werden. Bei beiden Anlagen werden bekanntlich sehr hohe Spannungen verwendet, die durch einen meist umlaufenden Gleichrichter von der hochgespannten Wechselstromquelle gewonnen werden. Dieser Gleichrichter bildet einen Störungsherd und die an ihn angeschlossenen Leitungen übernehmen die Ausstrahlung. Die Leitungen, die zwar hohe Spannungen aber einen sehr geringen Strom führen, lassen sich durch Einschaltung sehr hoher induktionsfreier Widerstände schwingungsunfähig machen. Die Widerstände können bis zu 100 000 Ω betragen. In die Speiseleitungen möglichst nahe am Transformator oder auch hinter der Funkenstrecke, sofern eine solche verwendet wird, können Hochfrequenzdrosseln von etwa 300 bis 500 Windungen geschaltet werden. Einfache Ledionspulen sind zu diesem Zwecke verwendbar, jedoch ist darauf zu achten, daß die Spulen möglichst kapazitätsarm sind.

Zum Schluß soll noch auf die Beseitigung der durch elektrische Bahnen erzeugten Störungen hingewiesen werden, die durch Anwendung geeigneter Stromabnehmer erfolgen kann. Wie bereits von Eppen in dieser Zeitschrift ausgeführt wurde[5], lassen sich die Störungen durch solche Stromabnehmer verhindern[6], die mit einer breiten Fläche am Fahrdraht anliegen und selbst aus einem Material wie Kohle oder Zink bestehen. Bei Rollenstromabnehmern ist durch Erhöhung des Rollendruckes eine Verminderung der Unterbrechungen erzielbar.

[4] Goebeler, Funkbastler 1926, S. 569.

[5] ETZ 1924, S. 817; 1927, S. 97.

[6] Vgl. a. ETZ 1930, S. 472, 514 u. 1244.

Digitized by Google

Jahresbericht 1930 der Abteilung für Funkwesen und Elektrotechnik der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt e. V., Berlin-Adlershof.

Von Prof. Dr. **Heinrich Faßbender**, Berlin.

Der im September 1926 gegründeten Abteilung für Funkwesen und Elektrotechnik bei der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt liegt die Entwicklung der Funktechnik in allen ihren Anwendungen in der Luftfahrt ob sowie die Bearbeitung aller elektrotechnischen Fragen innerhalb des Gesamtarbeitsgebiets der DVL. In diesem Jahre gab die Abteilung erstmalig einen Jahresbericht als Sonderabdruck aus dem Jahrbuch 1930 der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt heraus. Der 100 Seiten starke Bericht bringt zunächst einen kurzen allgemeinen Tätigkeitsbericht der gesamten DVL, sodann eine Zusammenstellung von kurzen Referaten der im Jahre 1929/30 durch Berichte abgeschlossenen Arbeiten der Abteilung soweit sie nicht gedruckt, sondern nur einem kleinen Kreis von Interessenten zugänglich gemacht wurden. In einem weiteren Teil sind die in der Fachliteratur zum Teil schon zerstreut veröffentlichten Arbeiten der Abteilung gemeinsam zum Abdruck gebracht. Endlich wird ein Tätigkeitsbericht der Abteilung für das abgelaufene Jahr gegeben. In diesem bildet der Bericht über die Forschungstätigkeit den Hauptteil, der nachfolgend auszugsweise wiedergegeben werden soll.

Forschungstätigkeit.

1. Langwellenforschung[1].

Auf dem Gebiet der Langwellentechnik wurde die Entwicklung des Kleingerätes[2], das im Flugfunkverkehr von großer Bedeutung zu werden verspricht, in Gemeinschaft mit den beteiligten Stellen fortgesetzt. Die Bedeutung dieses Gerätes liegt, abgesehen von einer Gewichtsersparnis von 50 % gegenüber dem alten Gerät, darin, daß dieses Gerät seine Energie der Bordbatterie entnehmen kann und die Bedienung so einfach ist, daß die Mitnahme eines besonderen Funkers nicht nötig ist, sondern die gleiche Person die Tätigkeit des Bordmonteurs und des Funkers ausüben kann.

Die Untersuchung über die Ausbreitungsdämpfung über Land[3] im Wellenbereich 200 ... 2000 m wurde abgeschlossen.

Zur Vorausberechnung einer drahtlosen Verbindung gehören außer der Kenntnis der Ausbreitungsdämpfung und der schon früher festgestellten Sendereigenschaften auch noch die quantitative Kenntnis der Empfangsverhältnisse. Neben den Prüfungen der Empfänger[4] auf Selektivität und Empfindlichkeit, die auch im Berichtsjahr fortgesetzt wurden, wurde weiteres Interesse den grundsätzlichen Fragen des drahtlosen Empfanges im Flugzeug zugewandt. Hinsichtlich Telephonie wurden mittels der Methode der Silben-Verständlichkeitsmessungen[5] im Laboratorium die einzelnen Einflüsse auf die Verständlichkeit erfaßt, dann wurde aber auch die Telegraphieverständlichkeit eingehend untersucht.

Besondere Aufmerksamkeit wurde den Langwellen-Flugzeugantennen zugewandt. Es gelang, durch eine Neukonstruktion ihre effektive Höhe auf ein mehrfaches zu steigern. Eingehend wurde auch die Frage der Richtwirkung der Langwellen-Schleppantennen[6] untersucht.

In den Betriebsempfangstellen der Zentralstelle für Flugsicherung traten bei gleichzeitigem Betrieb der Morsekrum-Fernschreiber starke Störungen des drahtlosen Empfanges ein. Es wurden die Mittel untersucht, die eine hinreichende Störbefreiung gewährleisten. Den Bau der Störschutzmittel hat die Firma C. Lorenz AG. übernommen.

2. Arbeiten allgemein meßtechnischer Art[7].

Während es immer vollkommener gelingt, die Sende- und Empfangsverhältnisse bei langen Wellen durch meßtechnische Untersuchungen quantitativ zu erklären, mehren sich die Aufgaben allgemein meßtechnischer Art, wobei die Arbeitsgebiete der anderen Abteilungen eine zunehmende Rolle spielen. Insbesondere wurde gemeinsam mit der Motorenabteilung ein Gerät zur Aufzeichnung der Zylinderdrucke schnellaufender Verbrennungskraftmaschinen[8] entwickelt. Auch wurde mit der Klanganalyse des Lärms der Motoren- und Luftschrauben-Prüfstände mit und ohne besondere Mittel zur Lärmunterdrückung begonnen.

Um Wärmeschwingungen mittels Oszillographen messen zu können, wurde für die Motorenabteilung ein Gleichspannungs-Widerstandsverstärker gebaut, der bei etwa 1 µV Änderung der Eingangspannung eine Änderung von etwa 5 mA in der Endröhre hat.

3. Kurzwellenforschung[9].

Auf dem Gebiet der Kurzwellen wurde das Augenmerk hauptsächlich auf den durch alle möglichen Störungen sehr erschwerten Kurzwellenempfang in Luftfahrzeugen[10] gerichtet. Die gewonnenen Erfahrungen über die Empfangstörungen in Luftfahrzeugen können allgemeine Gültigkeit für bewegliche Stationen aller Art beanspruchen, zumal diese im allgemeinen unter weniger schwierigen Bedingungen arbeiten. Es wurde besonders die Entwicklung des von der DVL vorgeschlagenen quarzgesteuerten Kurzwellenempfängers für Luftfahrzeuge weiter gefördert; mit ihm konnten gute praktische Erfahrungen gesammelt werden[11 12 13]. Für Langstreckenflüge erscheint eine mehrfach erprobte Kombination als besonders aussichtsreich, welche es ermöglicht, aus dem normalen Flugzeug-Langwellenempfänger durch Vorsetzen eines sehr kleinen und leichten 2-Röhren-Gerätes einen hochwertigen und leistungsfähigen Kurzwellenempfänger zu erhalten.

Für Langstreckenflüge werden als Kurzwellen-Senderleistung im Flugzeug 50 ... 100 W benötigt, was bei Quarzsteuerung mehrstufige Sender mit verschieden hohen Betriebspannungen bedingt. Eine wesentliche Vereinfachung läßt sich hierin erzielen durch Anwendung der von der DVL vorgeschlagenen Gitterstromsteuerung, welche auch experimentell und theoretisch eingehend untersucht wurde[14]. Das Verfahren der Gitterstromsteuerung hat gleichfalls Bedeutung für die Vereinfachung von Bodenstationen größerer Leistung. Eine praktische Erprobung steht noch aus.

Quarzgesteuerte Schwingvorgänge[15] wurden ihrer vielfachen Anwendung entsprechend theoretisch eingehend untersucht.

---

[1] Bearbeiter: Prof. Dr. H. Faßbender, Dr.-Ing. F. Eisner, Dipl.-Ing. G. Kurlbaum, Dipl.-Ing. G. Sudeck.

[2] H. Faßbender u. F. Eisner, Der gegenwärtige Stand der Technik und der Betriebsorganisation des Deutschen Flugfunkwesens. 150. DVL-Bericht. ETZ 1930, S. 157 u. 201, und S. 557 dieses Jahresberichtes. — H. Faßbender u. F. Eisner, Radio in Aeronautics — Its Technical Status and the Organization for its Application in Germany. Proc. Inst. R. E. Bd. 17, S. 2185 (1929).

[3] H. Faßbender, Änderung der Empfangsfeldstärke über Land mit der Entfernung bei langen Wellen. VDE-Fachber. 1929, S. 101. — H. Faßbender, F. Eisner u. G. Kurlbaum, Untersuchung über die Ausbreitungsdämpfung elektromagnetischer Wellen und die Reichweite drahtloser Stationen im Wellenbereich 200 bis 2000 m. 173. DVL-Bericht. El. Nachr. Techn. Bd. 7, S. 257 (1930).

[4] Bericht Lf 11/1: F. Eisner u. G. Kurlbaum, Quantitative Messungen an Empfängern.

[5] F. Eisner, Anwendung der Silbenverständlichkeitsmessungen in der drahtlosen Telephonie. 148. DVL-Bericht. Z. techn. Phys. Bd. 10 S. 532 (1929), und S. 544 dieses Jahresberichtes.

[6] G. Sudeck, Über die Sendecharakteristik von Flugzeug-Schleppantennen. 171. DVL-Bericht. Jahrb. drahtl. Telegr. Bd. 35 S. 89 (1930) und S. 579 dieses Jahresberichtes.

[7] Bearbeiter: Prof. Dr. H. Faßbender, Dipl.-Ing. W. Brintzinger, Dr.-Ing. F. Eisner.

[8] K. Schnauffer, Aufzeichnung rasch verlaufender Druckvorgänge mittels des Verfahrens der halben Resonanzkurve. 162. DVL-Bericht. Luftfahrtforschung Bd. 6, S. 126 (1930) und DVL-Jahrbuch 1930, S. 304.

[9] Bearbeiter: Dipl.-Ing. P. v. Handel, Dr. K. Krüger, Dr.-Ing. H. Plendl.

[10] K. Krüger u. H. Plendl, The Propagation of Low Power Short Waves in the 1000-Kilometer-Range. Proc. Inst. R. E. Bd. 17, S. 1296 (1929).

[11] P. v. Handel, K. Krüger u. H. Plendl, Quarzsteuerung von Kurzwellen-Empfängern. 141. DVL-Bericht. Jahrb. drahtl. Telegr. Bd. 34, S. 12 (1929) und S. 531 dieses Jahresberichtes.

[12] P. v. Handel, K. Krüger u. H. Plendl, Frequency Stabilization of Short Wave Receivers by Quartz Control. Proc. Inst. R. E. Bd. 18, S. 307 (1930).

[13] K. Krüger, Über Kurzwellenempfang in beweglichen Stationen. 146. DVL-Bericht. Z. techn. Phys. Bd. 10, S. 528 (1929) und S. 536 dieses Jahresberichtes.

[14] H. Plendl, Hochfrequenzsteuerung mit Gitterstrom. 147. DVL-Bericht. Z. techn. Phys. Bd. 10, S. 500 (1929) und S. 539 dieses Jahresberichtes.

[15] P. v. Handel, Untersuchungen über quarzgesteuerte Schwingvorgänge. 149. DVL-Bericht. El. Nachr. Techn. Bd. 7, S. 34 (1930) und S. 552 dieses Jahresberichtes.

Digitized by Google

Ferner wurden mit Dipolantennen allein und in Verbindung mit Flugzeugen Versuche vorgenommen, wie z. B. Ermittlung von Strahlungskennlinien und Untersuchung von Goniometer- und Drehfeldanordnungen. Diese Untersuchungen sind auch als Vorarbeiten für Nahpeilung und Nebellandung zu werten.

Im Auftrage des Reichspostzentralamtes wurden Strahlungsmessungen mittels Flugzeugs an einem Kurzwellen-Richtsender der Großfunkstelle Nauen[16] vorgenommen. Diese Versuche sollen fortgesetzt und auf die neuen Großempfangsanlagen in Beelitz ausgedehnt werden.

Zur Ausgleichung der bei Kurzwellenverbindungen störenden Schwunderscheinungen (Fadings) wurde von der DVL ein neues Sendeverfahren vorgeschlagen und mit gutem Erfolg erprobt.

4. Sehr kurze Wellen[17].

Die Arbeiten des vorigen Berichtsjahres auf dem Gebiet der sehr kurzen Wellen wurden in zwei Aufsätzen[18] veröffentlicht. Im Verfolg dieser Arbeiten wurden Ausbreitungsversuche mit einer Senderleistung von etwa 40 W unternommen, wobei ein Richtstrahlsystem mit gespeisten Reflektoren, bestehend aus 6 Dipolantennen und 6 Reflektorantennen, benutzt wurde. Das Richtstrahlsystem war etwa 10 m über dem Boden auf einer Flughalle aufgestellt. Während eines Fluges in Richtung Hannover wurden Reichweiten bis zum 3,2fachen des durch den Horizont begrenzten Wertes erreicht, ein neuer Beweis dafür, daß die Anschauung über die Reichweitenbegrenzung bei sehr kurzen Wellen durch den Horizont des Senders nicht allgemein gültig ist. Während am Boden mit einem geeichten Detektorgerät eine scharfe Bündelung der vom Richtstrahlsystem ausgestrahlten Energie nachgewiesen wurde, konnte im Flugzeug infolge der nivellierenden Wirkung des Superregenerativ-Empfangs eine Bündelung kaum festgestellt werden. Ein Hauptmerkmal für die Ausbreitung der sehr kurzen Wellen, die starke Zunahme der Reichweite mit der Höhe des Senders bzw. des Empfängers über dem Erdboden, wird durch diese neuen Versuche nicht in Frage gestellt.

5. Herabsetzung des elektrischen Störspiegels[19].

Die Steigerung der Empfindlichkeit von Flugzeugempfängern jeglicher Art macht eine Herabsetzung des elektrischen Störspiegels notwendig. Insbesondere bei Flugzeugen in Holz- oder Gemischtbau wurde im Laufe des Berichtsjahres wahrgenommen, daß die Zündapparate der Motoren sowie auch andere Apparate, die dauernd Schaltvorgänge verursachen (Regler), den elektrischen Störspiegel wesentlich heben. Es wurden von seiten der Abteilung zusammen mit den an dieser Frage interessierten Stellen Versuche angestellt, um den elektrischen Störspiegel zu erniedrigen. Für die Zündanlage wurden vollständige Abschirmungen einschließlich der Kerzen gebaut, die sich hinsichtlich des Störschutzes gut bewährt haben. Es hat den Anschein, daß die völlige Abschirmung der Zündanlage einschließlich Kerzen möglich ist, ohne die Betriebsicherheit der Triebwerkanlage zu verringern. Zur Zeit werden die von der Firma R. Bosch AG. gebauten abgeschirmten Kerzen einer eingehenden Prüfung unterzogen, um die thermischen Beanspruchungen bei den verschiedenen Motormustern kennenzulernen.

Um die Störungen zu beseitigen, die durch Schnellregler verursacht werden, wurden mit Erfolg Hochfrequenz-Ableitkondensatoren verwendet.

Eine weitere Störquelle sind schlechte Kontakte zwischen den metallischen Konstruktionsteilen des Flugzeuges, die beim Vibrieren des Flugzeuges dauernde Änderungen des elektrischen Feldes hervorrufen können. Zur Zeit werden Versuche gemacht, die durch Vergleich von abgebundenen und nicht abgebundenen Flugzeugen den Anteil der durch Wackelkontakte verursachten Störungen auf den Gesamtstörspiegel feststellen sollen.

6. Luftnavigation[20].

Auf dem Gebiet der Luftfahrt-Navigation wurde insbesondere das Eigenpeilverfahren[21] für die praktischen Bedürfnisse der deutschen Luftfahrt durchentwickelt. Dieses geschah in enger Fühlungnahme mit der Telefunken G. m. b. H. Im Anschluß an die Arbeiten des Vorjahres, die die grundsätzliche Verwendbarkeit des Bordpeilers im Flugzeug ergaben, wurde an der technischen Vervollkommnung des Gerätes gearbeitet. Hierbei sind insbesondere zu nennen die Maßnahmen zur Befreiung von Störungen, die aus der elektrischen Bordeinrichtung herrühren. Die vom FT-Generator ausgehenden Störungen wurden durch geeignete Drosseleinrichtungen beseitigt. Auch konnte der zur Röhrenheizung des hochwertigen Peilempfängers dienende, sehr klein gehaltene Akkumulator ohne Nachteil während der Peilung geladen werden, so daß eine Erschöpfung der Batterie während des Fluges nicht eintritt. Da der Peilempfänger auch für den Nachrichtendienst herangezogen werden muß und während des Fluges mit Ausnahme der Sendezeiten ständig auf Empfang steht, ist diese Einrichtung von besonderer Bedeutung. Als weitere Verbesserungen sind zu nennen die konstruktive Durchbildung des Peilrahmenantriebes, die Verbesserung des Peilrahmens in aerodynamischer und statischer Beziehung.

Die Verwendbarkeit des Bordpeilempfängers als Nachrichtenempfänger erhielt durch die Entwicklung eines Kurzwellen-Vorsatzgerätes, das das Transponierungsverfahren zur Anwendung bringt, eine zweckdienliche Erweiterung. Gleichzeitig damit wurden Einrichtungen für den ungerichteten Nachrichtenempfang langer Wellen mittels Bordpeilers geschaffen.

Gemeinsam mit der Deutschen Luft-Hansa AG. wurden mit dem Eigenpeilgerät in Verkehrsflugzeugen vom Muster Junkers G. 24, Focke-Wulf-Möve und Rohrbach-Romar Erfahrungen gesammelt, die bei der Geräteentwicklung Berücksichtigung finden konnten.

Des weiteren wurde der Einfluß der Schleppantenne auf die Bordablenkung durch photogrammetrische Nadirpunktbestimmungen als unerheblich festgestellt.

Zur Erforschung der Funkfehlweisung sind zusammen mit dem Technischen Ausschuß für Funkpeilwesen Untersuchungen im Gange. In dem gleichen Ausschuß erfolgte die Mitarbeit der DVL an dem Entwurf einer Funkortungskarte für Mitteleuropa.

Den Mängeln des Magnetkompasses sucht der trägheitslose Elektronenkompaß zu begegnen, der in Zusammenarbeit mit der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft unter besonderer Berücksichtigung der Anforderungen der Funkortung entwickelt wird.

Die in Amerika eingeführte Peilung unter Verwendung des Leitstrahls einer Richtfunkbake wurde mit der C. Lorenz AG. gemeinsam bearbeitet.

7. Erleichterung der Nebellandung[22].

Eine der wesentlichsten Aufgaben der Flugfunktechnik besteht in der Entwicklung geeigneter Verfahren zur Erleichterung der Nebellandung. Hier sind umfangreiche Arbeiten im Gange, das Leitkabel in den Dienst der Nahpeilung zu stellen. Durch die Ausbildung geeigneter Felder werden die Flughafengrenzen in der Luft elektrisch abgebildet und derart gekennzeichnet, daß das Außen- und Innenfeld des Landeplatzes vom Flugzeugführer auch bei Nebel erkennbar wird. Die Vorarbeiten an dieser Aufgabe haben die grundsätzliche Lösbarkeit ergeben. Die laufenden Arbeiten zielen auf eine technisch wirtschaftliche Durchbildung des Verfahrens.

Auch die sehr kurzen Wellen sind auf Grund vorbereitender Versuche geeignet, zur Erleichterung der Nebellandung beizutragen.

8. Normungstätigkeit[23].

Für die Ende April 1930 stattgehabte Internationale Tagung der Beleuchtungstechnischen Gesellschaft wurde ein Referat ausgearbeitet, das die Frage der Stellungslichter samt den damit zusammenhängenden

---

[16] K. Krüger u. H. Plendl, Bericht über die Aufnahme der Strahlungs-Kennlinien des Kurzwellen-Richtstrahlsystems DGY in Nauen. 172. DVL-Bericht. — M. Bäumler, K. Krüger, H. Plendl, W. Pfitzer, Strahlungsmessungen an Kurzwellen-Richtantennen der Großfunkstation Nauen. Jahrb. drahtl. Telegr. Bd. 35 (1930) und S. 587 dieses Jahresberichtes. Erscheint auch in Proc. Inst. R. E. (1930).

[17] Bearbeiter: Prof. Dr. H. Faßbender, Dipl.-Ing. P. v. Handel.

[18] H. Faßbender, Versuche mit ultrakurzen Wellen im Flugzeugverkehr. El. Nachr. Techn. Bd. 6, S. 358 (1929). Ausführl. Referat ETZ 1929, S. 1389.

[19] Bearbeiter: Dipl.-Ing. W. Brintzinger, Dipl.-Ing. W. Schober.

[20] Bearbeiter: Dipl.-Ing. M. H. Gloeckner.

[21] M. H. Gloeckner, Über Flugfunkpeilungen. WGL-Jahrbuch 1929, S. 97, und S. 571 dieses Jahresberichtes.

[22] Bearbeiter: Prof. Dr. H. Faßbender, Dipl.-Ing. M. H. Gloeckner.

[23] Bearbeiter: Prof. Dr. H. Faßbender, Dipl.-Ing. W. Brintzinger.

Digitized by Google

Aufgaben der Normung behandelt. Zusammen mit der Prüfabteilung wurde ein Normblatt, das die Nennspannung in Luftfahrzeugen festlegt, herausgebracht.

9. Arbeiten allgemein elektrotechnischer Art[24].

Die verschiedenen Arten zum Anlassen von Flugmotoren sind durch die Entwicklung eines elektrischen Schwungradstarters vermehrt worden. Es wurde ein von der Eclipse Co. gebauter Starter untersucht, wobei auch die Größen festgestellt wurden, welche im Zusammenhang mit der Projektierung einer einheitlichen Bordzentrale wichtig sind. Diese soll aus einem Einheitsantriebsmotor bestehen, der einen Hauptgenerator mit 12 oder 24 V Spannung antreibt. Ein bestehendes Netz speist sämtliche Stromverbraucher einschließlich FT unmittelbar oder aus Umformersätzen.

[24] Bearbeiter: Dipl.-Ing. W. Brintzinger.

Mitteilungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

Bekanntmachung über Prüfungen und Beglaubigungen durch die Elektrischen Prüfämter[1].

Nr. 286.

Auf Grund des § 10 des Gesetzes vom 1. VI. 1898, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, wird die Prüfbefugnis des Elektrischen Prüfamtes 4 in Nürnberg wie folgt erweitert:

für Wechsel- und Drehstromprüfungen im Amt bis 3000 A, 50 000 V.

Berlin-Charlottenburg, den 28. VIII. 1930.

Der Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.
I. V.: Gehrcke.

[1] Reichsministerialblatt 1930, S. 531.

RUNDSCHAU.

Hebezeuge und Massenförderungen.

Hebebrücke mit Antrieb durch Einphasen-Kommutatormotor. — Hebebrücken werden wie Aufzüge durch Gegengewichte ausgeglichen, und je nach der Belastung der Brückenplattform kann es vorkommen, daß ein elektrisches Bremsen erwünscht ist beim Heben oder beim Senken der Brücke, je nachdem die Gegengewichte durchziehen oder die Plattform. Ist die Brückenplattform trocken, so ziehen die Gegengewichte durch, und ein Bremsen im Hubsinne wird während des Hubes erforderlich. Gesenkt wird in diesem Falle mit Kraft, indem der Motor das Moment der Gegengewichte überwinden muß. Wird bei schlechten Witterungsverhältnissen die Plattform infolge Regens oder Schnees naß, so überwiegt das Gewicht der Plattform dasjenige der Gegengewichte, und es wird in diesem Falle ein Bremsen im Senksinne und ein motorisches Arbeiten im Hubsinne erforderlich. In dieser Weise arbeitet die in Abb. 1 dargestellte Hebebrücke der Niederländischen Eisenbahnen in Dordrecht. Die Hauptdaten der Brücke sind folgende:

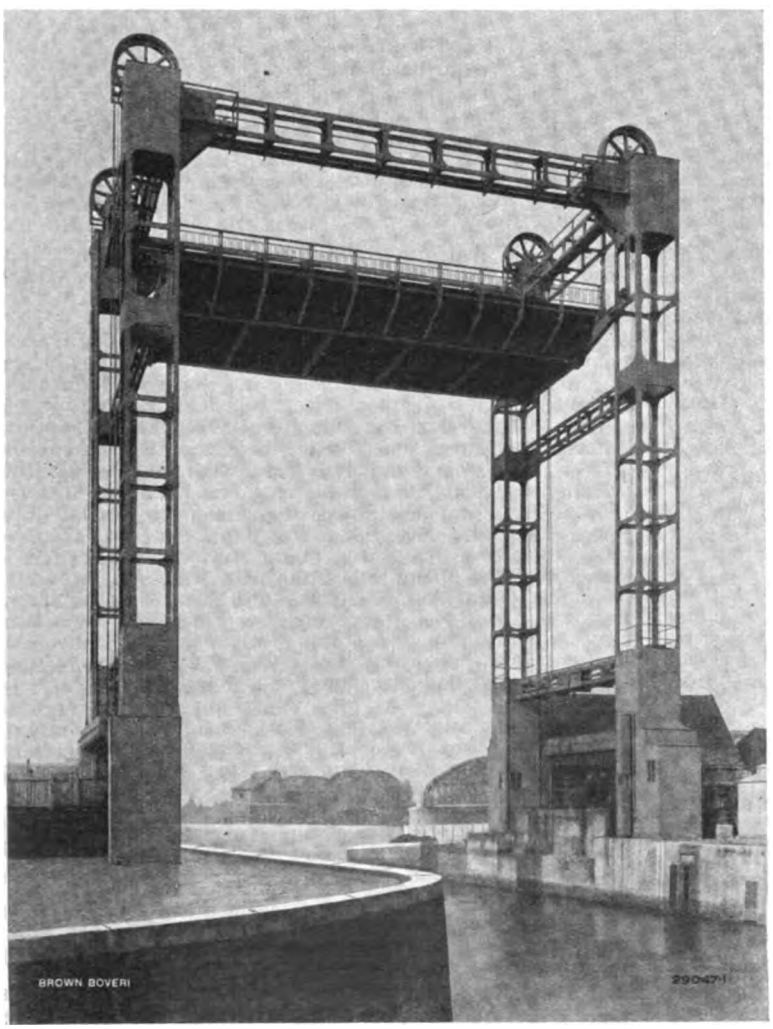


Abb. 1. Hebebrücke.

Höchstbelastung (Schneelast) . .	4000 kg
Spannweite (Durchgangsbreite) .	20 m
Hubhöhe	25 m
Hubgeschwindigkeit	0,5 m/s
Gewicht der Plattform	86 t

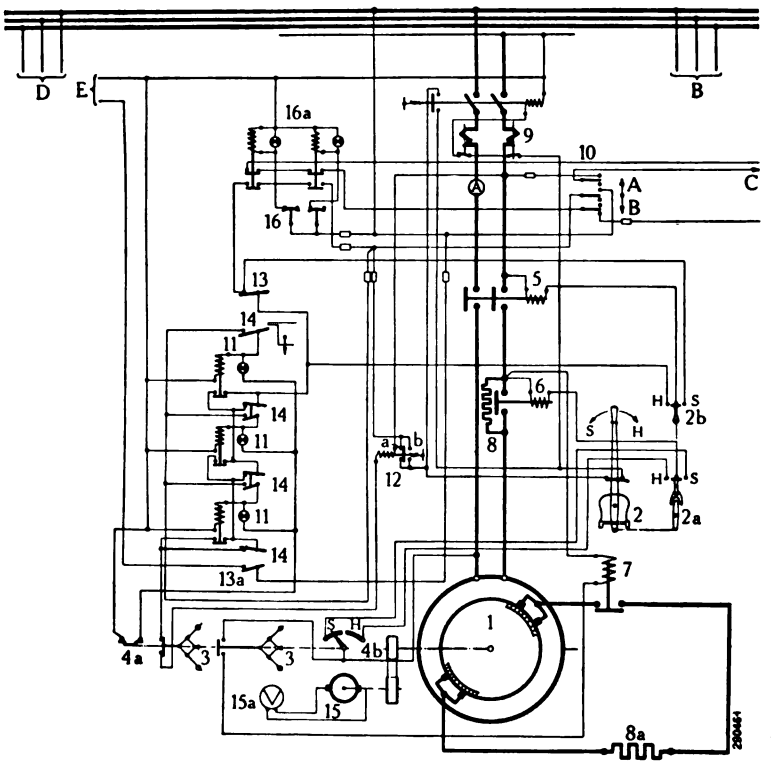
Antrieb: 31 kW-Einphasen-Kommutatormotor.

Die AG. Brown, Boveri & Cie. hat die Einrichtung so getroffen, daß keinerlei mechanische Bremseinrichtung zur Geschwindigkeitsregelung erforderlich ist; im Notfalle bremst lediglich eine elektrisch betätigte Stoppbremse die ganze Anlage ab und setzt dieselbe still. Im übrigen wurde eine Sicherheits-Nutzsenkbremsschaltung gemäß Abb. 2 verwendet. Anlassen und Regeln erfolgt ohne Verwendung von Widerständen, nur durch Verschieben der Motorbürsten. Diese werden durch den Steuerhebel bewegt, der gleichzeitig das Schalten der zugehörigen Schütze besorgt. Zuerst tritt das Schütz 5 in Tätigkeit, und der Motor wird über den Dämpfungswiderstand 8 ans Netz gelegt. Er beginnt also zu arbeiten. Gleichzeitig beginnt der Drehrichtungschalter 4 b sich nach *H* zu bewegen, so daß das Schütz 6 an Spannung gelegt und dadurch der Widerstand 8 kurz geschlossen wird. Soll elektrisch gebremst werden, so bewegt der Maschinist beim Heben den Steuerhebel über die Nullstellung nach „Senken" und beim Senken nach „Heben"; der Motor entwickelt dann ein Gegenmoment und die elektrische Bremsung tritt ein. Man kann auf diese Weise jede gewünschte Geschwindigkeit beim Heben und Senken ohne verlustbringende Widerstände erreichen. Das elektrische Bremsen findet mit vorgeschaltetem Bremswiderstand statt, da bei der Bewegung des Steuerhebels durch die Nullstellung die Hilfschalter 2 a und 2 b auf die Kontakte *S* auflaufen, so daß das Schütz 6 spannungslos wird. Der Widerstand 8 ist erforderlich, weil sonst störende Selbsterregungserscheinungen auftreten können. Die beiden Zentrifugalschalter 3 verhindern ein Überschreiten der höchst zulässigen Drehzahl. Der eine bewirkt, daß das Schütz 7 die Bürsten über einen Drehzahl-Begrenzungswiderstand 8 a kurzschließt. Durch den zweiten Zentrifugalschalter wird beim Nichtansprechen

Digitized by Google

des ersten das Zeitrelais 12 betätigt, so daß der Hauptschaltkasten 9 die Anlage stillsetzt. Eine Anzahl Zeitrelais 14 gestatten, eine genaue Kontrolle der Senkgeschwindigkeit im unteren Fahrbereich vorzunehmen, damit die Brücke nicht mit zu großer Geschwindigkeit die unterste Endlage erreicht. Sie muß sich langsamer bewegen, als der Zeiteinstellung der Relais 11 entspricht; andernfalls wird der Stromkreis unterbrochen und die Anlage abgeschaltet. Die Anlage ist durch den Fortfall komplizierter elektrischer Steuerapparate und Anlaßwiderstände außerordentlich einfach und übersichtlich, sie befindet sich seit längerer Zeit im Betrieb und hat sich gut bewährt. (E. Altschul, BBC-Mitt. Baden, Bd. 17, S. 184.)

Ka.



1 Hauptmotor
2 Steuerbock
2 a, b Hilfschalter am Steuerbock
3 Zentrifugalschalter
4 a Drehrichtungsschalter für Senken
4 b Drehrichtungsschalter für Senken und Heben
5 Ständerschütz
6 Bremsschütz
7 Grenzdrehzahlschütz
8 Bremswiderstand
8 a Drehzahl-Begrenzungswiderstand
9 Schaltkasten mit Maximalstrom- und Minimalspannungsauslösung sowie Amperemeter
10 Umschalter für Haupt- und Hilfsantrieb
11 Zeitrelais mit Signallampe
12 Relais mit Umschaltkontakt
13 Endschalter für höchste Stellung
13 a Barrierenschalter
14 Zeitrelais
15 Tachometerdynamo
15 a Voltmeter als Geschwindigkeitsmesser
16 Verriegelungskontakte bei geschlossener Barriere der Brücke
16 a Relais zu Pos. 16
A Zum Hauptmotor
B Zum Hilfsmotor
C Zur Bremseinrichtung
D Zum Barrierenmotor
E Zur Nullspannungspule des Barrierenschalters

Abb. 2. Schaltbild des Hauptantriebes einer Hebebrücke mit Einphasen-Kommutatormotor in Bremsschaltung.

Elektromaschinenbau.

Das Problem der unsymmetrischen Belastung des Synchron-Drehstromgenerators und des Drehstromtransformators. — Die Ausführungen und wichtigsten Ergebnisse einer Untersuchung von W. Tolwinski lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

1. Der unsymmetrisch belastete Synchron-Drehstromgenerator kann als die Vereinigung in einem einzigen Maschinenkörper von drei einphasigen Generatoren betrachtet werden, deren Wicklungen um 120 elektrische Grade gegeneinander versetzt sind und deren Ströme der Bedingung $\dot{I}_1 + \dot{I}_2 + \dot{I}_3 = 0$ gehorchen müssen.

2. Jeder beliebig gestaltete Stern der Stromvektoren des synchronen Drehstromgenerators, welche jedoch durch die eben angeführte gegenseitige Abhängigkeit miteinander verknüpft sind, kann in zwei symmetrische Sterne zerlegt werden, u. zw. in den Stern der äquivalenten Ströme I_D, welche dieselbe zeitliche Aufeinanderfolge besitzen wie die Vektoren der gegebenen Ströme, und in den Stern der Restströme, deren Vektoren durch eine umgekehrte zeitliche Aufeinanderfolge gekennzeichnet sind, wobei die erwähnte Zerlegung sich nur eindeutig ausführen läßt.

3. Bei jeder beliebigen Zusammensetzung der unsymmetrischen Belastung, welche der Bedingung $\dot{I}_1 + \dot{I}_2 + \dot{I}_3 = 0$ genügt, ist es gestattet, angesichts der vollen Gleichwertigkeit der Phasen eine Vertauschung der Indizes von I im Kreissinne vorzunehmen; infolgedessen kann man sich bei der Untersuchung der unsymmetrischen Belastung des Generators nur mit solchen Fällen der Unsymmetrie begnügen, in denen der Strom der ersten Phase der größte ist. Dieser Strom kann sich von Null bis zu seinem Nennwert ändern, wobei entsprechend jedem seiner Werte in diesen Grenzen die beiden anderen Ströme sich von Null bis zu einem Werte, der die Stromgröße der ersten Phase nicht übersteigt, ändern können. Solch eine Systematisierung gestattet es, bei der Konstruktion des Spannungsdiagramms von derjenigen Phase auszugehen, welche den größten Strom führt und deshalb als die erste bezeichnet werden kann. Die Ströme in den beiden anderen Phasen lassen sich alsdann durch den Strom der ersten Phase ausdrücken, was nun die Möglichkeit gibt, auf Grund des entsprechenden Nomogramms die Skalenwerte der äquivalenten und restlichen Ströme und auch den Winkel um welchen die Sterne dieser Vektoren gegen den Stromvektor der ersten Phase versetzt sind, rasch aufzusuchen.

4. Durch die äquivalenten Ströme I_D wird die Ankerrückwirkung des unsymmetrisch belasteten Generators bestimmt, welche sich in allen drei Phasen des Generators auf vollkommen gleiche Weise geltend macht; diese Ströme rufen ferner einen durch den Widerstand Z der Generatorwicklungen bedingten Spannungsabfall hervor, wobei infolge der Sternsymmetrie der äquivalenten Ströme diese Spannungsabfälle im Spannungsdiagramm aller Phasen durch gleich große und in bezug auf die Phasen-EMKe gleichgerichtete Vektoren dargestellt werden. Es ergibt sich also, daß der symmetrische Stern der Leerlauf-Phasen-EMKe in einen gleichfalls symmetrischen Stern umgewandelt wird.

5. Die Restströme I_R erzeugen bloß Spannungsabfälle im Widerstande, und da im Diagramm die zeitliche Aufeinanderfolge der übrigen Vektoren entgegengesetzt ist, so sind die durch dieselben hervorgerufenen Spannungsabfälle die Ursache der bei unsymmetrischer Belastung beobachteten Verzerrung der Phasen- und folglich auch der Klemmenspannungen des Generators.

6. Überlagert man die Spannungsdiagramme aller drei Phasen (durch Drehung des Diagramms der zweiten und dritten Phase um den Winkel $\frac{2\pi}{3}$ bzw. $2\frac{2\pi}{3}$), so wird ein Diagramm erhalten, in welchem die Enden der Phasenspannungsvektoren mit den Spitzen eines in den Kreis vom Radius $I_R Z$ eingeschriebenen Dreiecks zusammenfallen. Dabei wird die normale Reihenfolge der Endpunkte der Phasenspannungsvektoren auf dem Kreise erhalten, d. h. diese Reihenfolge entspricht nicht dem Stern der Restströme, sondern dem Stern der äquivalenten und der gegebenen Ströme.

7. Ein ähnliches Aussehen nimmt auch das überlagerte Diagramm der Klemmenspannungen des unsymmetrisch belasteten Generators an; es besitzt aber der Kreis, auf welchen die Enden der Klemmenspannungsvektoren zu liegen kommen, einen $\sqrt{3}$mal größeren Radius im Vergleich zum Diagramm der Phasenspannungen.

Digitized by Google

8. Bringt man das überlagerte Diagramm der Klemmenspannungen zur Deckung mit dem überlagerten Diagramm der Phasenspannungen, welches $\sqrt{3}$mal vergrößert worden ist, so wird ein gemeinsames Diagramm der Phasen- und Klemmenspannungen erhalten, wobei das Dreieck, mit dessen Spitzen die Endpunkte der Vektoren der Klemmenspannungen zusammenfallen, hinsichtlich eines ebensolchen Dreiecks für die Phasenspannungen sich als um den Winkel 60 ° versetzt erweisen wird. Infolgedessen bilden die Enden der Phasen- und Klemmenspannungsvektoren die Eckpunkte eines symmetrischen sechsstrahligen Sterns (Abb. 3).

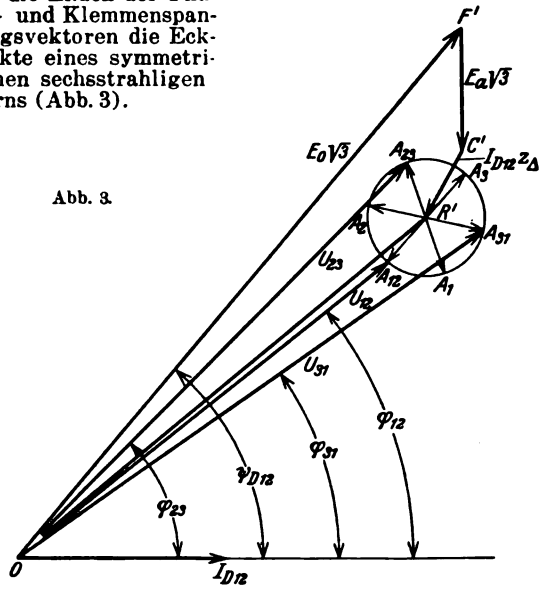


Abb. 3.

9. Wird im Spannungsdiagramm des unsymmetrisch belasteten Synchron-Drehstromgenerators der Vektor $\overline{F'C'}$, welcher die Ankerrückwirkung berücksichtigt, fortgelassen, so entsteht das Diagramm des unsymmetrisch belasteten Drehstromtransformators.

10. Die experimentelle Nachprüfung der Diagramme ergab deren volle Bestätigung. Die Mitteilung des Versuchsmaterials und der weiteren Ergebnisse soll den Gegenstand einer besonderen Veröffentlichung bilden. (W. Tolwinski, Arch. El. Bd. 23, H. 5, S. 497.)

Meßgeräte und Meßverfahren.

Statische Reduktion einer Frequenz beim Kathodenoszillographen. — Kleinere Kathodenoszillographen für mittlere Frequenzen, etwa in der Ausführung wie sie die Western Electric Co. auf den Markt bringt[1], haben den Nachteil, daß sie nur geringe Intensität liefern. Will man die auf den Leuchtschirm sichtbar gemachte Schwingung photographisch festhalten, so bedarf man daher einer längeren Belichtungszeit. Das aufzunehmende Bild muß aber während dieser Zeit auf dem Leuchtschirm stillstehen. Diese Bedingung ist dann erfüllt, wenn die zu photographierende Schwingung und die an die Ablenkplatten des Oszillographen gelegte Spannung synchron verlaufen bzw. die Frequenz der Schwingung ein ganzes Vielfaches derjenigen der Ablenkspannung ist.

Die eine Möglichkeit, zu diesem Ziel zu gelangen, besteht in der Verwendung synchron laufender mechanischer Antriebe, die entweder Spezialspannungsteiler mit rotierendem Kontakt oder Schaltkontakte eines Kondensatorkreises betätigen. Man kann aber bei einer Antriebsfrequenz von 50 Hz hierbei günstigenfalls 1000 Hz untersuchen. Einwandfreier ist das rein elektrische Verfahren der statischen Reduktion. Steuert man das Gitter einer Elektronenröhre durch eine Spannung von der Frequenz f, so kann ein im Anodenstromkreis liegender Schwinkungskreis zum Ansprechen gebracht werden. Koppelt man nun denselben mit dem Gitterkreis, so überlagern sich die Schwingungen von der Frequenz f und von der Eigenfrequenz des Schwingungskreises, und es entsteht eine Schwebung von der Frequenz f/n, die sich zur Erregerfrequenz verhält wie ein ganzzahliger Bruch.

Diese Anordnung kann man ohne weiteres für die Erzielung eines ganzzahligen Verhältnisses zwischen der Frequenz der untersuchten Schwingungen und derjenigen der Ablenkspannung des Zeitkreises eines Oszillographen verwenden. Für die Ablenkplatten nimmt man die Schwingung von der Frequenz f/n, während die zu untersuchende Schwingung von der Frequenz f den Anodenstromkreis steuert. Die Schaltung in ihrer einfachsten Art würde dann die der Abb. 4 sein. Um nun außerdem Hin- und Rückgang der Schwingung auf dem Leuchtschirm zu trennen, kann man diese Schaltung durch eine 90 °-Schaltung erweitern, wobei die Zeitplatten parallel zu einem Hochohmwiderstand liegen, und so der untersuchten Schwingung eine reduzierte Schwingung überlagern, die etwa um 90 ° gegen die Ablenkspannung phasenverschoben ist. Das gleiche Ergebnis erzielt man, wenn man eine Spule, deren Feld durch einen Strom von der Frequenz f/n erregt wird, auf den Kathodenstrahl wirken läßt.

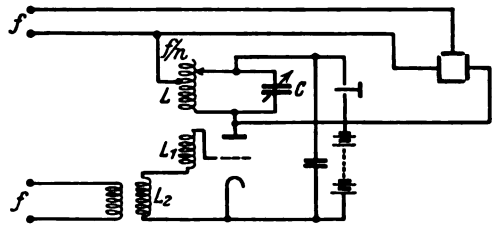


Abb. 4. Einfachste Anordnung bei Anwendung der statischen Reduktion.

Vorteilhaftere Lösungen sowohl in bezug auf die Trennung der Hin- und Rückgänge der geschriebenen Kurve als auch in bezug auf die Oberwellenfreiheit der niederfrequenten Schwingung stellt die Verwendung weiterer Schwingungs- bzw. Siebkreise dar, wofür verschiedene Schaltungen bestehen.

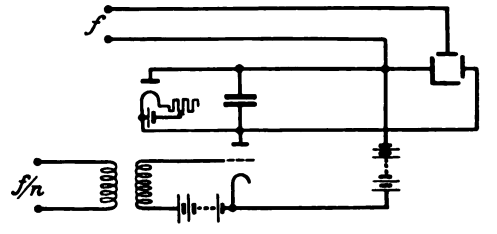


Abb. 5. Zusätzlicher Kondensatorkreis mit Glühventil.

Man kann nun außerdem den Hin- und Rückgängen des Lichtflecks verschieden lange Zeiten zuordnen, etwa derart, daß der Hingang innerhalb einer bestimmten Zeit und möglichst linear verläuft und der Rückgang ganz plötzlich geschieht oder umgekehrt, und kann dann auf dem Leuchtschirm ein Bild erhalten, das den Eindruck erweckt, als sei es nur in einer Richtung beschrieben worden. Zu diesem Zweck muß die oben geschilderte Anordnung mit Anwendung statisch reduzierter Frequenzen durch einen Kondensatorkreis erweitert werden (Abb. 5). Die Spannung von reduzierter Frequenz steuert eine Röhre, deren Gitter eine geeignete negative Vorspannung erhält. Innerhalb der kurzen Zeit, während der das Gitter positives Potential besitzt, wird ein Kondensator aufgeladen. Dann erhält das Gitter während einer längeren Zeit ein negatives Potential und der Anodenstromkreis ist gesperrt. Der Kondensator entlädt sich nun über ein Glühventil bei möglichst konstantem Entladestrom, wobei die entsprechend linear abnehmende Kondensatorspannung an den Zeitplatten liegt.

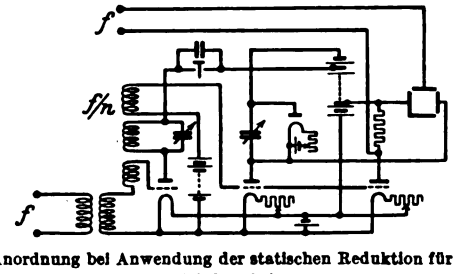


Abb. 6. Anordnung bei Anwendung der statischen Reduktion für unverzerrte Niederschrift.

In Wirklichkeit ist der Sättigungstrom solcher Ventile nicht konstant. Man muß daher versuchen, durch geeignete Wahl des Materials möglichst günstige Verhältnisse zu erhalten. Will man auch hier noch mittels einer Zusatzspannung den kurzzeitigen Rückgang des Lichtflecks aus dem Bereich der Niederschrift bei dem Hingang herausziehen, so schaltet man parallel zur ersten Röhre eine zweite. Der Anodenstromkreis enthält einen Ohm-

[1] Vgl. ETZ 1928, S. 1752.

Digitized by Google

schen Widerstand, an dem man die erforderliche Zusatzspannung im Augenblick der Kondensatoraufladung abgreifen kann.

Die vollständige Schaltung einer Anordnung mit zwangläufiger und exakter Reduktion der Frequenz bei schnellem Rückgang des Lichtflecks zeigt Abb. 6, die aus Abb. 4 und 5 kombiniert ist. Die höchste damit oszillographierte Frequenz betrug 50 000 Hz für den Western-Oszillographen, man soll aber bis über 100 kHz kommen können.

Für Frequenzen unter 1000 Hz ist diese Schaltung nicht mehr zweckmäßig. Es empfiehlt sich dann die einfachere Schaltung von Abb. 1 oder die Anwendung von Elektronenröhren in einer Schaltung, wie sie von Prof. Magotto angegeben worden ist. Für Frequenzen unter 50 Hz weist der Verfasser auf die Schleifenoszillographen hin. (F. Vecchiacchi, L'Elettrotecnica, Bd. 15, H. 30.). *Rlm.*

Messung der elektrischen Scheinleistung. — Nachstehend sei ein Verfahren zur laufenden Messung der elektrischen Scheinleistung in Wechsel- oder Drehstromkreisen angegeben. In den zu messenden induktiv belasteten Wechselstromkreis werden ein Volt- und ein Amperemeter eingeschaltet. Die Zeigerstellungen der beiden Instrumente werden auf Widerstände übertragen derart, daß die übertragenen Größen den Logarithmen der Anzeigewerte der Instrumente entsprechen. Weiter werden die beiden logarithmisch bemessenen Widerstände mit einer konstanten Stromquelle und einem geeigneten Instrument hintereinander geschaltet. Das in diesem Stromkreis liegende Instrument wird die Summe der beiden logarithmischen Größen anzeigen, und da weiter diese Summe gleich dem Produkt der Ausgangsgrößen ist, so kann die Skala des Instrumentes in Voltampere geeicht werden, so daß die elektrische Scheinleistung direkt abgelesen werden kann. Abb. 7 zeigt das Gesagte in schematischer Darstellung. In Drehstromkreisen kann die Scheinleistung in gleicher Weise aus den Angaben von Volt- und Amperemetern laufend gemessen werden.

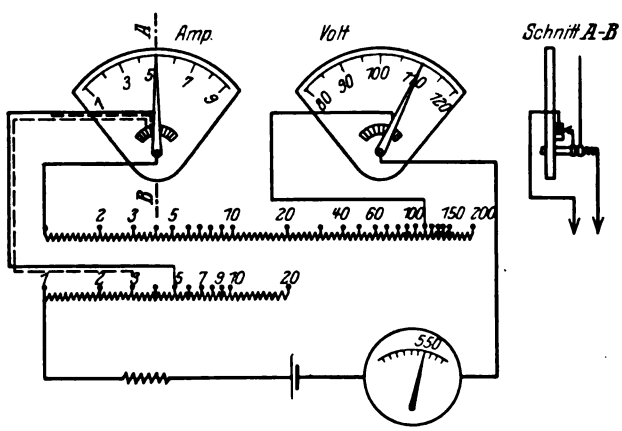


Abb. 7. Prinzipschaltbild zur Messung der Scheinleistung aus den Angaben eines Volt- und Amperemeters.

Bei der praktischen Anwendung des Verfahrens ist es wichtig, daß die Übertragung der Zeigerstellungen auf die entsprechenden logarithmischen Größen, die keinesfalls Widerstände sein müssen, reibungslos erfolgt. Dies geschieht etwa dadurch, daß in Abhängigkeit von den Anzeigegrößen der Instrumente — durch Licht- oder Schattenwirkung — eine Veränderung des Widerstandes von Selenzellen herbeigeführt wird. Da bei dieser Übertragung nicht die geringste Reibung auftritt, wird größte Meßgenauigkeit erzielt. Das Verfahren kann auch für Mengenmessungen, besonders für gasförmige Körper, angewendet werden. E. Knösel.

Kabelprüfwagen mit umschaltbarem 4 Röhren-Gleichrichtersatz für Gleichspannungen bis 200 000 V[1]. — Die Erfolge mit einer 1919 gebauten 50 kV-Einrohr-Gleichrichter-Einrichtung zur Kabelprüfung gaben der Gen. El. Co. Veranlassung zur Entwicklung einer Vierröhrenanordnung für Gleichspannungen bis 200 kV. Für den Einbau der ganzen Apparatur diente der Edison El. Ill. Co. of Boston ein Anhängewagen im Gesamtgewicht von etwa 4 t bei 6,5 m Länge, 2,1 m Breite und 2,5 m Höhe. Die

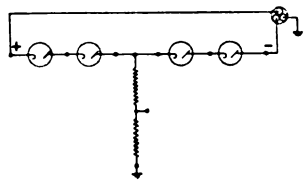


Abb. 8. Röhren und Transformator in T-Schaltung; Gleichspannung 200 kV, 0,25 A.

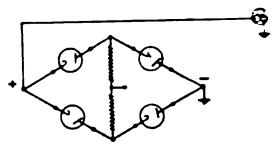


Abb. 9. Brückenschaltung; Gleichspannung 100 kV, 0,5 A.

Hochspannungsabteilung des Wagens ist mit aufklappbaren Seitenwänden versehen und enthält den Haupttransformator 230 : 88 000 V und die 4 Röhren. Auf Isoliersäulen sind drehbare Verbindungsarme zur Umschaltung der Röhren sowie die Heiztransformatoren, Funkenstrecken, Widerstände und Kondensatoren zum Ausgleich der Belastung der einzelnen Röhren montiert. Die Gleichrichterrohre werden in T-Schaltung, Brücken- und Parallelschaltung benutzt für Spannungen bis 200, 100 und 50 kV bei den bezüglichen Strömen von 0,25, 0,5 und 1 A (Abb. 8 ... 10). Die Schaltapparate für die Primärseite des Transformators sowie die Meßinstrumente und Ölunterbrecher sind in einem, von der Rückwand des Wagens zugänglichen Abteil untergebracht. (Gen. El. Rev. Bd. 31, 1928, S. 592.) *Schö.*

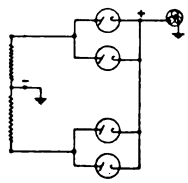


Abb. 10. Parallelschaltung; Gleichspannung 50 kV, 1 A.

Einführung des Begriffes „Halbschwingung" bei Zeitmessern. — Auf der Mitgliederversammlung der Gesellschaft für Zeitmeßkunde und Uhrentechnik E. V. am 12. I. 1929 in Berlin wurde vorgeschlagen, den Begriff der Halbschwingung für Gangregler von Uhren offiziell einzuführen und als maßgebend zu betrachten. Dieser Vorschlag bezweckt die Beseitigung des störenden Gegensatzes, in dem sich bezüglich der Bezeichnungsweise die Uhrentechnik gegenüber allen anderen Zweigen der Technik und gegenüber der Wissenschaft bisher befindet, denn in der Uhrmacherei wird bislang derjenige Vorgang, den man sonst überall „Halbschwingung" nennt, als „Schwingung" bezeichnet. Die Mitgliederversammlung stimmte dem Vorschlage grundsätzlich einstimmig zu; jedoch wurde die offizielle Einführung des Begriffes der Halbschwingung von der Veröffentlichung des Beschlusses in der Fachpresse und von der Bearbeitung von etwa eingehenden Einsprüchen durch den wissenschaftlichen Ausschuß[1] der Gesellschaft abhängig gemacht. Erläuternd möge noch bemerkt werden, daß nicht eine Änderung des bisherigen Begriffes „Sekundenpendel" usw. beabsichtigt wird, sondern lediglich die Änderung des bisherigen Begriffes „Schwingung" in „Halbschwingung". Man würde dann also in Zukunft z. B. sagen, daß ein Sekundenpendel in der Sekunde eine Halbschwingung ausführt. *of.*

Bahnen und Fahrzeuge.

Der Gleichstrom-Bahnmotor im Betrieb mit welliger Klemmenspannung. — Wegen zunehmender Verbreitung der Quecksilberdampf-Gleichrichter in den Unterwerken der elektrischen Bahnnetze wird es notwendig, die Gleichstrom-Bahnmotoren der welligen Spannungsform anzupassen, die den Gleichrichtern eigentümlich ist. Die bekannten Glättungseinrichtungen beseitigen nämlich nicht in allen Belastungsfällen die Spannungsoberwellen restlos. Trotz der Dämpfung, welche die Wechselspannung durch Fahrleitung und Stromrückleitung erfährt, findet man daher häufig im Betrieb noch Wechselspannungen, deren Effektivwert, an den Motorklemmen gemessen, mehr als 5 % der Gleichspannung beträgt.

Durch eine solche Wechselspannung entsteht im Motor ein Wechselfluß, der die Eisenverluste vergrößert und zwischen den Segmenten des Kommutators Spannungen induziert. Man beobachtet daher ein Sinken des Wirkungsgrades, eine Steigerung der Erwärmung, mitunter auch Bürstenfeuer und sogar Rundfeuer an Maschinen, die im

[1] Vgl. a. ETZ 1922, S. 570; ETZ 1929, S. 427, ferner Veröffentlichungen über Erfahrungen und Fortschritte im Bau von Kabelprüfeinrichtungen für hohe Gleichspannungen in Siemens-Z. 1927, S. 181 u. 1928, S. 536 u. 590. Der letztere Aufsatz bringt Schaltung und Beschreibung eines von der Siemens u. Halske AG. für die Reichsbahn entwickelten 2 Röhren-Kabelprüfwagens für 150 kV Gleichspannung.

[1] Obmann: Prof. Dr. Mahnkopf, Potsdam, Geodät. Institut.

Digitized by Google

Betrieb an reiner Gleichspannung völlig einwandfrei sind. Es wird berechnet, daß schon Wechselflüsse, deren Maximalwert nur in der Größenordnung von 1 % des Gleichflusses liegt, die Arbeitsbedingungen des Motors wesentlich verschlechtern, weil die vom Gleichrichter der heute üblichen Bauart gelieferte Oberwelle eine verhältnismäßig hohe Frequenz, nämlich 300 Hz, besitzt.

Im Betrieb darf daher der im Motor induzierte Wechselfluß eine bestimmte Größe, die durch die Bauart der Maschine festgelegt ist, nicht überschreiten, und es ist notwendig, beim Entwurf neuer Motoren die Größe des durch eine gegebene Spannungsoberwelle hervorgerufenen Wechselflusses voraus zu berechnen, wenn man volle Sicherheit dafür haben will, daß die Maschine auch in Gleichrichternetzen genau die erwarteten Erwärmungsverhältnisse u. dgl. aufweist. Eine solche Berechnung ist zwar nur angenähert durchzuführen, reicht aber für den vorliegenden Zweck aus. Es wird zunächst angenommen, daß keine Dämpfung des Wechselflusses durch Wirbelströme in der Maschine erfolgt. Für diesen Fall kann der Wechselfluß berechnet werden, und man findet Gleichungen, die für den Entwurf wertvolle Fingerzeige liefern, z. B.: Bei gegebener Spannungskurve wird der Wechselfluß um so kleiner, je größer die Anzahl der in Reihe liegenden Feldwicklungen ist. Damit ist auch erklärt, weshalb der im Feld durch Anzapfung geschwächte Motor auf Oberwellenstörungen besonders empfindlich ist. Durch hohe Eisensättigung läßt sich diese Empfindlichkeit nur wenig herabsetzen.

Im praktisch ausgeführten Motor dämpfen jedoch die Wirbelströme, die im massiven Eisen des Stators, in den voneinander nur unvollkommen isolierten Blechen der Hauptpole und vor allem in den durch die Bürsten kurzgeschlossenen Ankerwindungen auftreten, den Wechselfluß erheblich. Alle diese Einflüsse lassen sich aber aus den verschiedensten Gründen mit einfachen Mitteln nicht so genau nachrechnen, wie es hier erwünscht wäre. Trotzdem sind einige Schlüsse möglich, z. B.: Eine große Bürstendeckung ist vorteilhaft, denn sie vermehrt die Anzahl der kurzgeschlossenen, d. h. den Wechselfluß dämpfenden Ankerwindungen.

Es liegt nun nahe, durch besondere Einrichtungen eine zusätzliche Dämpfung des Wechselflusses herbeizuführen. Es ist bekannt, hierzu besondere Kurzschlußwindungen um das aktive Eisen zu legen, aber von den vielen Schaltungsmöglichkeiten, die hier bestehen, erscheint heute für Bahnmotoren brauchbar wohl nur die eine: das Parallelschalten eines möglichst induktionslosen Ohmschen Widerstandes zur Feldwicklung. Eine Näherungsrechnung zeigt, daß der Parallelwiderstand nur etwa 2 % des Motorgleichstromes zu führen braucht, um einen Wechselfluß von 300 Hz bereits auf etwa die Hälfte abzudämpfen. Wenn diese Berechnung auch nur mit grober Annäherung durchgeführt wird, so zeigt sie doch deutlich, daß schon Parallelwiderstände von verhältnismäßig kleiner Leistung eine wesentliche Dämpfung ergeben können. Damit ist erst die Brauchbarkeit dieser Anordnung gegeben, denn ein induktionsloser Parallelwiderstand von großem Leitwert würde ja eine merkliche Feldschwächung ergeben und außerdem die Rundfeuergefahr erhöhen, wäre also für den Betrieb untragbar. Wird der Parallelwiderstand so bemessen, daß 5 % des Gleichstromes durch ihn fließen, so dämpft er den Wechselfluß von 300 Hz schon auf einen kleinen Bruchteil seines ursprünglichen Wertes ab. Es hat also gar keinen Zweck, noch leistungsfähigere Parallelwiderstände anzuordnen.

Diese Ergebnisse wurden durch Prüffeldversuche bestätigt: An Oszillogrammen und an der Senkung der Ankererwärmung (von 96,5 ° auf 91,5 und 90,0 °) wird die gute Wirkung des Parallelwiderstandes beobachtet. Es erscheint also möglich, die unerwünschten Folgen einer welligen Spannungskurve auch noch nachträglich zu verringern. Der Parallelwiderstand ist verhältnismäßig leicht und billig, so daß er sich ohne Schwierigkeiten in das Fahrzeug einbauen läßt. (Töfflinger, Bergmann-Mitt. Bd. 7, S. 262.) *Sb.*

Verteilung von Wechselströmen in Eisenbahnschienen. — Die Gesetze über die Verteilung von Wechselströmen in massiven Leitern sind an sich seit langem bekannt, aber noch nicht für alle technisch wichtigen Fälle experimentell untersucht. So fehlten bisher Angaben über die Verteilung von Wechselströmen in Eisenbahnschienen. Im praktischen Betriebe führen diese bekanntlich Wechselströme in Form der Triebströme von Wechselstrombahnen, ferner die Signalströme und endlich Block- und Überwachungstrom bei den induktiven Linien-Zugbeeinflussungen. Gelegentlich der Vorversuche für die Entwicklung eines Verfahrens zur Aufdeckung von Schienenfehlern hat E. A. Sperry untersucht, ob dafür Wechselströme verwendet werden können, die durch die Schienen geleitet werden. Aus dem auf diese Weise entstehenden Spannungsgefälle zwischen zwei hintereinanderliegenden Punkten der Schiene sollten dann Schlüsse auf die Beschaffenheit der Schiene gezogen werden. Da die Untersuchungen von Sperry von allgemeinerem Interesse sind, sollen im nachfolgenden die wichtigsten Ergebnisse mitgeteilt werden.

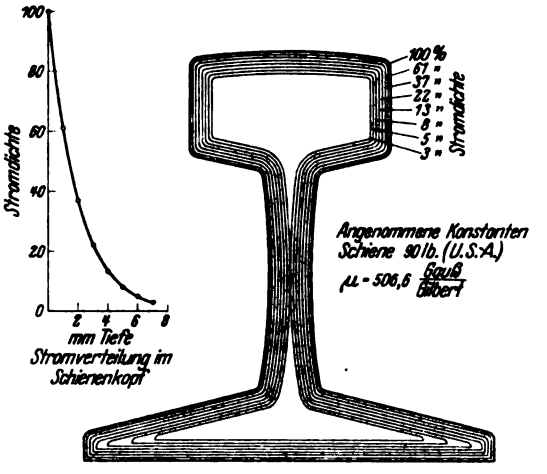


Abb. 11. Hautwirkung in Eisenbahnschienen.

Abb. 11 zeigt die Stromdichte in Prozenten in einer normalen Eisenbahnschiene, abgestuft von Millimeter zu Millimeter Eindringungstiefe. In 7 mm Abstand von der Oberfläche ist die Stromdichte nur mehr 3 % von derjenigen an der Oberfläche der Schiene. Daraus geht hervor, daß Feh-

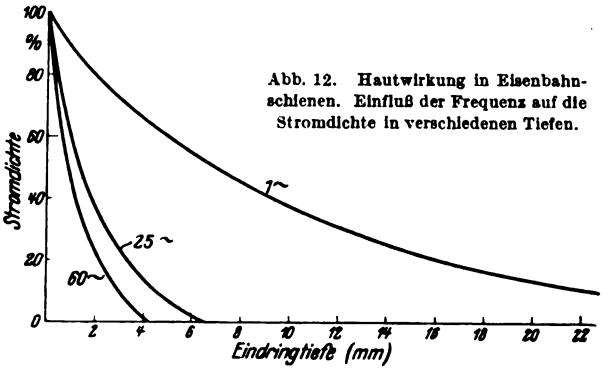


Abb. 12. Hautwirkung in Eisenbahnschienen. Einfluß der Frequenz auf die Stromdichte in verschiedenen Tiefen.

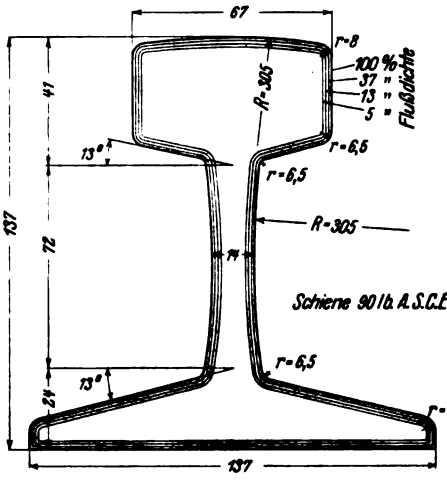


Abb. 13. Hautwirkung des magnetischen Flusses. Verteilung in Eisenbahnschienen.

ler im Inneren von einer Methode, welche sich einer Wechselstromfrequenz selbst von nur 25 Hz bedient, nicht mehr erfaßt werden können. Abb. 12 liefert die Stromdichte in Abhängigkeit von der Eindringungstiefe für 1, 25 und 60 Hz. Wechselstrom von 60 Hz ist demnach bereits in einer Tiefe von 4,2 mm, von 25 Hz in 6,5 mm Tiefe vollkommen erloschen, und solcher von 1 Hz hat in 20 mm Tiefe noch

Digitized by Google

13 % Stromdichte. Außer diesen Versuchen, die auf der Harvard-Universität von Dr. Kennelly angestellt wurden, liegen auch noch Ergebnisse über die Eindringungstiefe von magnetischen Wechselflüssen in Eisenbahnschienen vor. Es ist nämlich denkbar, an Stelle eines elektrischen Spannungsgefälles ein entsprechendes magnetisches Spannungsgefälle zur Messung zu benutzen. Die Untersuchungen, welche an dem gleichen Schienenmodell (90 lb/Am. Soc. Civ. Eng.) wie beim elektrischen Verfahren vorgenommen wurden, fielen jedoch noch ungünstiger aus als bei Wechselstrom. Schon in 3 mm Tiefe ist die magnetische Flußdichte bis auf 5 % des Wertes unmittelbar an der Oberfläche gesunken (vgl. Abb. 13). Auch diese Eigenschaften finden sich in der Literatur erwähnt, wenn auch nicht in Anwendung auf den vorliegenden Fall.

Sperry entschloß sich aus diesen Gründen für seine Schienenfehler-Meßeinrichtung Gleichstrom zu verwenden, weil bei diesem Stromart die sogenannte Hautwirkung nicht in Frage kommt. Der Stromerzeuger ist hier ein besonderer Gleichstromgenerator von niedriger Spannung und hoher Stromstärke, der in einem besonderen Meßwagen von einem Benzinmotor angetrieben wird[1]. Die Messung selbst findet in diesem Wagen statt. Bedauerlich ist, daß in der Druckschrift nicht angegeben ist, bei welcher Stromstärke die Messungen vorgenommen wurden. Es ist aber anzunehmen, daß es sich um große Ströme (1000 ... 4000 A) handeln wird, nachdem Sperry selbst derartige Werte benötigt. (Vortrag E. A. Sperry, Jahrb. Am. Iron and Steel Inst., New York 1928.) *Kmr.*

Geräuschdämpfung und Verminderung des Verschleißes bei Stromabnehmerrollen. — Um das von der Stromabnehmerrolle verursachte Geräusch zu dämpfen, hat die Ohio Brass Co. in Mansfield, Ohio, ein Dämpferkissen gebaut, das bei Straßenbahnen mit Rollenbetrieb auch die Abnutzung der Rolle und der Fahrleitung verringert. Dieser Dämpfer wird nicht wie bei anderen derartigen Vorrichtungen, die sich nicht bewährten, auf dem Wagendach, sondern direkt unterhalb der Rolle in der Stromabnehmerstange angebracht. Der Dämpfer besteht aus einem Stahlrohr, auf das ein Gummikissen nach patentiertem Verfahren aufvulkanisiert ist, so daß es fest auf dem Stahl haftet. Ein zweites Stahlrohr, das am oberen Stangenende fest aufgesetzt ist, greift über das Dämpferkissen. Ein breites Kupferband leitet den Strom über die durch den Gummiüberzug unterbrochene Stelle hinweg. Die Vorrichtung ist sehr leicht anzubringen und wiegt nur sehr wenig. Die Stange kann, falls erforderlich, um die Länge des Dämpfers verkürzt werden. Der Dämpfer schwächt auch die auf die Rolle ausgeübten Stöße ab und verlängert damit wesentlich deren Lebensdauer. (El. Traction Bd. 25, S. 668.) *Wchm.*

Bergbau und Hütte.

Elektrische Widerstandsöfen für die Eisenhüttenindustrie. — Ein Rückblick auf die letzten Jahre zeigt, daß der elektrische Widerstandsofen in der Hüttenindustrie immer mehr Eingang gefunden hat, und daß die Zweifel, die anfänglich in dieser Industrie gehegt wurden, gegenüber den wirtschaftlichen Forderungen der neuzeitlichen Technik verstummen müssen. Die Betriebsverhältnisse dieser Ofentype sind besonders den Forderungen der ökonomischen Wärmewirtschaft anzupassen und müssen auf die Stromwirtschaft eines Werkes insofern Rücksicht nehmen, als bei starker Belastung des Stromnetzes diesem Ofen wenig, bei schwacher Belastung mehr Energie zuzuführen ist. Werden diese Forderungen erfüllt, so wird der elektrischen Heizung noch manches Gebiet zugänglich, das ihr heute wegen der hohen Betriebskosten noch verschlossen ist. Die elektrischen Widerstandsöfen werden in zwei Gruppen eingeteilt:

1. Niedertemperaturöfen, die bis zur Temperatur von 400 ... 500 ° gebraucht werden, und die mit gewöhnlicher Blechwand ausgeführt werden können;
2. Hochtemperaturöfen, die nur mit keramischen Innenwänden ausgeführt werden, und in denen Temperaturen bis 1100 oder 1150 ° erzeugt werden.

Die Niedertemperaturöfen sind meistens Trockenöfen, die z. B. zum Trocknen von mit Lack überzogenen Blechen oder metallischen Gegenständen dienen können. Solche Öfen werden zum Trocknen von 1 t-Guß mit einem Leistungsverbrauch von 25 kW ausgeführt (200 ° Trockentemperatur). Die Hochtemperaturöfen werden zum Glühen von Messingblech und Messingblankrinnen, zum Blankglühen mit und ohne Schutzgas gebraucht. Auch können sie zum Schmelzen von Metallen mit niedrigem Schmelzpunkt verwendet werden. Es werden noch einige Öfen mit einem Leistungsverbrauch von 100 kW und mehr betrieben. (V. Paschkis, St. u. E., Bd. 49, S. 1685.) *V. E.*

Elektrisches Schweißen von Rohren in großen Mengen. — Rd. 100 000 t Stahl werden monatlich von der A. O. Smith Corporation, Milwaukee, zu elektrisch geschweißten Rohren verarbeitet. Die erste Schweißanlage auf diesem Werk besaß zuerst eine Tagesleistung von 9,6 km Rohren, die durch den Bau eines zweiten Schweißwerkes im Februar 1929 auf 42 km in 24 h gebracht wurde. In der ersten Anlage wurden Rohrlängen von 9,15 m und in der neuen solche von 12 m hergestellt. Der verwendete Stahl besitzt in der Regel einen Kohlenstoffgehalt von 0,2 ... 0,3 % mit einer Zerreißfestigkeit von mindestens 42 kg/mm² bei einer Wandstärke der Rohre von 6 ... 12,5 mm. Der 210 m lange Lagerplatz für die Stahlstreifen wird von einem Kran bestrichen, der diese auf ein Förderband aufsetzt. Dieses Band bringt die Streifen in das Hauptgebäude, wo sie zwecks Entfernung der Walzhaut gebeizt und gereinigt werden. Die Streifen werden dann selbsttätig zu hydraulischen Pressen geführt, wo sie durch eine Reihe von Arbeitsvorgängen zu Zylindern von gewünschtem Durchmesser geformt werden. Diese Zylinder werden dann durch Fließbänder zu den selbsttätigen elektrischen Schweißmaschinen geleitet; die Förderbänder selbst laufen parallel zueinander, so daß jedes Band an einer Schweißmaschine vorbeizieht, wobei jede Schweißmaschine unter der Aufsicht von nur einem Mann steht. Dieser überwacht die Arbeit der Schweißmaschinen und die Beschaffenheit des elektrischen Lichtbogens zwecks Sicherung des Erfolges. Nach der Schweißung werden die Rohre von Fließbändern an den Enden der Schweißmaschinen aufgegriffen und zu einer Anzahl von in kurzer Entfernung aufgestellten Fräsmaschinen gebracht. Hier wird die Schweißraupe an jedem Ende zwecks Vorbereitung der Verbindungsstellen für den Zusammenbau entfernt. Wenn das Rohr mit Muffe und Spitzende ausgestattet werden soll, so wird ein Ende kalt verbreitert, das andere Ende kalt gestaucht, so daß eine Welle entsteht zwecks Einführung des Rohres in die nächste Muffe beim Aneinanderschweißen der einzelnen Rohre.

Die so behandelten Rohre gelangen dann durch ein Förderband zu Wasserdruck-Prüfmaschinen, die in einer Reihe parallel zueinander stehen. Der angewandte Druck bei diesen Prüfungen genügt, um in den Rohrwänden eine Beanspruchung von 15,4 kg/mm² hervorzurufen. Dieser Druck wird 10 s lang aufrechterhalten und während dieser Zeit die Schweißnaht fortwährend durch eine Reihe von Gewichten behämmert. Nach dem Behämmern wird der Druck um 50 % vermindert und die Schweißnaht von einem Ende zum anderen nachgesehen.

Hat ein Rohr die Wasserdruck- und die Hammerprüfung bestanden, so wird es von diesen Maschinen gelöst, worauf es auf einen schrägen Tisch gerollt wird, der das Rohr einem Förderband anvertraut. Die Einteilung in bezug auf die Zeit ist so bemessen, daß, wenn alle Prüfmaschinen in Betrieb sind, ein Rohr nicht über ein anderes gestürzt werden kann, solange das letztere nicht durch das Förderband weiter geleitet worden ist. Das Band führt das Rohr nun zu der Prüfstelle auf Rundung, wo die Prüfung mit Aluminiumschablonen mit Stahleinsatz vorgenommen wird. Nachdem die Rohre all diese Prüfstellen durchlaufen haben, werden sie selbsttätig einem weiteren Fließband übergeben und ziehen dann durch eine Haube, wo sie gewaschen werden. Der nächste Arbeitsvorgang ist das Anstreichen der Rohre, zu welchem Zweck ein Fließband sie wieder durch eine innen mit vielen Spritzdüsen versehene Haube führt. Die Wasser- und auch die Anstreichhaube werden selbsttätig betrieben, u. zw. so, daß Bespritzen nur während der Zeit vor sich geht, während der die Rohre gerade durch die Hauben ziehen. Der Abstand zwischen der Wasch- und der Anstreichhaube ist so bemessen, daß die Rohre trocken, aber immer noch warm sind, wenn der Anstrich auf die Rohre aufgespritzt wird. Weitere Förderbänder bringen die fertigen Rohre auf eine erhöhte Plattform, von wo aus sie zu dem Versandplatz gelangen. (The Iron Age, Bd. 124, S. 92.) *Kp.*

Verkürzung der Glühzeit für Temperguß in Elektroöfen. — Seit Jahren hat man bei der Herstellung von Temperguß versucht, ein Verfahren zu entwickeln, um die zum Glühen erforderliche Zeit abzukürzen. Bei der Um-

[1] ETZ 1930, S. 517.

Digitized by Google

wandlung des weißen oder harten Eisens in Tempereisen wird freier Zementit in der festen Lösung von Eisen und Kohlenstoff absorbiert und der absorbierte Kohlenstoff aus der festen Lösung in Form von sogenanntem Temperkohlenstoff ausgefällt.

Nach Untersuchungen, die von der General Electric Co., Schenectady, N. Y., angestellt wurden, zeigte es sich, daß der Glühprozeß auf 28 ... 30 h abgekürzt werden kann, weil die Absorption von freiem Zementit eine Frage der Temperatur und der Zeit ist. Man fand, daß bei 1100 ° die Lösung in ungefähr 15 min stattfand, während man bei 900 ° hierzu 30 h brauchte. Bei einer nur um 50 ° geringeren Temperatur oder bei 1050 ° dauerte die Lösung achtmal so lange oder 2 h. Jedoch liegen die höheren Temperaturen zu nahe dem Erweichungspunkt des Eisens, während Temperaturen unter 900 ° zu niedrig sind für eine schnelle Absorption von Zementit.

Ebenso wie die Absorption hängt das Ausfällen von Kohlenstoff von der Temperatur und von der Zeit ab, und man fand, daß bei 900 ° praktisch nach 100 h keine Ausfällung stattgefunden hatte. Eine Erniedrigung der Temperatur erhöhte die Ausfällungsgeschwindigkeit, die zwischen 750 und 700 ° ihren höchsten Wert erreicht. Unter 700 ° wird die Ausfüllung von Kohlenstoff verzögert und bei 650 ° findet keine Ausfällung statt. Auf Grund dieser Angaben für die geringste erforderliche Zeit für eine feste Lösung und für die höchste Geschwindigkeit der Kohlenstoffausfällung wurden Versuchsöfen für 130 kW und 900 kg Einsatz gebaut und bis kürzlich betrieben, die sich so gut bewährt haben, daß jetzt drei neue Öfen für 325 kW und 6 t Einsatz aufgestellt wurden. Die Heizelemente aus Nickelchrom können dreiphasig oder einphasig verbunden werden. Die wöchentliche Leistung beträgt 100 t und die durchschnittliche Glühzeit 28 h.

Die Öfen liegen auf einem Eisengerüst, und der den Einsatz enthaltende Wagen wird in den Ofen hineingehoben und bildet den unteren Abschluß. Das Verfahren besteht darin, daß die Gußstücke schnell auf die höchste Temperatur von 1000 ° gebracht und auf dieser Temperatur 4 h gehalten werden. Dann wird die Temperatur der Gußstücke in 4 h auf 740 ° verringert. In einem anderen Ofen werden die Gußstücke 4 h auf eine Temperatur von 740 ° gehalten, die dann auf 730 ° fällt, um auf dieser Temperatur wieder 4 h zu bleiben. Nachdem die Temperatur dann auf 720 ° erniedrigt ist, bleiben die Gußstücke wieder 4 h auf dieser Temperatur und kühlen dann langsam in der Luft oder in einem Kühlofen ab.

Jedem Einsatz werden Versuchstäbe beigelegt, die zu verschiedenen Zeiten herausgenommen und untersucht werden. Diese Stäbe sind stufenförmig abgesetzt von 50 × 50 mm bis zu 12,5 × 12,5 mm. Die physikalischen Eigenschaften der auf diese Weise geglühten Gußstücke vergleichen sich günstig mit denjenigen nach dem üblichen Verfahren. Eine Zerreißfestigkeit von 40 kg/mm², eine Fließgrenze von 24 kg/mm² und eine Dehnung von 15 % auf 50 mm Länge läßt sich leicht erzielen. Auch sollen sich die Gußstücke besser bearbeiten lassen. Die Gußstücke können direkt von 720 ° mit erhöhter Festigkeit ohne Sprödigkeit abgelöscht werden, lassen sich auch, ohne spröde zu werden, verzinken und bedürfen keiner vorhergehenden Wärmebehandlung oder Alterns. Bei diesem Verfahren sind keine Glühkästen oder Packmaterial erforderlich. Die Vorteile bestehen ferner in geringern Kosten, einem sauberen Betrieb und schneller Lieferung. (Iron Trade Rev. Bd. 85, S. 1305.) *Ill.*

Verschiedenes.

Große Meisterkurse für das Elektro-Installateurgewerbe. — In der Zeit vom 5. I. bis 14. II. 1931 werden wieder große Meisterkurse der Stadt Frankfurt a. M. mit Unterstützung des Preußischen Ministeriums für Handel und Gewerbe, des Bezirksverbandes und der Handwerkskammern Wiesbaden und Frankfurt a. M. durchgeführt. Diese Kurse bieten auch die Vorbereitungsmöglichkeit für die Meisterprüfung. Für das Elektro-Installateurgewerbe sind Kurse für Elektro-Installateure vorgesehen. Die Gesamtkursusdauer umfaßt rd. 300 Unterrichtstunden. Der Kursusbeitrag ist auf 50 RM festgesetzt. Nähere Auskunft erteilt der Leiter der Kurse: Direktor Th. Walter, Frankfurt a. M., Moltkeallee 23.

Normung in der Wärme- und Kälteschutztechnik. — Ein beim VDI aus Hersteller- und Verbraucherkreisen gebildeter Ausschuß hat einheitliche Unterlagen für die Abnahme, die Lieferung und die Angebotserteilung von Wärme- und Kälteschutzanlagen geschaffen. Die Benutzung dieser Normen bietet die Gewähr, daß die Angebote eindeutig und ohne Umrechnung vergleichbar sind. Die Unterlagen sind vom Ausschuß für Wärme- und Kälteschutzanlagen beim VDI (Berlin NW 7, Ingenieurhaus) gegen Erstattung der Selbstkosten in Höhe von 0,20 RM zu beziehen. *of*

Jahresversammlungen, Kongresse, Ausstellungen.

Die Elektrizität auf der internationalen Hygieneausstellung Dresden 1930[1]. — Die äußerst mannigfaltigen Beziehungen zwischen Elektrizität und Hygiene fanden sich auf der Ausstellung hauptsächlich an drei Stellen planmäßig und übersichtlich dargestellt: in Halle 45, in welcher die Arbeits- und Gewerbehygiene gezeigt wurde, in Halle 42, dem Siemens-Operations- und Röntgenhaus, und in der Sonderschau „Das Krankenhaus".

Halle 45 umfaßte auch eine besondere „Elektroschau", veranstaltet von dem Verband sächsischer Elektrizitätswerke, der AG. Sächsische Werke und der Dresdner Gas-, Wasser- und Elektrizitäts-Werke AG. mit Unterstützung der Vereinigung der Elektrizitätswerke und des Zentralverbandes der deutschen elektrotechnischen Industrie[2]. Weit mehr als hundert elektrische Geräte waren hier zu sehen, die die Gesundheit innerhalb der Familie fördern.

Dem Besucher traten in dieser Halle die verschiedensten Anwendungen der Elektrizität in der Gewerbehygiene entgegen. Schon zu den Zeiten, als letztere sich noch im wesentlichen auf die Unfallbekämpfung beschränkte, spielte die Elektrizität in ihr eine bedeutende Rolle, und so sah man auch in Dresden eine große Zahl elektrisch betätigter Einrichtungen und Konstruktionen,

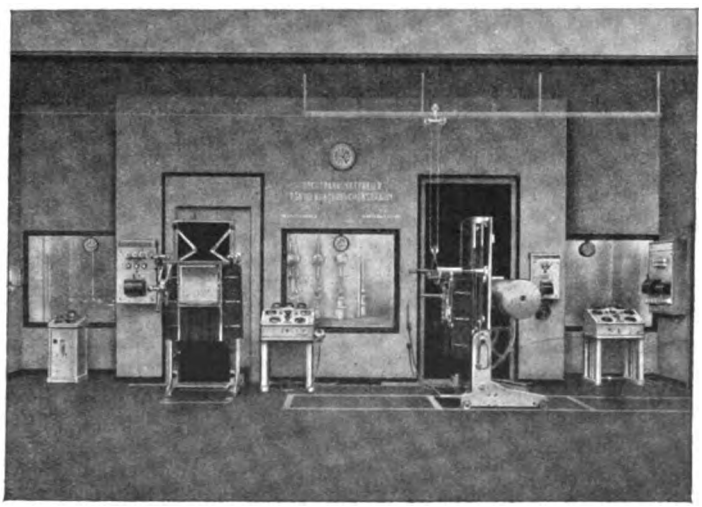


Abb. 15. Der hochspannungsfreie Röntgenuntersuchungsraum des Siemens-Operations- und Röntgenhauses.

die der Unfallverhütung dienen. Der Ersatz der Transmissionen durch den elektromotorischen Einzelantrieb stellte hier bereits einen sehr wertvollen Fortschritt dar, der eine bedeutende Steigerung erfuhr, als man mehr und mehr zu einem planmäßigen Zusammenbau von Arbeitsmaschine und Antriebsmotor überging und das Ein- und Ausschalten des Motors und seine Regelung durch Fernsteuerung einführte. Sehr viel zur Unfallverminderung kann auch die erst durch die Glühlampe ermöglichte ausreichende, blendungs- und schattenfreie Beleuchtung der einzelnen Arbeitsplätze und Werkstellen beitragen, ein Gebiet, das, wie die Ausstellung zeigte, noch sehr des weiteren Ausbaues fähig und bedürftig ist. Sehr anschaulich wurde der Kampf gegen Lärm, Staub, Gifte, unzweckmäßige Stellung und Sitz der Arbeiter in vielen, wenn auch nicht erschöpfenden Beispielen vorgeführt.

Den stärksten Eindruck von der Bedeutung der Elektrizität für die Hygiene erhielt man in den beiden ärztlichen Abteilungen, dem „Krankenhaus" und dem nach neuzeitlichen und einheitlichen Gesichtspunkten geschaffenen „Siemens-Operations- und Röntgen-

[1] Wie verlautet, besteht die Absicht, die Ausstellung 1931 wieder zu eröffnen.
[2] Vgl. ETZ 1930, S. 582.

Digitized by Google

haus", in dem bei der Auswahl und Anordnung der Gegenstände auch die Bedürfnisse der Privatpraxis weitgehende Berücksichtigung gefunden hatten. Vom kleinsten, für alle Durchleuchtungen und Röntgenaufnahmen geeigneten „Kleinheliodor" bis zu dem „Gigantos", dem größten und leistungsfähigsten Drehstrom-Diagnostikgerät, von Operations- und Durchleuchtungsinstrumenten bis zu den umfangreichsten Sterilisationsanlagen fand der Arzt in diesem Pavillon alles, was er für die Praxis benötigt, und er gewann so einen fast lückenlosen Einblick in die zahlreichen Hilfsmittel, welche die Elektrizität ihm bietet.

Ein wichtiges Schaustück in der Mittelhalle war das neueste Hochvolt-Röntgengerät für Tiefentherapie. Die für diesen Apparat geschaffene Multix-Therapieröhre kann bei 350 kV mit 5 mA betrieben werden und liefert die dieser hohen Spannung entsprechende kurzwellige, also besonders harte Röntgenstrahlung, die vor allem bei der Krebsbehandlung gute Dienste leisten wird. Abb. 15 zeigt den hochspannungsfreien Diagnostikraum des Siemenshauses. An den Schaustellungen in letzterem waren neben der Siemens-Reiniger-Veifa Gesellschaft für medizinische Technik m. b. H. das Medizinische Warenhaus AG., Adam Schneider AG., M. Schaerer AG. und E. F. G. Küster G. m. b. H., alle in Berlin, beteiligt. Eine eigenartige Fernsprecheinrichtung sorgte für schnelle und gute Verständigung des stark beschäftigten Arztes mit der Außenwelt und ermöglichte es ihm mit Hilfe eines an der Decke etwas über Kopfhöhe angebrachten Mikrophons und eines Lautsprechers, sich mit einem beliebigen Netzteilnehmer zu unterhalten, ohne seine Tätigkeit zu unterbrechen. Erwähnt sei noch die Operationslampe „Panthophos" von Carl Zeiß, Jena. Sie enthält zwei Glühfäden für 220 und 12 V; beim Ausbleiben des Netzstroms schaltet ein Relais sofort den niedervoltigen Faden ein, der von einer kleinen Akkumulatorenbatterie gespeist wird, so daß völlige Betriebsicherheit der Beleuchtung besteht.

Die etwa 5000 m² große Halle, welche das „Krankenhaus" umfaßte, war als Rahmen eines mittelgroßen Hospitals für etwa 1500 Betten gedacht; 70 verschiedene Einrichtungstypen von Krankenhausräumen wurden hier in mustergültiger Anordnung und Ausstattung vorgeführt. Daß fast in jedem Raum elektrische Geräte zu finden waren, nimmt nicht Wunder, wenn man bedenkt, welch zahlreiche Hilfsmittel der ärztlichen Kunst durch die Elektrizität geboten werden[1]. Man braucht ja nur bei der unmittelbaren Elektrotherapie an Galvanisation, Faradisation und Diathermie, bei der mittelbaren an das weite Gebiet der elektrischen Bestrahlung zu erinnern, die in neuerer Zeit eine gewaltige Ausdehnung erfahren hat.

In den Abteilungen „Wohnung und Siedlung" und „Landwirtschaft" beschränkten sich die Darbietungen auf die bekannten elektrischen haus- und landwirtschaftlichen Vorrichtungen; auch einige Elektrowärmegeräte waren vorhanden, doch ist dieser hygienisch so überaus wichtige Zweig der Elektroindustrie in Dresden etwas stiefmütterlich behandelt worden (in einer „Musterschule" befand sich eine mit Gaseinzelöfen beheizte Schulklasse).

Im „Verkehrswesen" hat die Elektroindustrie eine günstige Gelegenheit vorübergehen lassen, den Besuchern elektrische Personenfahrzeuge dienstbar zu machen und ihnen die hygienischen Vorzüge einer elektrischen Rundbahn sowie mit Akkumulatoren betriebener Promenaden- und Krankenstühle vorzuführen. Das einzige Beförderungsmittel in dem etwa 47 ha großen Ausstellungsgelände war die bekannte Liliput-Dampfbahn, der man mit Rücksicht auf die Hygiene dieses Mal eine koksbeheizte Lokomotive gegeben hatte; daß damit aber, wie es im Katalog hieß, „keine Belästigung durch Ruß und Rauch" erreicht worden sei, Hitze und Geruch sich in den heißen Sommertagen nicht recht unangenehm und unhygienisch bemerkbar machten, kann wohl nicht behauptet werden. Die große Anziehungskraft der in eine Leuchtbrunnenstraße umgewandelten Herkules-Allee verdient schließlich noch hervorgehoben zu werden.

Thierbach.

Energiewirtschaft.

Erzeugung und Verbrauch elektrischer Arbeit in Deutschland[2]. — Wie das Statistische Reichsamt bemerkt, ist der sommerliche Tiefstand der Erzeugung infolge der ungünstigen Wirtschaftslage diesmal erst im August überwunden worden. Die Produktion war arbeitstäglich um rd. 4 % größer als im Juli, gegenüber dem August 1929 (1437,0 Mill kWh) weist sie aber eine Abnahme um 164,8 Mill kWh (11,5 %) und arbeitstäglich um 4,293 Mill kWh (8 %) auf. Der Anschlußwert der in Betracht gezogenen Abnehmer ist im Juli gegen den Parallelmonat des Vorjahres um 0,119 Mill kWh (fast 3 %) gestiegen, deren Verbrauch jedoch im ganzen um 62 Mill kWh (11,4 %) und arbeitstäglich um den gleichen Prozentsatz, d. h. um 2,297 Mill kWh zurückgegangen. Je 1 kW Anschlußwert betrug diese Abnahme 14 %, nach dem amtlichen Bericht der tiefste Stand seit Oktober 1926.

Monat	Arbeitstage		Von 122 Elektrizitätswerken selbst erzeugte Mill kWh				Anschluß- und Verbrauch der von 103 Elektrizitätswerken direkt belieferten gewerblichen Abnehmer							
			insgesamt		arbeitstäglich		Anschlußwert Mill kW		Gesamtverbrauch Mill kWh		arbeitstäglicher Verbrauch insgesamt Mill kWh		kWh/kW Anschlußwert	
	1930	1929	1930	1929	1930	1929	1930	1929	1930	1929	1930	1929	1930	1929
I.	26	26	1555,7	1443,6	59,8	55,5	4,6	4,3	545,0	540,0	21,0	20,8	4,6	4,8
II.	24	24	1392,5	1282,0	58,0	53,4	4,6	4,3	512,3	499,3	21,3	20,8	4,7	4,8
III.	26	25	1430,1	1306,9	55,0	52,3	4,6	4,3	523,4	510,2	20,1	20,4	4,4	4,7
IV.	24	25	1291,7	1299,1	53,8	52,0	4,6	4,3	485,8	511,6	20,2	20,5	4,4	4,7
V.	26	25	1296,4	1302,6	49,9	52,1	4,6	4,3	498,9	510,4	19,2	20,4	4,2	4,7
VI.	24	25	1170,1	1297,4	48,8	51,9	4,6	4,4	463,8	531,3	19,3	21,3	4,2	4,9
VII.	27	27	1268,5	1370,5	47,0	50,8	4,5	4,4	480,4	542,4	17,8	20,1	4,0	4,9
VIII.	26	27	1272,2	1437,0	48,9	53,2	.	4,4	.	556,1	.	20,6	.	4,7

GEWERBLICHER RECHTSSCHUTZ.

Übereinkommen zwischen dem Deutschen Reich und Österreich über gewerblichen Rechtsschutz und Urheberrecht. — Mit Wirkung vom 28. VII. 1930 ist ein Übereinkommen zwischen dem Deutschen Reich und der Republik Österreich in Kraft gesetzt worden[1], das in erster Linie den Ausübungszwang betrifft. Soweit nach dem Gesetz eines der beiden Staaten die Ausübung einer geschützten Erfindung im Ausland den Verlust des Patents zur Folge hat, tritt dieser Rechtsnachteil nicht ein, wenn die Ausübung der Erfindung im Gebiet des anderen Staates geschieht, gleichgültig ob die Erfindung dort geschützt ist oder nicht. Es wird also praktisch der Ausübungszwang außer Wirkung gesetzt. Diese Bestimmung gilt allerdings nicht für die Entscheidungen über Anträge auf Zurücknahme eines Patents, die beim Inkrafttreten des Abkommens anhängig sind. Ebenso wird der Schutz der Muster und Modelle unabhängig davon gewährt, ob die danach hergestellten Erzeugnisse im Gebiet des einen oder anderen Staates hergestellt sind.

Durch Benutzung von Erfindungen auf dem Gebiet des anderen Staates innerhalb der Prioritätsfristen des Pariser Union-Vertrags entsteht kein Vorbenutzungsrecht gegenüber den mit Priorität geltend gemachten Schutzrechten. Diese Bestimmung soll je nach dem Stand der Gesetzgebung in beiden Staaten auch für Gebrauchsmuster und für Muster und Modelle gelten.

Weiter ist der Schutz der in einem Lande eingetragenen Warenzeichen durch Angehörige des anderen Staates unabhängig von dem Schutz im Ursprungsland. Auch ist bei der Anmeldung bzw. bei der Erneuerung solcher Warenzeichen ein Nachweis des Schutzes im Ursprungsland nicht zu erbringen. Diese letzteren Bestimmungen gelten auch für die vor dem Inkrafttreten des Übereinkommens eingetragenen, z. Z. noch geschützten Warenzeichen.

Warenzeichen, die in einem der beiden Staaten als Kennzeichen der Waren von Angehörigen eines bestimmten gewerblichen Verbandes, Ortes oder dgl. Schutz genießen, sind, wenn die Anmeldung dieser Warenzeichen vor dem 1. X. 1875 in dem anderen Staat erfolgt ist, hier von der Benutzung als Freizeichen ausgeschlossen.

Alle diese Bestimmungen gelten auch für Personen, die nicht Angehörige eines der beiden Staaten sind, aber in einem der beiden Staaten ihren Wohnsitz oder ihre tatsächliche Niederlassung haben.

Das Übereinkommen, das dann noch hier weniger interessierende Fragen regelt, stellt offensichtlich den Versuch der beiden Regierungen dar, zwischenstaatliche Probleme des gewerblichen Rechtsschutzes, die dringend einer Reform bedürftig sind, zunächst im kleineren Kreise zu lösen. Es hat sich in den letzten Jahren gezeigt, daß die Organisation der Pariser Union hierzu zu

[1] Man konnte das auch neuerdings bei einem Besuch der vom 6. bis 11. X. im Haus der Technik zu Essen von Ärzten und Ingenieuren veranstalteten „Elektro-Medizinischen Schau" feststellen, die die verschiedensten Gebiete dieses Faches umfaßte. D. S.

[2] Vgl. ETZ 1929, S. 1705; 1930, S. 1376.

[1] RGBl. II 1930, S. 1077.

Digitized by Google

schwerfällig ist. Die Bestimmung, daß das Nein auch nur eines einzigen Landes den Abschluß eines Abkommens verhindern kann, das sonst von allen anderen angeschlossenen Staaten für notwendig gehalten wird, hat die Lösung nahegelegt, solche Fragen zum Gegenstand einer eingeschränkten Union zu machen, um dann wenigstens für die dieser angeschlossenen Staaten eine vernünftige Regelung zu treffen. Zwar wird durch solche Sonderabkommen der Überblick über das Gebiet erschwert, aber sie geben die Anregung und den Kern, von dem aus dann allmählich die Union selbst, namentlich wenn erst praktische Erfahrungen vorliegen, beeinflußt werden kann. Aus diesem Grunde ist zu wünschen, daß dem Abkommen bald andere Staaten beitreten.

Zahlung rückständiger Jahresgebühren für luxemburgische Patente. — Luxemburg hat durch einen großherzoglichen Beschluß vom 26. V. 1930 eine Frist bis zum 31. XII. 1931 einschl. gewährt, um die rückständigen Jahresgebühren für diejenigen Erfindungspatente einzuzahlen, deren Einzahlung in der Zeit vom 1. X. 1924 bis zum 31. XII. 1930 einschl. hätte erfolgen müssen. Diese Nachzahlung erfolgt ohne Zuschlag, auch wenn von anderen Ländern nicht eine Gegenseitigkeit dieser Maßnahme gewährt wird, jedoch unbeschadet der inzwischen entstandenen Rechte Dritter.

Beitritt der Türkei zu den Haager Abkommen. — Die Türkei ist der Pariser Verbandsübereinkunft zum Schutz des gewerblichen Eigentums, dem Madrider Abkommen über die Unterdrückung falscher Herkunftsbezeichnungen auf Waren und dem Madrider Abkommen, betreffend die internationale Registrierung von Fabrik- oder Handelsmarken, sämtlich in der Haager Fassung, mit Wirkung vom 21. VIII. 1930 beigetreten.

Gegenseitigkeitserklärung bezüglich Warenzeichen in Litauen. — Durch Bekanntmachung des Reichsministers der Justiz vom 8. VII. 1929 wird festgestellt, daß in Litauen deutsche Warenbezeichnungen mit dem gleichen Umfang wie inländische Warenbezeichnungen zum gesetzlichen Schutz zugelassen sind, was umgekehrt zur Folge hat, daß litauische Warenbezeichnungen in Deutschland angemeldet werden können und gleichen Schutz wie deutsche Warenzeichen genießen.

Deutsch-Persisches Abkommen über den gegenseitigen Schutz von Patenten, Warenzeichen, Mustern und Werken der Literatur und Kunst. — Mit Wirkung vom 15. VII. 1930 ist ein Abkommen zwischen dem Deutschen Reich und Persien in Kraft gesetzt worden, durch welches die Angehörigen der beiden vertragschließenden Teile auf dem Gebiet des andern Teils bezüglich der Patente, Fabrik- oder Handelsmarken, Handelsnamen, Muster und des künstlerischen und literarischen Eigentums die gleichen Rechte wie die Inländer genießen. Das Abkommen hat auch seine Wirkung für diejenigen der oben erwähnten Rechte, für die die vorgeschriebenen Förmlichkeiten bereits vor dem Inkrafttreten des Abkommens erfüllt worden sind.

Erhöhung der Gebühren des nordamerikanischen Patentamts. — Durch eine Kongreßakte der V. S. Amerika sind die Anmeldegebühren für Patente auf 25 $ und die für Warenzeichen auf 15 $ mit Wirkung vom 1. VI. 1930 erhöht worden, ebenso die anderen Verfahrensgebühren. Der Kongreß hat ferner die Mittel für eine Vergrößerung der Zahl der Vorprüfer bewilligt, um das seit einer Reihe von Jahren sehr langsam arbeitende Patentamt zu entlasten, u. zw. sollen die schwebenden Anmeldungen tunlichst innerhalb eines Jahres aufgearbeitet werden.

Patentanwalt Dipl.-Ing. H. Herzfeld, Berlin.

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Einladung

zur Fachsitzung für elektrisches Nachrichtenwesen (EVN) am Dienstag, dem 4. November 1930, 7½ Uhr abends, in der Aula der Technischen Hochschule zu Charlottenburg.

Tagesordnung:

Auf vielseitigen Wunsch hält Herr Hans Vogt (Physikalisches Laboratorium) den am 14. X. 1930 veranstalteten Vortrag über das Thema: „Der tönende Kondensator“ nochmals.

Inhaltsangabe:

Die Arten elektrischer Schallerzeugung. Das elektrostatisch erregte System. Die für seine Wirkungsweise wesentlichen Faktoren. Geschichtlicher Überblick. „Das Statophon“, der erste Tonfilmlautsprecher. Die Ursachen seines Versagens. Das doppelseitig erregte System: „Oszilloplan“. Sein Aufbau, Antrieb. Akustisch-elektrische Eigenschaften. Vergleich mit anderen Lautsprechern. Schaltungsarten. Verwendung in Radio- und Schallplattengeräten. Zonen-Oszilloplan. Schallerzeugung durch elektrostatische Strahler unterschiedlicher Frequenzbereiche.

Mit Rücksicht auf den zu erwartenden starken Besuch werden die Mitglieder gebeten, ihre Mitgliedskarten beim Eintritt vorzuzeigen. Gastkarten für einzuführende Gäste sind bei der Geschäftstelle (Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II) in Empfang zu nehmen.

Fachausschuß für elektrisches Nachrichtenwesen.

Der Vorsitzende:
Arendt.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker

(Eingetragener Verein).

Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 7 Pallas 7286.
Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 213 12.

VDE-Mitgliedsbeitrag für 1931.

Nach dem Beschlusse der Jahresversammlung vom 15. VI. 1930 bleibt der Jahresbeitrag für 1931 unverändert. Er beträgt:

A.	Für persönliche Mitglieder, die durch einen angeschlossenen Verein angemeldet sind	30 RM
	Jungmitglieder	15 „
B.	Für persönliche, dem Verbande unmittelbar angehörende Mitglieder	30 „
	Jungmitglieder	15 „
C.	Für körperschaftliche Mitglieder:	
1.	Behörden, Schulen, wissenschaftliche Vereine usw.	36 „
2.	Sonstige körperschaftliche Mitglieder, städt. und staatl. Betriebe, auch Eltwerke, Privatfirmen, offene Handelsgesellschaften, Gesellschaften mit beschränkter Haftung, Aktiengesellschaften usw., die beschäftigen:	
	a) bis 50 Angestellte und Arbeiter	50 „
	b) von 51 bis 100 Angestellte und Arbeiter	75 „
	c) von 101 bis 250 Angestellte und Arbeiter	120 „
	d) von 251 bis 500 Angestellte und Arbeiter	150 „
	e) von 501 bis 1000 Angestellte und Arbeiter	300 „
	f) über 1000 Angestellte und Arbeiter auf Anfrage.	

Verbandsmitglieder, die **keinem Ortsverein** angehören, zahlen ihre Beiträge über unser **Postscheckkonto Berlin 213 12**, während alle **übrigen** Mitglieder die Beiträge an den **Verein abführen, dem sie als Mitglied angehören,** und zwar an dessen auf S. 1445 angegebenes **Postscheckkonto** oder Bankkonto.

Wir bitten wiederholt um **Beachtung** dieses Punktes, der auch in diesem Jahre leider nicht genügend beachtet worden ist, sodaß die Zustellung der ETZ infolgedessen verzögert wurde.

Digitized by Google

Ganz besonders weisen wir die Mitglieder des Elektrotechnischen Vereins, Berlin, darauf hin.

Die Beiträge, auch die **Rückstände aus 1930**, sind **bis spätestens 15. November 1930** zu entrichten, da sonst eine ordnungsmäßige Zustellung der ETZ nicht gewährleistet werden kann.

Es wird gebeten, die Beiträge möglichst **im ganzen** zu zahlen, um den Schatzmeistern der Vereine und der Geschäftstelle des VDE die Verrechnung zu erleichtern.

Durch undeutliche Anschriften und Namensangaben entstehen Verzögerungen in der Lieferung der ETZ und sonstige Unzuträglichkeiten, deshalb: **Deutliche Schrift!**

Im Ausland wohnende Mitglieder können durch Postanweisung bezahlen.

Verband Deutscher Elektrotechniker e. V.

Der Vorsitzende: Dr. M. Krone. Der Generalsekretär: P. Schirp.

Bekanntmachungen.

Kommission für Hochfrequenztechnik.

Die Unterkommission „Antennenbau" hat in ETZ 1930, S. 1053 einen Entwurf zu Änderungen an den ab 1. Oktober 1925 geltenden

„Vorschriften für Außenantennen"

veröffentlicht.

Die während der Einspruchsfrist eingegangenen Äußerungen sind in der genannten Unterkommission durchberaten.

Der Vorstand hat den Änderungen mit der Maßgabe zugestimmt, daß diese Änderungen mit dem Tage ihrer Veröffentlichung in der ETZ in Kraft treten.

Der Wortlaut der Änderungen wird nachstehend bekanntgegeben.

Kommission für Errichtungsvorschriften I.

Das bei dem Bergwerkskomitee bestehende Unterkomitee „Schachtsignalanlagen" hat die in § 40 der

„Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebspannungen unter 1000 V, V. E. S. 1./1930"

enthaltenen Bestimmungen für Schachtsignalanlagen einer Überarbeitung unterzogen, da die bisherigen Bestimmungen nach den neuesten Anschauungen nicht mehr in vollem Ausmaße diesen für den gesicherten Bergwerksbetrieb so überaus wichtigen Anlagen entsprechen. Hinzu kam, daß die Kommission für Fernmeldetechnik z. Z. mit einer Neufassung der seit dem 1. Januar 1924 in Kraft stehenden Bestimmungen für die Errichtung elektrischer Fernmeldeanlagen beschäftigt ist und zur Vervollständigung des gesamten Gebietes der Fernmeldeanlagen auch diese Bestimmungen über Schachtsignalanlagen übernehmen will.

Mit Rücksicht auf die besondere Bedeutung der Schachtsignalanlagen für die Sicherheit des Bergwerksbetriebes glaubte die Kommission, eine Hinausschiebung der Änderungen in § 40 nicht vertreten zu können. Weitere Änderungen der V. E. S. 1. sind jedoch bis auf weiteres nicht geplant.

Einsprüche gegen den nachstehenden Wortlaut der Änderungen von § 40 der V. E. S. 1./1930 sind in doppelter Ausfertigung bis zum 31. Dezember 1930 an die Geschäftstelle des VDE zu richten.

Verband Deutscher Elektrotechniker
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

Kommission für Hochfrequenztechnik.

Änderungen der „Vorschriften für Außenantennen".

Inhaltsübersicht.

IV. Bauvorschriften.

§ 9. Kreuzungen von Starkstromleitungen mit Betriebspannungen von 1 kV und darüber.
§ 10. Kreuzungen von Starkstromleitungen mit Betriebspannungen unter 1 kV.

I. Gültigkeit.

§ 1.

Geltungsbereich.

Die Vorschrift b) erhält folgenden geänderten Wortlaut:

„b) Auf Balkonantennen, die über den Balkon nicht hinausragen und sich über nicht mehr als ein Stockwerk erstrecken, sowie auf Außenantennen, die nicht mehr als 5 m über dem Erdboden liegen und nicht länger als 25 m sind, finden nur §§ 9 bis 14 Anwendung."

III. Bauerlaubnis.

§ 3.

Die Vorschrift a) erhält folgenden geänderten Wortlaut:

„a) Öffentliche Plätze und Verkehrswege sowie Bahnkörper und der Luftraum über ihnen dürfen nur mit Genehmigung der zuständigen Stellen benutzt werden. Bei Überkreuzung elektrischer Bahnen ist das Einverständnis des Bahnunternehmers, bei Überkreuzung von Starkstromleitungen das Einverständnis des zuständigen Elektrizitätswerkes erforderlich."

IV. Bauvorschriften.

§ 4.

Normale Baustoffe und Querschnitte.

Die Vorschrift b) erhält folgenden geänderten Wortlaut:

b) Als Antennenleiter kommen vorzugsweise die aus DIN VDE 8300, Bl. 1 und 2 entnommenen Werte der nachstehenden Tafeln I und II in Frage:

Tafel I. Eindrähtige Leitungen.

Bezeichnung	Durchmesser mm		Querschnitt mm² Rechnungswert
	Nennwert	Zulässige Abweichungen	
Hartkupferdraht	2,0	± 0,05	3,14
„	2,5	± 0,05	4,91
„	3,0	± 0,05	7,07
Bronzedraht II	2,0	± 0,05	3,14
„	2,5	± 0,05	4,91
„	3,0	± 0,05	7,07
Bronzedraht III	2,0	± 0,05	3,14
„	2,5	± 0,05	4,91
„	3,0	± 0,05	7,07
Aluminium	3,0	± 0,05	7,07
„	4,0	± 0,05	12,57

Tafel II. Mehrdrähtige Leitungen (aus Einzeldrähten gefertigt).

Bezeichnung	Durchmesser des Einzeldrahtes mm		Querschnitt mm² Rechnungswert	Drahtzahl und Aufbau
	Nennwert	Zulässige Abweichungen		
Bronzedraht II	0,25	± 0,02	2.45	7×7×0,25
oder	0,4	± 0,03	6.37	7×7×0,4
Bronzedraht III	0,7	± 0.04	2,66	7×7
Aluminium	0,4	± 0,03	6,2	7 × 7
„	0,7	± 0,04	18.62	7 × 7

§ 7.

Abspannpunkte.

Die Vorschrift c) wird durch folgenden neuen Absatz erweitert:

„Dient als Abspannpunkt eine freistehende Stange, so ist sie, wenn sie höher als 5 m ist oder ihre Umgebung weit überragt, mit einem Blitzschutzdraht von 25 mm² Kupfer zu versehen."

Die Vorschrift d) erhält folgenden geänderten Wortlaut:

„d) Stählerne Dachständer, die als Antennenstützpunkte dienen, müssen geerdet, hölzerne Dachständer über 3 m Höhe mit Blitzschutzdraht versehen werden. Für die Erdung der Gestänge bzw. der Blitzschutzdrähte genügt eine Verbindung mit geerdeten Metallteilen der Gebäude. Vorhandene Blitzschutzanlagen sind mit stählernen Dachständern zu verbinden. Die Verbindung ist nach den Bestimmungen des Ausschusses für den Blitzableiterbau auszuführen (Mindestquerschnitt bei Stahl 50 mm², bei Kupfer 25 mm²)."

Digitized by Google

§ 9.

Dieser Paragraph erhält folgenden geänderten Wortlaut:

„§ 9.

Kreuzungen von Starkstromleitungen mit Betriebspannungen von 1 kV und darüber.

a) Sofern die Betriebspannung 1 kV und darüber beträgt, sind Kreuzungen von Starkstromleitungen und von Fahrleitungen elektrischer Bahnen verboten."

„§ 10.

Dieser Paragraph erhält folgenden geänderten Wortlaut:

„§ 10.

Kreuzungen von Starkstromleitungen mit Betriebspannungen unter 1 kV.

a) Kreuzungen von Starkstromleitungen mit Betriebspannungen unter 1 kV sowie von Fahrleitungen elektrischer Bahnen sind auf Ausnahmefälle zu beschränken. In diesen Fällen sind Antennenleiter und Antennenableitung als Gummiaderleitung mit wetterfest getränkter Beflechtung NGAW nach den „Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen V. I. L." auszuführen.

b) Das Gleiche gilt bei Annäherungen, sofern nicht eine metallene Berührung beim Reißen der Antenne praktisch ausgeschlossen ist.

c) Sofern die Spannung mehr als 250 V gegen Erde beträgt, sind bei Kreuzungen von Starkstromleitungen oder von Fahrleitungen elektrischer Bahnen noch folgende Sicherheitsmaßnahmen anzuwenden:

α) Nur Einleiterantennen aus mehrdrähtigen Kupfer- oder Bronzeleitern mit einem Durchmesser des Einzeldrahtes nicht unter 0,4 mm sind zulässig. Die auftretende Höchstzugspannung soll im Antennenleiter im ungünstigsten Belastungsfalle bei Hartkupfer 10 kg/mm² nicht überschreiten. Der Antennenleiter ist an den beiden Befestigungspunkten doppelt, zweckmäßig an in waagerechter Richtung angeordneten Querträgern, abzuspannen. Zu Abspannungen ist der gleiche Baustoff und mindestens der gleiche Querschnitt wie für den Antennenleiter zu verwenden.

β) Die Isolatoren sind in den Antennenleiter so einzubauen, daß sie nur auf Druck beansprucht werden, damit der Antennenleiter bei Isolatorbruch nicht herabfallen kann. Die Verbindung der Isolatoren mit dem Antennenleiter ist besonders sorgfältig auszuführen.

γ) Die Gestänge müssen bei Höchstbeanspruchungen eine 4fache Sicherheit gegen Zug, Druck, Biegung und Knickung haben, Ankerdrähte, Seile und Streben dagegen eine 5fache Sicherheit aufweisen. Die größte Entfernung zwischen den Gestängen soll nicht mehr als etwa 60 m betragen.

δ) Außer den in §§ 12 und 13 verlangten Schutzmaßnahmen ist ein Schutzkondensator für eine Betriebspannung von 1 kV zwischen Erdungschalter und Empfänger möglichst kurz hinter der Einführung anzuordnen.

d) Bei Annäherung an solche Leitungen muß die Antennenanlage einschließlich der Abspanndrähte in einem solchen Abstande verlegt werden, daß auch bei Drahtbruch eine Berührung unter allen Umständen ausgeschlossen ist. Der waagerechte Abstand darf keinesfalls weniger als 10 m betragen."

§ 11.

Kreuzungen von Fernmeldeleitungen.

Die Vorschrift c) erhält folgenden geänderten Wortlaut:

„c) Wenn bei Bruch der Antennenleiter oder der Antennenableitung eine Berührung mit der Fernmeldeleitung möglich ist, sind die Antennenleiter und die Antennenableitung als Gummiaderleitung mit wetterfest getränkter Beflechtung NGAW nach den „Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen V. I. L." auszuführen, sofern die Fernmeldeleitung blank verlegt ist."

§ 14.

Dieser Paragraph erhält folgenden geänderten Wortlaut:

„§ 14.

Erdungsleitungen.

a) Der Querschnitt der Zuleitung zur Schutzerdung muß mindestens den doppelten des für einen Antennenleiter vorgeschriebenen Querschnittes erhalten.

Nach den Leitsätzen über den Schutz der Gebäude gegen den Blitz usw. gelten auch Wasserleitung, Gasleitung oder Heizungsrohre, wenn sie mit der Wasserleitung metallisch verbunden sind, als ausreichende Schutzerdung.

b) Die Apparaterdung darf als Schutzerdung nur mitverwendet werden, wenn sie den vorstehenden Bestimmungen entspricht.

c) Erdungsleitungen, die in das Erdreich eingeführt werden, müssen bis 1.5 m über Erde einen Mindestquerschnitt von 50 mm² Stahl oder von 25 mm² Kupfer erhalten. Bei der Auswahl des Werkstoffes sind chemische Einflüsse zu berücksichtigen."

V. Bauausführung durch Fachleute.

§ 15.

Dieser Paragraph erhält folgenden geänderten Wortlaut:

„a) Antennenanlagen nach § 10 dürfen nur im Einvernehmen mit den Bauunternehmen oder den Elektrizitätswerken errichtet werden. Errichtung, Instandsetzungen und Abbau dürfen nur durch anerkannte Fachleute erfolgen."

Kommission für Errichtungsvorschriften I.

Entwurf.

Änderung bzw. Erweiterung der „Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebspannungen unter 1000 V, V. E. S. 1./1930".

§ 40.

Elektrische Schachtsignalanlagen.

c) Die Schachtsignalanlage jeder Förderung muß durch eine gesonderte Stromquelle gespeist werden, an die keine anderen Stromverbraucher angeschlossen sein dürfen.

Fördermaschinen-Sperreinrichtungen, die durch Schachttore oder durch die Schachtsignalanlage beeinflußt werden, sind als zur Signalanlage gehörend zu betrachten.

Für Fernsprechanlagen dürfen die Bleikabel der zur gleichen Förderung gehörenden Schachtsignalanlage nur benutzt werden, falls durch Stromart, Spannung oder auf andere Weise jede Beeinflussung der Schachtsignalanlage unmöglich gemacht ist.

d) Die Stromquellen der Schachtsignalanlagen dürfen keine elektrisch leitende Verbindung mit einem Starkstromnetz haben.

e) Eine Vorrichtung, die das Ausbleiben der Signalspannung dem Fördermaschinisten selbsttätig anzeigt, ist anzubringen.

Die Signalanlagen müssen so gebaut sein, daß sie auch bei Sinken der Spannung um höchstens 10 % des Nennwertes noch zuverlässig arbeiten.

f) Signalleitungen mehrerer Förderungen dürfen nicht in einem gemeinsamen Bleikabel verlegt werden.

Alle Leitungen müssen gegen mechanische Beschädigung sicher geschützt verlegt werden [siehe § 21 a) und Regel 1].

g) Die Bestimmungen unter c) bis f) gelten nicht für Stapelschächte.

Verband Deutscher Elektrotechniker
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker

Berlin W 57, Kurfürstenstraße 15/16.

Die VDE-Prüfstelle hat einen Nachtrag nach dem Stande vom 1. X. 1930 zu der „Zusammenstellung der erteilten Genehmigungen zur Benutzung des VDE-Zeichens sowie der zugewiesenen Firmenkennfäden für isolierte Leitungen nach dem Stande vom 1. I. 1930" herausgegeben.

Dieser Nachtrag wird gegen Einsendung des Portos kostenlos abgegeben.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.
Zimmermann.

Digitized by Google

SITZUNGSKALENDER.

Elektrotechn. Gesellschaft Hannover. 4. XI. 1930, abds. 8 h, Hörsaal 42 der T. H.: Lichtbildervortrag Obering. Kion, „Vorschriftsmäßiges und unvorschriftsmäßiges Installationsmaterial".

Elektrotechn. Verein am Niederrhein, M.-Gladbach. 6. XI. 1930, abds. 8¼ h, Krefeld, Hotel Europäischer Hof, Kanalstraße: Lichtbildervortrag Obering. Franken, „Fortschritte im Bau von Niederspannungs-Verteilungsanlagen".

Oberrhein. Elektrotechn. Verein, Karlsruhe. 3. XI. 1930, abds. 8 h, Maschinenbauhörsaal der T. H.: Vortrag Dr. Lang, „Kisse-Masten".

Ostdeutscher Elektrotechn. Verein, Königsberg. 3. XI. 1930, abds. 8 h, Hörsaal 1 des Physikal. Instituts, Steindamm 6: Vortrag Dipl.-Ing. Glupe, „Bildtelegraphie und Fernsehen".

Württ. Elektrotechn. Verein, Stuttgart. 8. XI. 1930, abds. 6 h, Rundfunkvortrag Baurat E. Häberle, „Neue Methoden der Energieaufspeicherung in Elektrizitätswerken".

Röntgenvereinigung zu Berlin und Ärztl. Verein für Strahlenkunde, Berlin. 30. X. 1930, abds. 8 h, Hörsaal des Universitäts-Instituts für Strahlenforschung, Luisenstr. 7: a) Vortrag Dr. Ewest, „Gasentladungsröhren und ihre Anwendung"; b) Vortrag Dr. Schneider, „Die biologische und physikalische Dosierung in ihrer prakt. Bedeutung für die Röntgentherapie"; c) Vortrag Dr. M. Cohn, „Ein Fall von Dysostosis cleido-cranialis"; d) Vortrag Dr. J. Silveira (Bahia), „Aortenuntersuchungen im umgekehrten ersten und zweiten schrägen Durchmesser".

Physikalische Gesellschaft zu Berlin. 31. X. 1930, nachm. 5½ h, gr. Hörsaal des Physikal. Inst. der Universität, Reichstagsufer 7-8: a) Vortrag M. Czerny, „Zur Prüfung der Dissoziationstheorie durch Ultrarotmessungen am Steinsalz"; b) Vortrag H. Kallmann, Über den Elementarprozeß beim Durchgang langsamer Ionen durch Gase".

Deutsche Gesellschaft für Metallkunde, Berlin. 8. bis 10. XI. 1930: 13. Hauptversammlung im Ingenieurhaus mit 4 Hauptvorträgen und 18 Referaten. Anmeldung und Weiteres bei der Geschäftstelle: Berlin NW 7, Friedrich-Ebert-Str. 27. Ingenieurhaus.

PERSÖNLICHES.

W. Christiani †.

Am 2. X. 1930 ist Herr Wirkl. Geh. Oberpostrat Wilhelm Christiani, Ehrenmitglied des Elektrotechnischen Vereins, in Potsdam im 79. Lebensjahr gestorben. Er ist am 1. IX. 1871 in Trier in den Dienst der damaligen Telegraphenverwaltung eingetreten und nach Bestehen der höheren Telegraphenverwaltungsprüfung im Jahre 1879 rasch in die Stellen des höheren Telegraphendienstes aufgestiegen. Vom 1. IV. 1898 ab im damaligen Reichspostamt beschäftigt, wurde er am 1. X. 1900 zum Geheimen Postrat und Vortragenden Rat, am 13. VIII. 1904 zum Geheimen Oberpostrat ernannt. Vom 1. I. 1909 ab führte Herr Christiani die Geschäfte eines Abteilungsdirigenten bei der II. Abteilung (Fernsprechwesen, Telegraphenbau). Bei seinem Übertritt in den dauernden Ruhestand am 1. IX. 1912 wurde ihm der Charakter als Wirklicher Geheimer Oberpostrat verliehen.

W. Christiani †.

Herr Christiani hat der Deutschen Reichspost während seiner langjährigen Tätigkeit sehr wertvolle Dienste geleistet. Er leitete im damaligen Reichspostamt den Telegraphen- und Fernsprechbau. Seine Tätigkeit fiel in die Zeit, als das Leitungsnetz zur Einführung des Doppelleitungsbetriebs vollständig umgestaltet und namentlich durch Anwendung der Papierkabel für den Zugang der vielen Leitungen aufnahmefähig gemacht werden mußte. Die dazu nötigen neuen Bauformen entwickelt und Richtlinien für den Induktionsschutz aufgestellt zu haben, ist Christianis persönliches Verdienst. Besonderes Interesse wandte er auch der Zubereitung der Telegraphenstangen durch fäulnishindernde Stoffe zu; seine Arbeiten auf diesem Gebiete waren für lange Jahre richtunggebend. Seine Erfahrungen im Telegraphen- und Fernsprechbau waren auch im Ausland sehr geschätzt. U. a. zog die englische Telegraphenverwaltung ihn bei der Übernahme des Fernsprechwesens auf den Staat als Gutachter hinzu.

Der Heimgegangene hat dem Elektrotechnischen Verein seit der Gründung (Dezember 1879), also nahezu 51 Jahre angehört. Stets hat er dem Vereine, seinen Zielen und Bestrebungen das regste Interesse zugewendet; jahrelang hat er dem (Haupt-) Ausschuß, darunter in den Jahren 1908 bis 1909 als Vorsteher angehört, von 1912 ab war er Ehrenmitglied dieses Ausschusses. Im Jahre 1910 hat er das Amt als stellvertretender Vorsitzender, in den Jahren 1911 und 1912 als Vorsitzender des Elektrotechnischen Vereins bekleidet. Auch die Interessen des Verbandes Deutscher Elektrotechniker hat er eifrig gefördert; zum Zeichen der Hochschätzung wurde er für die Jahre 1912/1914 zum Vorsitzenden dieses Verbandes gewählt.

Neben seiner umfassenden beruflichen Tätigkeit hat Christiani sich auch schriftstellerisch beschäftigt. Im „Archiv für Post und Telegraphie" hat er 1905 eine längere Arbeit über „Die Gebrauchsdauer und den Gebrauchswert hölzerner Telegraphenstangen" veröffentlicht, worüber in der ETZ 1905, S. 928, ein Referat erschienen ist. In der ETZ 1921, S. 309, hat er unter dem Thema „Röhrenförmige Isolatoren" neuartige Isolatoren für Fernmeldeleitungen behandelt.

Dem Elektrotechnischen Verein hat es zur besonderen Freude gereicht, daß der Heimgegangene beim Goldenen Jubiläum des Vereins, das zugleich das Goldene Jubiläum seiner Mitgliedschaft bildete, einstimmig zum Ehrenmitgliede gewählt worden ist. Wegen seiner umfassenden Kenntnisse in der Elektrotechnik und wegen seiner besonderen Leistungen war er allgemein hochgeschätzt und geehrt; war er doch einer der ältesten Pioniere der Elektrotechnik noch aus den Zeiten des Staatssekretärs Dr. v. Stephan und ein hervorragender Vertreter der obersten Reichsbehörde.

Schmerzlich wird der Elektrotechnische Verein den Namen seines Ehrenmitgliedes in seinen Reihen künftig vermissen. Stets aber wird sein Andenken hoch in Ehren gehalten werden.

E. G. Fischinger. — Am 5. XI. wird der Beratende Ingenieur Emil Gottfried Fischinger, Dresden, seinen 70. Geburtstag feiern. Ursprünglich gelernter Feinmechaniker, vervollständigte er seine Kenntnisse durch Selbststudium und trat 1883 als Konstrukteur und Fabrikleiter bei Pöge ein; 1897 wurde er Betriebsingenieur der Firma O. L. Kummer & Co., Dresden. Von seinen zahlreichen Leistungen aus dieser Frühzeit der Elektrotechnik seien der Bau der Straßenbahn Dresden-Laubegast und die Errichtung des Überlandwerkes Niederlößnitz erwähnt. 1899 trennte sich Fischinger von der Firma Kummer und ließ sich in Dresden als Beratender Ingenieur nieder, obwohl ihm mehrere Generaldirektorstellungen sowie drei technische Professuren angeboten worden waren. Neben der ständigen Beratung großer Werke übte er eine ausgedehnte gutachtliche Tätigkeit wissenschaftlicher und wirtschaftlicher Art aus. Als sein größtes Verdienst aus dieser Zeit ist der Bau der ersten 100 kV-Leitung (Lauchhammer-Riesa) anzusehen[1]. 12 Jahre lang gehörte Fischinger der Sicherheitskommission des VDE als deren Mitbegründer an. 1918 wurden seine Verdienste durch Verleihung der Würde eines Dr.-Ing. E. h. durch die T. H. Karlsruhe öffentlich anerkannt.

Hochschulnachrichten. — Die bisher gemeinsam geführte Physik- und Elektrotechnik-Dozentur an der Bergakademie Freiberg ist ab 1. X. in zwei Ordinariate geteilt worden: Die Elektrotechnik wird wie bisher von Prof. Dr. Brion vertreten[2], während für die neue Physik-Dozentur der a. o. Professor für Radiumkunde an der Bergakademie, Prof. Dr. Aeckerlein, berufen wurde.

[1] ETZ 1911, S. 815, 853 u. 876; 1927, S. 713 u. 759.

[2] Die auf S. 989 der ETZ gebrachte Mitteilung, daß Prof. Dr. Brion in den Ruhestand getreten sei, ist entsprechend zu berichtigen.

Digitized by Google

LITERATUR.

Besprechungen.

Lichtelektrische Erscheinungen. Von Prof. B. Gudden. (Struktur d. Materie in Einzeldarstell. Bd. 8.) Mit 127 Abb., IX u. 325 S. in 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1928. Preis geh. 24 RM, geb. 25,20 RM.

Nicht nur in der messenden Physik und in der Fernmeldetechnik (Bildtelegraphie, Klangfilm, Fernsehen usw.) wird von dem lichtelektrischen Effekt weitgehend Gebrauch gemacht, auch bei den Versuchen über die Verknüpfung der Strahlung mit der Materie, in der Wellenmechanik, dient die Beobachtung der Abspaltung von Elektronen bei der Absorption von Licht als wertvolles experimentelles Mittel. Um sich schnell und eingehend über die Beobachtungstatsachen, ihre vermutliche Zuverlässigkeit und ihre Lücken ein Bild zu machen, ist das vorliegende Buch geschaffen. Eine Zusammenstellung von 633 Arbeiten vom Jahre 1914 bis 1928 wird auch sehr willkommen sein. Verfasser behandelt zunächst die äußere lichtelektrische Wirkung und ihre Abhängigkeiten. Ein besonderer Abschnitt ist dabei den Anwendungen dieser Wirkung in lichtelektrischen Zellen gewidmet. Da bei dem äußeren Photoeffekt die Grenzschicht eine schwer faßbare Rolle spielt, haben Gudden und Pohl eingehende Untersuchungen über den Mechanismus der lichtelektrischen Wirkung durch Messung der Leitung in isolierenden Kristallen bei Lichtabsorption angestellt. Diese innere lichtelektrische Wirkung und ihre Beeinflussung ist zusammengestellt. Sie gibt Möglichkeiten, die Erscheinungen am Selen teilweise zu erklären. Die Beziehungen zur Fluoreszenz und Phosphoreszenz, Photochemie, zum Compton- und Becquerel-Effekt u. a. sind in weiteren Abschnitten kurz angegeben, so daß das Buch einen ausgezeichneten Überblick über die ganzen lichtelektrischen Erscheinungen vermittelt. Lübcke.

Kurzer Leitfaden der Elektrotechnik in allgemeinverständl. Darstell. f. Unterricht u. Praxis. Von R. Krause. 5., erw. Aufl., neubearb. v. Ing. W. Vieweger. Mit 413 Abb., VIII u. 275 S. in Gr.-8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1929. Preis geh. 10 RM, geb. 11,50 RM.

Die Schrift bringt einen beschreibenden Überblick über die Vorgänge in den elektrischen Maschinen und den Apparaten der Starkstromtechnik. Die neue Auflage, die von W. Vieweger bearbeitet ist, zieht zur Erklärung der grundlegenden Gesetze in bescheidenem Umfang auch die rechnerische Behandlung heran. Die Darstellung ist stofflich im allgemeinen einwandfrei und klar. Bisweilen freilich führt die Fülle der behandelten Einzelheiten dazu, daß die Erläuterungen zu knapp ausfallen und für den wenig geschulten Leser unverständlich bleiben. Weniger wäre hier mehr! Die Figuren sind mit großer Sorgfalt ausgeführt und vorzüglich wiedergegeben. Manche Abbildungen zeigen zuviel unwesentliche Nebenteile, die mit dem Zweck der Darstellung nichts zu tun haben und nur das Verständnis erschweren. Unerfreulich ist es, daß der Verfasser dem sprachlichen Ausdruck wenig Sorgfalt gewidmet hat. Eine gründliche Überarbeitung in dieser Hinsicht erscheint für eine Neuauflage geboten.

Das Buch gehört zu den besseren Werken seiner Art und verdient die Beachtung solcher Leser, die eine allgemeine Einsicht in das Gebiet der Starkstromtechnik zu erlangen wünschen. G. Haberland.

Der „Shielded Six", Die Schirmung der Empfänger (Radiotechn. Slg. des D. L. I. Bd. 1). Mit 10 Textabb. u. 12 S. in Kl.-8°. Preis: kostenlos.

Die letzten Neuheiten der Radiotechnik, Wege und Ziele im Rundfunkempfängerbau, Aus der großen Deutschen Funkausstellung 1927, Neue Schaltungen, Radio-Literatur (Radiotechn. Slg. Bd. 2). Mit 99 Textabb., 96 u. VIII S. in 8°. Preis geh. 0,50 RM.

Radiotechnische Neuheiten, Beiträge von O. Kappelmayer, Dietz, P. Lertes u. a. (Radiotechn. Slg. Bd. 3). Mit 105 Textabb., einem Baupl. in natürl. Größe, 88 u. VIII S. in 8°. Preis geh. 1 RM.

Der „Be"-Kurzwellen-Empfänger (für Kurzwellen- und Rundfunkempfang). Von W. Ziebarth (Radiotechn. Slg. Bd. 4). Ausführl. Bauanw. m. einem Bauplan in natürl. Größe. 4 Abb., VIII u. 16 S. in 8°. Preis geh. 1,50 RM.

Der Deli-Sinus-Drei. Drei-Röhren-Lichtnetz-Lautsprecher-Empfänger für Wechselstrom. Von E. Schwandt (Radiotechn. Slg. Bd. 5). Ausführl. Bauanw. m. einem Bauplan in natürl. Größe. 8 Abb., VIII u. 15 S. in 8°. Preis geh. 1,50 RM.

Vier-Röhren Schirmgitter-Jowidyne. Von Ing. J. Winckelmann (Radiotechn. Slg. Bd. 6). Ausführl. Bauanw. m. einem Bauplan in natürl. Größe, 10 Abb., VIII u. 16 S. in 8°. Preis geh. 1,50 RM.

Verlag Deutsch-Literarisches Institut, Berlin 1929.

Der Inhalt von Bd. 1 ist recht bescheiden, das Heft bringt keine theoretische Behandlung und keine Baubeschreibung. Die Schaltbilder sind nicht einheitlich gezeichnet, es kommen fremde Maße vor wie Zoll und A. W. G. Den Hauptinhalt bildet Reklame.

In Bd. 2 werden zunächst in wenig einheitlicher Darstellung eine Reihe Schaltbilder besprochen und die für den Selbstbau nötigen Teile angegeben, wobei man den Eindruck hat, daß die Schaltungen Firmenkatalogen entnommen sind. Das zweite Drittel des Textes füllt eine Besprechung von Neuheiten der Großen Berliner Funkausstellung 1927, der größere Rest ist Reklame.

Nach dem Durchlesen der ersten beiden Bändchen erscheint das dritte als Erlösung. Leicht verständlich bespricht Kappelmayer das Fernsehen und gibt eine Bauanweisung für einen Bildrundfunkempfänger. Dr. Dietz zeigt, wie man an Hand eines guten Bauplanes einen Kraftverstärker baut. Nach einem kurzen Bericht über Zentralrundfunkanlagen, der das Problem der häuserblockweisen Versorgung mit Rundfunk behandelt, kommt die unvermeidliche Reklame in Form der Schilderung von funktechnischen Neuheiten der letzten großen Ausstellung.

Bd. 4. Der Bauplan weist eine gute, brauchbare Anordnung der Einzelteile auf, die Beschreibung ist klar und dem Verständnis des Bastlers angemessen.

Hinter dem orakelhaften Titel von Bd. 5 verbirgt sich die Bauanweisung für einen „Drei-Röhren-Lichtnetz-Lautsprecher-Empfänger für Wechselstrom". Der bekannte Bastelmeister wird seiner Aufgabe in vollem Maße gerecht. Bemerkenswert ist, daß die beiden ersten Röhren mit gleichgerichtetem Wechselstrom geheizt werden, wodurch die Verwendung billiger Röhren möglich ist. Es fehlt jeglicher Hinweis auf die Verbandsvorschriften.

Bd. 6. Es ist Mode, daß jedes bessere Gerät einen Namen trägt, der auf dyne endigt. Davor setzt der Verfasser in aller Bescheidenheit seine Initialen. Im übrigen ist es eine recht gute Schaltung mit übersichtlichem Bauplan.

Der Verlag möge im Sinne der letzten Hefte die Sammlung fortsetzen und seine Mitarbeiter bitten, sich bei Zeichnungen und Formeln an die Normen zu halten.

Mühlbrett.

Verluste der Riementriebe bei Verwendung kleiner Scheiben unter bes. Berücks. d. Biegewiderstandes. Von Dr.-Ing. A. E. Müller (Forschungsarb. auf d. Gebiete des Ingenieurwesens H 318). Mit 33 Abb., 4 Zahlentaf. u. 22 S. in 4°. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1929. Preis geh. 4,50 RM, für VDI-Mitgl. 4 RM.

Aus den Versuchen des Verfassers ergab sich der Biegewiderstand von Flachriemen zu

$$W = B k^m \left[\frac{d}{D}\right]^n \text{ in kg auf 1 cm Riemenbreite,}$$

wobei k die Riemenspannung des leerlaufenden Riemens in kg/cm², d die Riemendicke und D den Scheibendurchmesser bedeutet, während die Beiwerte für Lederriemen im Mittel zu $B = 6{,}4$, ferner $m = 0{,}5$ und $n = 1{,}7$ gemessen wurden. In der Größenordnung kommt der Biegewiderstand für Scheiben von 240 mm Dmr. bei einer Riemenbreite von 40 mm ungefähr dem Kugellagerwiderstand gleich und beträgt etwa 0,05 kg/cm Riemenbreite. Der Biegewiderstand beeinflußt also den Riemenwirkungsgrad nur ganz unbedeutend. Der Steifigkeitsmodul E der Riemen hat keinen Einfluß.

Wichtiger wäre die Frage, in welchem Maße die Lebensdauer des Riemens durch die Biegung beeinflußt wird. Der Verfasser gibt für die in diesem Sinne zulässige Spannung k den Wert

$$k' = C_2 \frac{\left[\frac{D}{d}\right]^3}{Z\left[\frac{v}{l}\right]^2}$$

an, wobei Z die Lebensdauer, v die Riemengeschwindigkeit und l die Riemenlänge bedeutet. Der Beiwert C_2 ist aber noch nicht ermittelt worden.

In der Hauptformel Nr. 9, Seite 10, hat sich ein sinnstörender Druckfehler eingeschlichen. Auf der linken Seite der Gleichung darf nicht W/fk stehen, sondern Wb/fk, wobei b die Riemenbreite bedeutet.

Kammerer, Charlottenburg.

Digitized by Google

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Die Elektroindustrie Frankreichs im Jahr 1929. — Nach Ausführungen des Generalsekretärs der Cie. Parisienne de Distribution d'Electricité, J. H. Adam[1], war die französische Elektroindustrie 1929 größtenteils voll beschäftigt und ihre Produktion beträchtlicher als je zuvor, doch muß sie noch sehr oft Material für die Ausrüstung von Kraftwerken, Übertragungsnetzen usw. vom Ausland beziehen. Das z. Z. investierte Kapital beträgt nach der Syndikatstatistik mehr als 2,5 Mrd Fr gegen 300 Mill Fr in 1913; die Leistungsfähigkeit hat 4 Mrd Fr überschritten, während sie vor dem Krieg nur 193 Mill Fr ausmachte, und die Zahl der Beschäftigten liegt zwischen 90 000 und 100 000. Was den Herstellungspreis betrifft, so befanden sich dessen Elemente z. T. dauernd im Wachsen, was alle Anstrengungen der Exporteure zu paralysieren drohte. Zunächst ist das eine Folge der regulären Lohnerhöhungen, die seit 1926 50 % betrugen; der Lohnindex (Anfang 1923 = 100) hat nach der Statistique générale de la France im Berichtsjahr von 182 auf 213, also um 17 % zugenommen. Ferner sind 1929 die Preise wesentlicher Rohmaterialien gestiegen, so die Kupfernotierung um 15 %, der Preis von Gußeisen um 10 %. Bei einer Betrachtung des französischen Elektroaußenhandels erinnert Adam daran, daß die Einfuhr sich nach dem Krieg, richtiger seit 1921, mengenmäßig verringert (bis 1927), dem Wert nach aber erhöht hat, weil die Geldentwertung die fremdländischen Erzeugnisse verteuerte. Auf der anderen Seite ist die Ausfuhr teils wegen der Entwertung des Franken (Exportprämie), teils infolge Zurückbleibens der Inlandpreise hinter denen des Weltmarktes mit Schwankungen nach Menge und Gewicht gewachsen. Seit 1926 zeigt aber die Handelsbilanz der Elektroindustrie ein immer ungünstigeres Bild; der Ausfuhrüberschuß ist von damals 20 000 t 1928 auf rd. 15 000, 1929 auf 7000 t gefallen, und wertlich war die Bilanz im Berichtsjahr sogar um 176 Mill Fr negativ, während der Export 1927 die Einfuhr noch um 153 Mill Fr übertroffen hatte. Adam gibt folgende Übersicht über die Entwicklung des Spezialhandels mit elektrotechnischem Material nach der französischen Zollstatistik:

Jahr	Einfuhr		Ausfuhr		Ausfuhrüberschuß	
	t	Mill Fr	t	Mill Fr	t	Mill Fr
1913	7 600	31	10 000	34	2 400	3
1920	13 754	282	14 240	260	486	— 22
1921	12 241	163	12 432	212	191	49
1922	8 411	118	13 000	198	4 589	80
1923	8 987	159	16 804	271	7 817	112
1924	8 414	185	23 622	413	15 208	228
1925	7 843	196	20 628	404	12 785	208
1926	5 871	244	25 911	706	20 040	462
1927	7 489	228	27 474	375	19 974	153
1928	15 803	422	31 853	420	15 658	— 2
1929	24 664	629	31 665	453	7 001	— 176

Man sieht, daß die Ausfuhr, die vor dem Krieg einen Wert von 34 Mill Fr hatte, d. i. ein Sechstel der Erzeugung, bis 1926 auf rd. 700 Mill Fr gewachsen ist, sich dann aber merklich verlangsamt hat. Der Zuwachs, der 1928 noch 12 % ausmachte, betrug 1929 nur 8 % bei einem Exportwert von 453 Mill Fr, die ungefähr einem Zehntel der Produktion entsprechen. Darin waren 147 Mill Fr für Apparate, 85 für Dynamomaschinen, 65 für Leitungsmaterial, 40 für Einzelteile, 32 für Lampen und 31 Mill Fr für Akkumulatoren enthalten. Hauptabnehmer der französischen Elektroindustrie sind nach wie vor die Kolonien, auf die 25 % des Exports entfallen, sodann Belgien, Deutschland, Großbritannien, Spanien und Italien. Stellt man mit Adam die Frage, ob der Verbrauch im Inland die sinkende Aktivität der Ausfuhr ausgleichen könne, so muß man beachten, daß der Innenmarkt der französischen Industrie zwar außerordentliche Möglichkeiten in bezug auf die Elektrisierung der Eisenbahnen und des flachen Landes bietet, die Konkurrenz des Auslandes aber beunruhigende Fortschritte macht. Der Wert der Einfuhr ist 1927/1928 um 85 % und 1928/29 um 50 % gewachsen, u. zw. sowohl beim Import von Apparaten und Maschinen wie bei Leitungsmaterial und Glühlampen, die Frankreich vornehmlich aus Deutschland und den V. S. Amerika bezogen hat, deren Wettbewerb Adam „redoutable" nennt, zumal ihr Kapital auch hinter der deutschen Konkurrenz stehe (General Electric Co.). In diesem Zusammenhang werden sodann die Reparationssachlieferungen gestreift, die an elektrotechnischem Material 1928 68 Mill Fr betrugen, sich 1929 auf rd. 132 Mill Fr erhöht hatten und nun durch die Haager Vereinbarungen reduziert worden sind. Die französische Elektroindustrie dürfe, so sagt Adam, nicht aus dem Auge verlieren, daß die seit einigen Jahren in Deutschland vorgenommene Reorganisation der Industrie dieser Lieferungen zu Preisen gesatte, die um 20 bis 25 % geringer seien als die französischen, und daß selbst erhöhte [illegible] nicht mehr ausreichten, um die franz[illegible]fabrik[illegible] hinreichend zu schützen. Der einzige Ausweg sei der Abbau der Erzeugungskosten, der sich in einer Zeit hoher Löhne und Materialpreise nur durch eine gründliche Reorganisation der fabrizierenden Elektroindustrie erreichen lasse, mit der man ja auch schon begonnen habe.

[1] Rev. d'Econom. pol. v. Mai/Juni 1930.

Diese Rationalisierung hat bei der 1928 gegründeten Société Générale de Constructions électriques et mécaniques („Alsthom")[1] offenbar schon guten Erfolg gehabt, deren erster Jahresbericht nach der Frankf. Zg.[2] sich ähnlich äußert wie der obengenannte Verfasser. Auch sie rechnet mit zunehmendem Bedarf für elektrotechnisches Material und bemerkt, daß die beiden Gesellschaften „Le Matériel Domestique" und „Le Crédit Electrique" sie durch Finanzierung des Abzahlungsgeschäfts besonders bei der Propaganda für Haushaltapparate unterstützen. Den Export will sie aber nur in mäßigem Umfang entwickelt sehen, weil nach ihrer Ansicht eine allzu stark auf die Ausfuhr eingestellte Elektroindustrie Gefahr laufe, ernsten Schwierigkeiten zu begegnen. Im Bericht äußert sie sich dann auch in gleichem Sinn wie J. H. Adam über den Zollschutz, würde aber etwaigen Zollerhöhungen gegenüber internationale Abmachungen mit ihren ausländischen Konkurrenten vorziehen. Die einzelnen Fabrikationsstätten des Unternehmens sind derart reorganisiert worden, daß man z. B. im Belforter Werk die Herstellung von Maschinen konzentriert hat; außerdem wurde die Absatzorganisation der Muttergesellschaften (Cie. Française pour l'Exploitation des Procédés Thomson-Houston und Societe Alsacienne de Constructions mécaniques) in Frankreich, Algier und Tunis zusammengelegt. Im Ausland wird der Verkauf meist durch Tochtergesellschaften besorgt. Der Absatz ist in den 18 Monaten 1928/30 durchschnittlich um 18 %, in den letzten um 66 % gegenüber dem Vorjahr gestiegen. Bei einem Betriebsgewinn von 57,1 Mill Fr und einem Aktienkapital von 450 Mill Fr hat die Gesellschaft diesmal aber noch keine Dividende verteilt.

[1] Vgl. ETZ 1928, S. 1495.
[2] 1930, Nr. 772.

Nach den Angaben der Rev. Gén. de l'El.[3] über den Elektroaußenhandel Frankreichs im 1. Halbjahr ist die Einfuhr bei 156 985 dz bzw. 390,613 Mill Fr um 47 865 dz (44 %) und 95,349 Mill Fr (32 %) größer gewesen als in der gleichen Periode des Vorjahres (109 120 dz bzw. 295,264 Mill Fr). Die Zunahme betraf im wesentlichen Maschinen, Transformatoren, Apparate und Akkumulatoren, während der Import von Glühlampen, Kohlenstiften und Elektroden sowie von mit Gummi usw. isoliertem Leitungsmaterial zurückgegangen ist. Bei der Ausfuhr, die in den sechs Monaten 181 738 dz im Wert von 273,157 Mill Fr betrug, ergibt sich eine Steigerung um 27 893 dz (18 %) bzw. 59,078 Mill Fr (27,6 %) gegenüber dem ersten Halbjahr 1929 (153 845 dz bzw. 214,079 Mill Fr). Mit Ausnahme von Maschinen und Transformatoren sowie von Trockenbatterien waren fast alle übrigen elektrotechnischen Erzeugnisse an dieser Erhöhung beteiligt. Der Überschuß des Exports betrug mengenmäßig 24 753 dz (44 725 i. V.), wertlich war die Einfuhr aber um 117,456 Mill Fr größer (81,185 i. V.).

[3] Bd. 28, 1930, S. 502.

Die Gestaltung der Reparationssachlieferungen. — Eine in Wirtsch. u. Staat[4] veröffentlichte, nach Waren gegliederte Übersicht der Reparationssachlieferungen in den Jahren 1925/29 zeigt deren ständige Zunahme, abgesehen von einem Rückgang im Jahr 1927, u. zw. auch bei den Lieferungen elektrotechnischer Erzeugnisse und Maschinen. Der Wert dieser betrug 1925: 9,1 Mill RM oder rd. 2 % der Gesamtsumme; 1926: 15,0; 1927: 13,5; 1928: 21,8 und 1929: 33,1 Mill RM bzw. 4 % des Wertes aller Lieferungen. Damit ist aber auch deren Höchstbetrag erreicht, weil nunmehr die Haager Vereinbarungen bestimmte Grenzen gesetzt haben.

[4] Bd. 10, 1930, S. 780.

Berichtigung.

In dem Aufsatz „Die Gestehungskosten des Stromes in großen Steinkohlenkraftwerken auf Grund von Erfahrungswerten" (ETZ 1930, S. 1091 ff.) ist auf S. 1131, Sp. 1, 11. Zeile von unten der Ausdruck „usw." zu ersetzen durch „und Betrieb, jedoch ohne Ausgaben für Brennstoffe und ohne Kapitalkosten".

Abschluß des Heftes: 25. Oktober 1930.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Gußeisengekapselte Niederspannungs-Schaltanlagen in der Kalksteinindustrie.

Mitteilung der AEG.

In rauhen, staubigen und feuchten Betrieben, wie z. B. Bergwerken, Steinbrüchen, Brauereien, chemischen Fabriken, in der Zement-, Papier- und Textilindustrie u. a. m., werden die zur Verteilung der elektrischen Energie dienenden Niederspannungsanlagen zweckmäßig gußeisengekapselt ausgeführt. Neben der bekannten guten Anpassungsfähigkeit dieser Anlagen an vorhandene Raumverhältnisse kommt hier vor allem der Schutz der eingebauten elektrischen Apparate gegen Eindringen von Staub und Feuchtigkeit sowie gegen mechanische Beschädigungen und somit die Ersparung eines besonderen, geschützten, für eine offene Anlage notwendigen Raumes als Vorteil in Betracht. Als Beispiel einer derartigen Anlage werden im folgenden die Niederspannungsverteilungen eines Kalksteinwerkes beschrieben.

Zur Großförderung von Kalksteinen für den Bedarf der Eisenindustrie wurde von einem rheinischen Kalksteinwerk eine Förder-, Abraum- und Brecheranlage errichtet. Mit Ausnahme der Förderbahn, die mit Dampflokomotiven arbeitet, ist die gesamte Anlage für elektrischen Betrieb eingerichtet. Hierzu gehören in erster Linie die elektrisch angetriebenen Löffelbagger, die z. T. mit Gleichstrommaschinen in Leonardschaltung, z. T. mit gewöhnlichen Drehstrommotoren ausgerüstet sind. Das durch die Bagger geförderte Material wird von der Förderbahn einem Schrägaufzug zugeführt, der es auf den Brecher zur Zerkleinerung auf die gewünschte Stückgröße bringt. Von hier aus gelangen die Steine entweder unmittelbar oder über die Wäsche zum Bunker und werden von dort verladen.

Der Energiebezug erfolgt über drei Transformatoren 10 000/500 V mit den Leistungen 640, 640 und 320 kVA. Für Beleuchtungszwecke wird die Spannung von 500 V nochmals auf 220/110 V herabgesetzt.

Zur Verteilung der gesamten benötigten elektrischen Energie dient eine Anzahl gußeisengekapselter Niederspannungsanlagen. Im Anschluß an eine Hauptverteilungsanlage haben insgesamt 11 gußeisengekapselte Verteilungen und Unterverteilungen der AEG Aufstellung gefunden.

Die Hauptverteilung (Abb. 1) ist mit Rücksicht auf gute Raumausnutzung längs der Gebäudewand

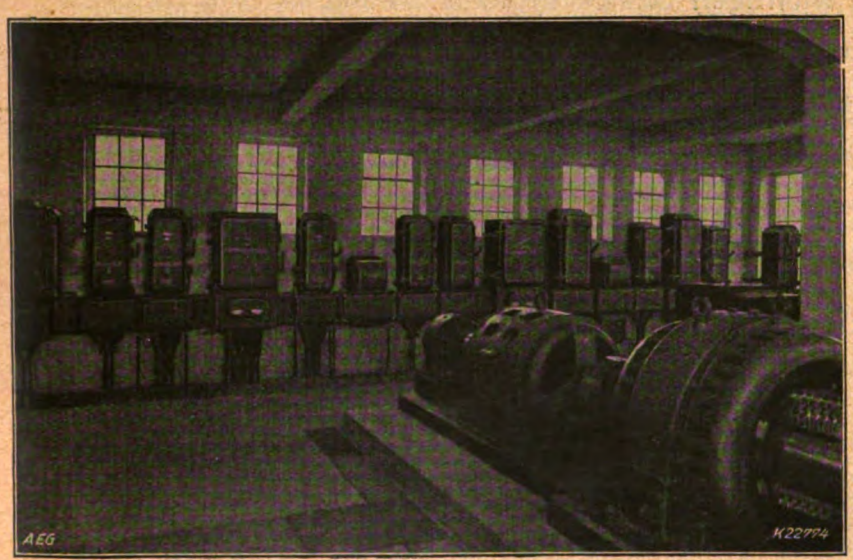


Abb. 1. Hauptverteilung.

angeordnet. Da die Länge einer Front nicht ausreichte, sind die beiden Außenfelder auf den beiden anschließenden Seitenwänden untergebracht. Die Verbindung der durchgehenden Sammelschienen übernehmen zwei Winkelkasten.

Die Zuführung der Energie erfolgt von den beiden 640 kVA-Transformatoren über je einen Schaltkasten Form AEM. Diese enthalten Überstrom-Unterspannungs-Selbstschalter für eine Nennstromstärke von 1000 A (Felder 4 und 9 von links), und sind in der Lage, auch Sammelschienen-Kurzschlüsse abzuschalten. Das gleiche gilt für den Schaltkasten Form AC in Feld 3 von rechts, der die Zuführung der Energie des 320 kVA-Transformators übernimmt und einen Selbstschalter einer Nennstromstärke von 600 A enthält.

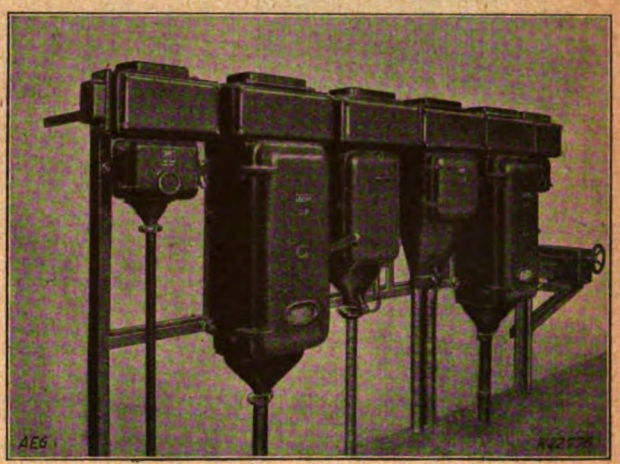


Abb. 2. Hauptverteilung der Wäschegruppen.

Schaltkasten Form AC mit eingebautem Überstrom-Unterspannungs-Automaten sind auch in den Ableitungsfeldern vorgesehen. Die Felder 1, 2 und 7 von links liefern über Automaten Form AC für eine Nennstromstärke von 400 A die Energie für je einen Bagger. Die Felder 3 und 5 versorgen über zwei Umformer mit einer Leistung von zusammen 530 kW den Schrägaufzug. In Feld 8 sind über einen Schaltkasten Form AC 400 drei Unterverteilungsgruppen für die Wäsche angeschlossen, in Feld 12 die Verschlußgruppen. Feld 10 liefert über einen Automaten Form AC 600 die Energie für den Brecher. In den Feldern 14 und 15 wird schließlich wiederum über Automaten der Form AC 400 der Strom für die Pumpengruppen und den Schachtofen entnommen.

Die Sammelschienen der Hauptgruppe sind in den Feldern 6 und 11 unterbrochen. Eine Verbindung kann über die oben aufgebauten Trennschalter Form GS 600 hergestellt werden. Durch die Unterteilung wird erreicht, daß im Kurzschlußfalle immer nur ein Transformator auf die Fehlerstelle speist. Ist anderseits aus irgend einem Grunde eine Zuleitung ausgefallen, so kann nach Einlegung der Trennschalter der Betrieb weitergeführt werden.

In Feld 11 ist außer dem Trennschalter Form GS 600 oben ein Trenn-Umschalter Form GTU unten angebaut. Der über einen Automaten Form AC 100 angeschlossene Lichttransformator kann demnach wahlweise auf zwei Zuleitungen (zwei Transformatoren) geschaltet werden.

In Abb. 2 ist die Hauptverteilung der Wäschegruppen wiedergegeben.

Die gesamte Anlage arbeitet seit längerer Zeit zur vollsten Zufriedenheit. In dem überaus staubigen und rauhen Betrieb war die Ausführung der Verteilungen in gußeisengekapselter Form die einzig mögliche Lösung einer betriebsicheren und zuverlässigen Schaltanlage.

Digitized by Google

RWKS
RUHRKOHLE

Unter Verwertung der neuesten Erkenntnisse auf dem Gebiet der Feuerungstechnik und Brennstoffchemie sowie der praktischen Erfahrungen unserer Ingenieure im Dampfkesselbetriebe, haben wir in einer neuen Druckschrift

Ruhrkohle auf Rostfeuerungen

alle wichtigen Gesichtspunkte behandelt, die für die wirtschaftliche Verwendung von Ruhrkohle auf Rostfeuerungen in Betracht kommen. Die Druckschrift steht Interessenten kostenlos zur Verfügung. Wir bitten, sie von unserer Wärmetechnischen Abteilung anzufordern.

RHEINISCH-WESTFÄLISCHES KOHLEN-SYNDIKAT
ESSEN

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

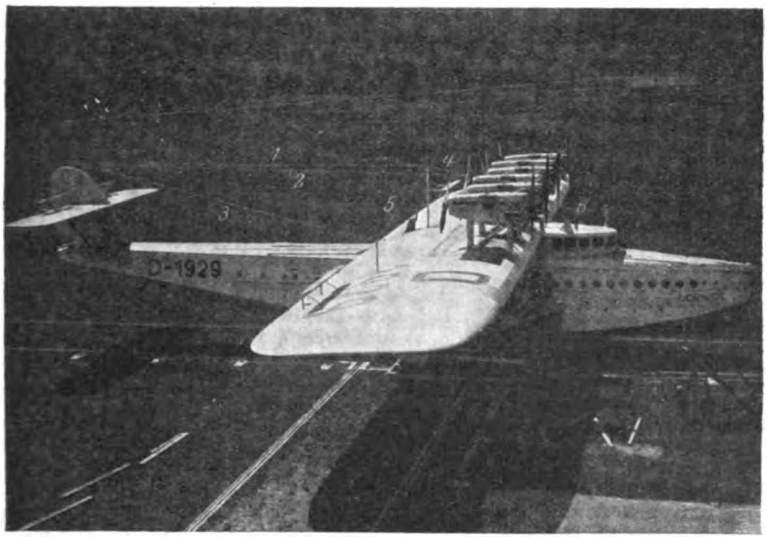
51. Jahrgang **Berlin, 6. November 1930** **Heft 45**

Die elektrische Ausrüstung des Dornier-Flugschiffes Do X.

Von W. Völkel, Friedrichshafen a. B.

Übersicht. Der Aufsatz gibt einen Überblick über die elektrischen Einrichtungen des größten Flugzeuges, das bis heute gebaut wurde.

Durch die erfolgreichen Probeflüge nach dem Einbau der neuen Motoren hat das Dornier-Flugschiff Do X wieder die Aufmerksamkeit weiter Kreise auf sich gelenkt. Es erscheint daher angebracht, der elektrischen Ausrüstung dieses Großflugzeuges, die wohl die umfangreichste Anlage dieser Art sein dürfte, eine kurze Beschreibung zu widmen. Auf die übrigen Einrichtungen soll hier nur eingegangen werden, soweit dies zum Verständnis des elektrischen Teiles erforderlich ist[1].



1, 2, 3 feste Antenne *4, 5* Dipolantenne *6* Drehrahmen für den Peiler

Abb. 1. Do X wird zu Wasser gebracht.

Elektrische Einrichtungen für die Motorenanlage.

Bekanntlich sind die 12 Curtiss-Conqueror-Motoren über dem Flügel in 6 Gondeln paarweise eingebaut (Abb. 1). Die wichtigsten Instrumente und Bedienungshebel wurden auf zwei übersichtlichen Schalttafeln in der Maschinenzentrale angeordnet. Der Führer des Flugzeuges hat lediglich 2 Sammelgashebel, womit er die jeweils erforderliche Motorenleistung selbst einstellen kann. Die Motorenanlage wurde aus flugtechnischen Gründen in eine linke und rechte Motorengruppe unterteilt. Im normalen Flug sind die Sammelgashebel in der Maschinenzentrale mit den Einzelgashebeln der Motoren derart gekuppelt, daß die Motoren mit annähernd gleicher Drehzahl laufen.

Die Leistung und die zulässige Beanspruchung eines Flugmotors werden allgemein als Funktion seiner Drehzahl angegeben, so daß die genaue Kenntnis der Drehzahl besonders wichtig ist. Für jeden Motor wurde daher ein elektrischer Fern-Drehzahlmesser eingebaut. Die Ablesegeräte sind in U/min geeichte Voltmeter und befinden sich auf den Schalttafeln in der Maschinenzentrale. Die zugehörigen Geber (Gleichstromgeneratoren mit permanenten Magneten) sind in den Gondeln angebracht und werden von den Motoren durch biegsame Wellen angetrieben. An die 6 Drehzahlmesser jeder Motorengruppe ist in Summenschaltung ein Durchschnitts-Drehzahlmesser angeschlossen. Durch Umschaltung von Widerständen wird der Meßbereich dieser Instrumente selbsttätig geändert, sobald der Motorenwart in der Maschinenzentrale einen oder mehrere Motoren von den Sammelgashebeln des Führers entkuppelt, was bei Störungen an den Motoren erforderlich werden kann. Durch diese Schaltung wurde erreicht, daß diese Drehzahlmesser immer den Durchschnittswert der Drehzahlen der mit den Sammelgashebeln des Führers gekuppelten Motoren angeben. Die Durchschnitts-Drehzahlmesser sind im Führerraum angebracht. Außerdem befinden sich hier 12 Signallampen, welche beim Entkuppeln der entsprechenden Gashebel aufleuchten und dem Führer eine Störung sofort anzeigen. Diese Anordnung gibt dem Führer jederzeit ein klares Bild von dem Arbeiten der beiden Motorgruppen und reduziert die ganze Triebwerksanlage gewissermaßen auf zwei Motoren.

24 elektrische Fernthermometer ermöglichen die Kontrolle der Temperaturen des Kühlwassers und des Schmieröles der 12 Motoren von der Maschinenzentrale aus. Es handelt sich um Kreuzspul-Widerstandsthermometer, die aus der Bordbatterie gespeist werden.

Jeder der 12 Motoren hat 12 Zylinder und ist mit einem Hochspannungs-Doppelmagnetzünder ausgerüstet. Die Zünder arbeiten auf zwei voneinander unabhängige Kerzensätze, so daß in diesem Flugzeug insgesamt 288 Zündkerzen in Betrieb sind. Die Absperrventile in den Schmierstoffleitungen zu den einzelnen Motoren sind mit Kurzschlußschaltern für die Zünder versehen. Diese Vorrichtung verhindert das Anlassen der Motoren bei geschlossenen Schmierstoffventilen. Die Kurzschlußkabel sämtlicher Zünder sind zur Maschinenzentrale geführt, wo jeder Teil der Doppelzünder durch Umschalter außer Betrieb gesetzt und geprüft werden kann. Außerdem sind diese Kurzschlußkabel an den später erwähnten Notausschalter angeschlossen. Zum Anlassen wurde in jeder Gondel ein Hand-Anlaßmagnetzünder mit Hochspannungsumschalter für die beiden Motoren angebracht.

Für die Förderung des Betriebstoffes aus den Tankräumen im unteren Teil des Schiffes sind zwei Handpumpen, eine durch Luftschraube getriebene Pumpe und zwei elektrische Pumpen eingebaut. Die Elektromotoren hierfür leisten max. 400 W. Durch Regelanlasser kann die Förderleistung der elektrischen Pumpen dem jeweiligen Betriebstoffverbrauch entsprechend eingestellt werden. Der Kraftstoff wird in kleinere Behälter im Flügel gepumpt und dort an die Motoren verteilt, während die Schmierstofftanks in den Gondeln bei Bedarf nachgefüllt werden. Die Schmierstofftanks sind mit Voll- und Leermeldern versehen, welche entsprechende Signallampen in der Maschinenzentrale schalten.

Beleuchtungsanlage.

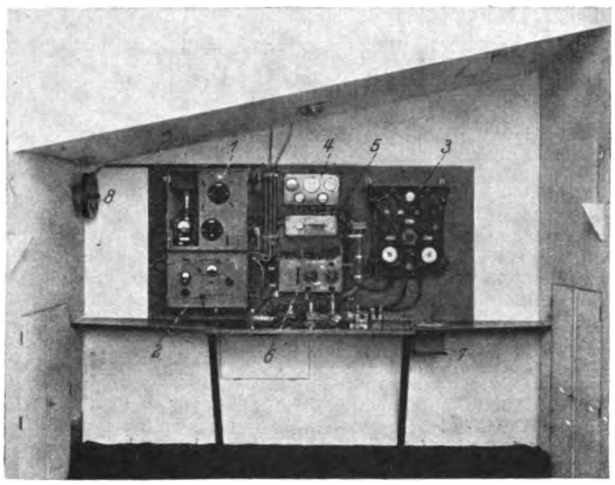
Das Flugschiff ist mit den für Seeflugzeuge vorgeschriebenen Positionslichtern versehen. Diese Lampen wurden zwecks Verminderung des Luftwiderstandes in den Flügel und in andere Konstruktionsteile des Flugzeuges eingelassen. Beim Landungsmanöver kann außerdem ein transportabler Scheinwerfer (100 W) mit 250 mm Spiegel-

[1] Entstehungsgeschichte und Beschreibung der Do X vor dem Motorenwechsel: Schweizer Aero-Revue, Zürich, März 1930; Le Document Aéronautique, Paris (9e), Nr. 46, Jan. 1930.

Digitized by Google

durchmesser außenbords angebracht werden. Der Scheinwerfer ist mit Signalisiervorrichtung versehen.

Für die Beleuchtung der Innenräume wurden insgesamt 72 Lampen fest eingebaut. Die Beleuchtungskörper in den Kabinen und Salons sind der Raumausstattung angepaßt; auch in den übrigen Räumen wurde für zweckmäßige Beleuchtung gesorgt. Im Führerraum sind die einzelnen Geräte mit kleinen Lampen versehen, deren Helligkeit mittels Regelwiderständen den jeweiligen Lichtverhältnissen angepaßt werden kann. In den Tankräumen wurden gasdichte Armaturen verwendet. Der Anschlußwert der Beleuchtungsanlage ist etwa 1,2 kW. Hierzu



1 Langwellensender
2 Kurzwellensender
3 Empfänger
4 Instrumentenbrett mit Antennenamperemeter, Höhenmesser, Zeituhr u. Voltmetern
5, 6 Schaltgeräte
7 Anlasser für den Einankerumformer des Langwellensenders
8 Haspel für die Schleppantenne

Abb. 2. Längsschnitt durch die Funkzelle.

kommen noch einige Akkumulatoren-Handlampen für die Notbeleuchtung; Ladevorrichtungen für diese sind an Bord. An dieser Stelle müssen noch die verschiedenen Signallampen für Kommandoübermittlung, der Gleichstrom-Drehstrom-Umformer für den Gyrorektor (Horizontkreisel) und endlich die Zigarrenanzünder im Rauchsalon angeführt werden, welche ebenfalls an das Lichtnetz angeschlossen sind.

Küche.

Beim Entwurf der Kücheneinrichtung wurden die im Luftschiff „Graf Zeppelin" gesammelten Erfahrungen verwertet. Die Küche wird von einem besonderen Generator (110 V) mit elektrischer Energie versorgt und ist dadurch unabhängig von der übrigen Anlage. Fest eingebaut ist lediglich ein Wand-Heißwasserspeicher mit 10 l Inhalt (0,6 kW). Die verschiedenen Kochgeräte werden durch Stecker angeschlossen.

Funkanlage.

Die geräumige Funkzelle (Abb. 2) wurde aus schalldämpfendem Material hergestellt. Sie enthält einen 120 W-Sender, Wellenbereich 550 ... 1400 m und 1800 ... 2300 m, einen kristallgesteuerten Sender (etwa 5 W) für Wellen zwischen 28 und 80 m, einen Zwischenfrequenzempfänger für das Wellenband 26 ... 3000 m und die erforderlichen Zubehörteile. Erweiterungen dieser Anlage sind vorgesehen. Im Navigationsraum ist ein Peilempfänger für Wellen zwischen 300 und 4000 m eingebaut. Der Drehrahmen hierfür (vgl. Abb. 1) ist auf Deck angebracht und wird durch Handrad eingestellt. Diese Anordnung ergab sich aus der Raumeinteilung des Schiffes. Der Peilstand wird voraussichtlich später an eine peiltechnisch günstigere Stelle im Vorschiff verlegt. Für den Kurzwellensender ist eine Dipolantenne zwischen 1,5 und 2,5 m hohen Masten über dem Flügel fest verspannt. Eine längere, ebenfalls feste Antenne dient als Hilfsantenne für den Peiler und wird auf dem Wasser für den Langwellensender benutzt. Im Flug wird letzterer auf eine etwa 70 m lange Schleppantenne umgeschaltet.

Die Anoden- und Modulationspannungen für die Sender werden zwei Einankerumformern entnommen, die aus der Bordbatterie gespeist werden. Für die Empfänger sind besondere Akkumulatoren und Trocken-Anodenbatterien vorgesehen. Auch diese Akkumulatoren können aus der Bordbatterie geladen werden.

Elektrische Zentrale.

Die „Hilfsmaschinenwelle" im Hilfsmaschinenraum, welche wechselweise mit dem 12 PS-Hilfsmotor oder mit einer Luftschraube gekuppelt werden kann, treibt durch Keilriemen zwei Generatoren an. Die Gleichstrommaschine für die Küche leistet 2,5 kW und ist mit Schnellregler versehen. Ein 1,8 kW-Generator mit eingebautem Regler und Rückstromschalter speist im Parallelbetrieb mit einer 24 V-Akkumulatorenbatterie (90 Ah) die übrige Anlage. Beim Versagen des Luftschraubenantriebes und des Hilfsmotors ermöglicht die Batterie noch mehrstündigen Betrieb der Funkanlage und der wichtigsten Beleuchtungseinrichtungen.

Die elektrische Hauptschalttafel in der Maschinenzentrale enthält Sicherungen und Hauptschalter sowie Strom- und Spannungsmesser für die 24 V-Anlage (Abb. 3). Ein Druckknopfumschalter ermöglicht die Feststellung grober Isolationsfehler mittelt des Voltmeters. Die Hauptschalter sind mit Auslösemagneten versehen und können vom Führer durch Druckknöpfe ausgeschaltet werden. Einer dieser Druckknöpfe ist mit dem Sammelzündschalter mechanisch gekuppelt. Bei Betätigung dieses „Notausschalters" werden sämtliche Motoren durch Kurzschließen der Zünder außer Betrieb gesetzt und gleichzeitig die elektrischen Leitungen, mit Ausnahme der wichtigsten Lichtleitungen, spannungslos gemacht. Ein zweiter Druckknopf ist für den weniger gefährlichen Teil des Lichtnetzes vorgesehen. Diese Schalter geben dem Führer die Möglichkeit, bei einer harten Landung o. dgl. die Entstehung eines Brandes durch Leitungsbruch zu verhüten.

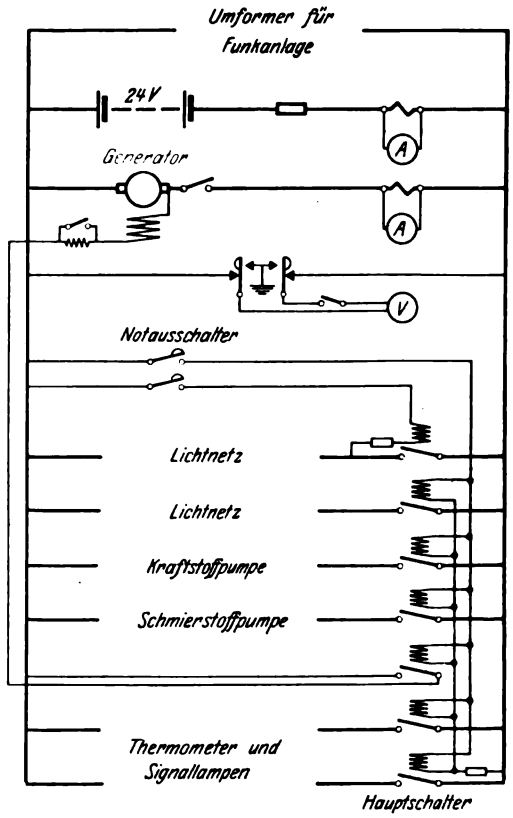


Abb. 3. Schaltung der 24 V-Anlage.

Allgemeines.

Für die Zündanlage sind die Metallteile des Flugzeuges als Rückleiter benutzt, dagegen wurde für die ganze Gleichstromanlage die Rückleitung isoliert verlegt, um Korrosion der Metallteile durch vagabundierende Ströme zu vermeiden. Als Leitungsmaterial wurde gummiisoliertes Zellonlackkabel verwendet, welches in dünnwandige Aluminiumrohre eingezogen und dadurch gegen mechanische Beanspruchung geschützt und wirksam abgeschirmt ist. Besonderer Wert wurde auf die Abschirmung der Zündleitungen gelegt. — Die Verwendung handelsüblicher Armaturen und Geräte war beim Bau dieses Flugzeuges nur in einigen Fällen möglich. Die meisten Teile der Anlage mußten für diesen Zweck nach Leichtbaugesichtspunkten neu konstruiert oder in brauchbare Form gebracht werden. Die Dornier-Metallbauten G. m. b. H. hat auch auf diesem Gebiet bahnbrechende Arbeit geleistet.

Digitized by Google

Zur Frage der Kennzeichnung von Fernsprechübertragungsystemen.

(Lösung der in der ETZ 1929, S. 1599 gestellten Preisaufgabe.)

Von W. Deutschmann, Berlin.

Übersicht. Es wird vorgeschlagen, die Eigenschaften eines Übertragungsystems durch folgende Angaben auszudrücken:

1. Angabe der Dämpfung bei 1000 Hz in Neper, z. B. $D = 1$.
2. Angabe des Übertragungsbereiches in kHz (Kilohertz), z. B. $tr = 0{,}3/2{,}4$.
3. Angabe des Dämpfungsunterschiedes bei zwei charakteristischen Frequenzen gegen die Dämpfung bei 1000 Hz in Neper, z. B. $d(0{,}3) = -0{,}2$; $d(2{,}4) = +0{,}3$.
4. Bei sehr gleichmäßiger Dämpfungskurve statt 3 Angabe des größten Dämpfungsunterschiedes im Übertragungsbereich in Neper, z. B. $d(tr) = 0{,}05$.
5. Angabe des Verhältnisses der Oberwellenamplitude zur Grundwellenamplitude am Ende der Leitung (Formfaktor) für eine Anfangspannung von 1 V und für die Frequenz 500 Hz (reine Zahl), z. B. $A_0 = 0.05$.
6. Angabe der Differenz der Laufzeiten der höchsten und tiefsten Frequenz des Übertragungsbereiches in Millisekunden, z. B. $d\,t = 7$ ms.
7. Angabe der Aufbauzeit eines plötzlich einsetzenden Zeichens der Frequenz 1000 Hz in Millisekunden, z. B. $T = 5$ ms.

In Fernsprechübertragungsystemen handelt es sich stets um die möglichst originalgetreue Übertragung begrenzter Frequenzbänder. Je nach dem Bestimmungszweck kommt etwa das Frequenzband von 300 bis 2400 Hz oder von 50 bis 6000 Hz oder andere in Frage. Bei der Beurteilung vollständiger Systeme kommt es nicht darauf an, ob Einzelteile des Systems mit Trägerfrequenzen, also mit anderen Frequenzbändern arbeiten; wichtig ist, daß die Empfangs- und Sendeschwingungen nur die obengenannten Frequenzen enthalten oder doch enthalten sollen. Eine in diesem Sinne einwandfreie Übertragung ist dadurch gekennzeichnet, daß die Dämpfung des Systems verhältnismäßig gleichbleibende Werte über das ganze Frequenzband zeigt, ebenso die Laufzeiten der verschiedenen Schwingungen, ferner, daß die Schwingungsform der Empfangschwingung nur unwesentlich von der der Sendeschwingung abweicht. Systeme, welche sehr erheblich von diesen Bedingungen abweichen, müssen als schlecht bezeichnet werden. Sind beispielsweise durch Rückkopplungsneigung erhebliche Unterschiede in der Restdämpfung vorhanden, so kann man diese, ebenso wie die übrigen Daten, nicht in einfacher Weise messen und angeben, sondern man muß genaue Kurven über das ganze Frequenzbereich vorlegen. Ist jedoch eine Leitung im obigen Sinne als mindestens brauchbar anzusprechen, so genügen Angaben für einige wenige Frequenzen, um zu übersehen, welche Abweichungen von einem „idealen" Zustande solche Leitungen zeigen. Die vorliegende Aufgabe wird so verstanden, daß eben für solche Systeme, deren Zustand verhältnismäßig wenig von dem „idealen" Zustand abweicht, Meßvorschriften und Bezeichnungen vorzuschlagen sind, die in einfacher und übersichtlicher Weise den Zustand der Leitung erkennen lassen.

Es wird vorgeschlagen, sämtliche Frequenzangaben auf die „Normalfrequenz" 1000 Hz zu beziehen. Die Frequenz, von der eine Aussage gemacht wird, soll dadurch kenntlich gemacht werden, daß man das Frequenzverhältnis in Klammern hinter die Angabe setzt; so soll z. B. (0,5) hinter einer Angabe bedeuten, daß die betreffende Angabe sich auf die Frequenz 500 Hz bezieht. Ferner wird vorgeschlagen, daß zur Kennzeichnung der Übertragungsgüte zunächst die Dämpfung in natürlichem logarithmischem Maß für die Frequenz 1000 Hz anzugeben ist. Als Kennzeichnung dafür soll der Buchstabe D gewählt werden. Die Hinzusetzung des Index (1) erübrigt sich in diesem Falle, da eine Angabe der Dämpfung für andere Frequenzen als die Normalfrequenz 1000 Hz in anderer Weise gegeben werden soll, wie später ausgeführt werden wird. Die erste Kennzeichnung für ein Übertragungssystem wäre demnach beispielsweise die Angabe

$$D = 1,$$

gesprochen: „das System hat die Dämpfung 1 Neper". Um anzudeuten, daß dieser Wert für die Normalfrequenz 1000 Hz gilt, könnte man für D auch den Ausdruck „Normaldämpfung" einführen und demgemäß sprechen: „das System hat die Normaldämpfung 1 Neper". Jedoch glauben wir, daß bei allgemeiner Annahme unserer Vorschläge der Zusatz „Normal" fehlen kann. Über die Art und Weise, wie diese Normaldämpfung zu messen ist, braucht hier nicht gesprochen zu werden. Die Frage, ob z. B. bei der Messung das ferne Ende mit einem ohmschen Widerstande bestimmter Größe oder etwa mit einem Standard-Telephonapparat abgeschlossen werden soll, bedarf besonderer Verabredung. Es genügt festzustellen, daß Methoden zur Messung der vorgeschlagenen Zahl bekannt sind[1].

Weiter wird vorgeschlagen, Kennzahlen einzuführen, welche angeben, um welchen Betrag die Dämpfung bei einer anderen Frequenz als 1000 Hz von dem Wert D abweicht; hat also beispielsweise das System bei 1000 Hz den Wert $D = 1$ und bei 300 Hz den Wert $D\,(0{,}3) = 0{,}8$, so empfiehlt es sich, den Dämpfungsunterschied zwischen 300 und 1000 Hz mit dem Buchstaben d und dem Index (0,3) zu bezeichnen und demgemäß anzugeben:

$$d\,(0{,}3) = -0{,}2\,.$$

Entsprechend wäre etwa noch für die Frequenz 2000 Hz die Angabe

$$d\,(2) = +0{,}3$$

zu machen. Ist der Verlauf der Dämpfungskurve verhältnismäßig gleichmäßig, so geben diese drei Zahlen ein gutes Bild von dem gesamten Dämpfungsverlauf zwischen 300 und 2000 Hz.

Die meisten Fernsprechübertragungsysteme sind so eingerichtet, daß sie ober- und unterhalb eines bestimmten Übertragungsbereiches hohe Dämpfungszahlen zeigen. Es erscheint also außerdem notwendig, eine besondere Kennzeichnung für die Grenzen des Übertragungsbereiches einzuführen. Man wird dazu zweckmäßig diejenigen höchsten und tiefsten Frequenzen angeben, die gerade noch gut übertragen werden und oberhalb bzw. unterhalb derer die Dämpfungskurve stark ansteigt. Wir schlagen dafür vor, die Buchstaben tr (transmission) zu wählen und als Zahlenangaben die relativen Frequenzen, durch einen schrägen Strich getrennt, auf die rechte Seite der Gleichung zu setzen, z. B.

$$tr = 0{,}3/2{,}4,$$

gesprochen: „Übertragungsbereich von 300 bis 2400 Hz".

Ist die Dämpfungskurve eines Systems im Übertragungsbereich außerordentlich gleichmäßig, so kann es von Interesse sein, die größten Unterschiede in der Dämpfung innerhalb des ganzen Übertragungsbereiches zu kennen, wobei es nicht nötig ist, die Frequenzen selber zu nennen, bei denen diese Extremwerte auftreten. Für diese Fälle schlagen wir z. B. die folgende Bezeichnungsweise vor:

$$d\,(tr) = 0{,}05,$$

gesprochen: „größter Dämpfungsunterschied im Übertragungsbereich 0,05 Neper". Liegen also für eine Leitung folgende Angaben vor:

$$D = 1$$
$$tr = 0{,}3/2{,}4$$
$$d\,(tr) = 0{,}05,$$

so würde das bedeuten: „das System überträgt alle Frequenzen von 300 bis 2400 Hz mit einer Dämpfungszahl von ungefähr 1 Neper (bei 1000 Hz genau 1 Neper). Die Übertragung ist derart gleichmäßig, daß alle Dämpfungswerte innerhalb eines Streifens von 0,05 Neper Breite liegen".

Durch die vorstehenden Angaben hat man genügende Unterlagen zur Beurteilung der Empfangsamplituden eines Übertragungsystems. Es sollen nunmehr Kennzeichnungen für den Grad der Reinheit, d. h. für die Stärke der evtl. auftretenden Oberwellen gegeben werden.

Oberwellen treten stets auf, wenn nichtlineare Charakteristiken vorhanden sind, wenn also z. B. bei einer Verstärkerröhre Gitterwechselspannung und Anodenstrom

[1] Vgl. z. B.: H. F. Mayer, El. Nachr. Techn. Bd. 4, S. 379 (1927), und Rabanus, Tel. u. Fernspr. Techn. Bd. 17, S. 1 (1928).

Digitized by Google

oder bei einer Pupinspule Feldstärke und Induktion nicht linear voneinander abhängen[2]. Ist diese Abhängigkeit bei Verstärkerröhren etwa in der Form

$$y = a + b\,x + c\,x^2 + d\,x^3 + e\,x^4 + \ldots \quad \ldots \quad (1)$$

gegeben und ist die Variable x eine reine Sinusschwingung:

$$x = x_0 \sin \omega t,$$

so treten bekanntlich außer einer Gleichstromkomponente harmonische Oberschwingungen in y auf. Die Umrechnung von Gl. (1) ergibt, wenn wir nur bis zur 4. Potenz entwickeln:

$$\left.\begin{aligned} y = a &+ \frac{c}{2} x_0^2 + \frac{3e}{8} x_0^4 \\ &+ \left(b + \frac{3d}{4} x_0^2\right) x_0 \sin \omega t \\ &- \frac{c + e\,x_0^2}{2} x_0^2 \cos 2\omega t \\ &- \frac{d}{4} x_0^3 \sin 3\omega t \\ &+ \frac{e}{8} x_0^4 \cos 4\omega t \end{aligned}\right\} \quad \ldots \quad (2)$$

Von den ersten drei Gliedern, welche die Gleichstromkomponente anzeigen, sehen wir ab. Außerdem wollen wir annehmen, daß die Amplitude x_0 verhältnismäßig klein ist. Dann kann man schreiben:

$$\left.\begin{aligned} y = b\,x_0 \sin \omega t - \frac{c}{2} x_0^2 \cos 2\omega t - \frac{d}{4} x_0^3 \sin 3\omega t \\ + \frac{e}{8} x_0^4 \cos 4\omega t \end{aligned}\right\} \quad \ldots \quad (3)$$

Die Oberschwingungen treten also mit Amplituden auf, die entsprechend ihrer Ordnungszahl proportional der 2., 3. usw. Potenz der erzeugenden Amplitude ansteigen. Bildet man das Verhältnis von Amplitude der erzeugten Oberschwingung zu Amplitude der erzeugten Grundschwingung, so erhält man Zahlen, die in der Fernsprechtechnik als „Klirrfaktoren" Eingang gefunden haben. Die Klirrfaktoren sind also gemäß Gl. (3) gegeben durch:

$$k_2 = \frac{c}{2b} x_0$$

$$k_3 = \frac{d}{4b} x_0^2$$

$$k_4 = \frac{e}{8b} x_0^3.$$

Da die Zahl b gewissermaßen die Dämpfungs- bzw. Verstärkungszahl des betreffenden Systems angibt und in der Zahl D bereits ihren Ausdruck findet, da ferner der Gleichstromanteil nicht interessiert, so empfiehlt es sich für unsere Zwecke, in Gl. (1) das konstante Glied fortzulassen und außerdem durch b zu dividieren. Mit Einführung neuer Konstanten läßt sich Gl. (1) dann so schreiben:

$$y = x + 2\,a_2 x^2 + 4\,a_3 x^3 + 8\,a_4 x^4 \quad \ldots \quad (4)$$

und die Klirrfaktoren werden

$$k_2 = a_2 x_0$$
$$k_3 = a_3 x_0^2$$
$$k_4 = a_4 x_0^3.$$

Sind also z. B. die Werte $a_2 = 1$, $a_3 = 2$, $a_4 = 2$ durch Messungen bekannt, so bedeutet das:

1. Das System erzeugt Empfangschwingungen y, die mit der Sendeschwingung x durch eine Gleichung der Form

$$y = x + 2\,x^2 + 8\,x^3 + 16\,x^4$$

verbunden sind.

2. Infolge dieser nichtlinearen Beziehung werden Oberwellen erzeugt, deren Stärke, verglichen mit der Amplitude der erzeugten Grundschwingung, gegeben ist

für die 2. Harmonische durch x_0
„ „ 3. „ „ $2\,x_0^2$
„ „ 4. „ „ $2\,x_0^3$.

Um diese Angaben zahlenmäßig auszuwerten, muß eine genaue Definition für die a_2, a_3, a_4 vorliegen. Wir empfehlen, so zu definieren:

Man lege an den Eingang des Systems eine sinusförmige Spannung mit der Amplitude x_0 Volt (z. B. 1 V). Dann analysiere man die am definitionsgemäß (s. Dämpfung) abgeschlossenen Ende des Systems auftretende Spannung y und werte die Amplituden der Teilschwingungen in einer beliebigen Einheit aus. Nunmehr stelle man die Gleichung (4) auf. Es ist zu beachten, daß die Festlegung der Meßeinheit der Sendeamplitude (etwa Volt) maßgebend für die Größe der Konstanten a_2, a_3, a_4 ist, nicht aber die Festlegung der Meßeinheit der Empfangsamplitude, da wegen der Division durch b (s. o.) die Faktoren nur relative Bedeutung haben. Liegt daher im Leitungszuge an einer bestimmten Stelle ein nichtlineares System, so ist es für die relative Stärke der Oberwellen gleichgültig, ob hinter diesem System noch weitere dämpfende oder verstärkende Systeme liegen, nicht gleichgültig ist es aber, ob solche Systeme vor dem nichtlinearen System liegen. Ist daher ein nichtlineares Teilsystem durch seine Faktoren a_2, a_3, a_4 bekannt, so muß außer der am Anfange des Gesamtsystems liegenden Amplitude x_0 auch noch die Dämpfungszahl des vor dem Teilsystem liegenden Teiles bekannt sein, wenn man die relative Stärke der Oberwellen am Ende des Gesamtsystems berechnen will.

Im vorhergehenden ist stillschweigend angenommen, daß für die in Betracht kommenden Grund- und Oberwellen die Dämpfung des Systems oder seiner Teile annähernd gleichbleibend ist. Es ist klar, wenn z. B. eine Oberschwingung bereits außerhalb des Übertragungsbereiches fällt, daß ihre Amplitude praktisch unterdrückt wird. Ermittelt man nun die Koeffizienten a_2, a_3, a_4 etwa durch eine Messung bei tiefen Frequenzen, so werden diese Koeffizienten für alle Schwingungen, deren Oberschwingungen noch ins Übertragungsbereich fallen, nicht sehr verschieden sein, wenn die Dämpfungskurve verhältnismäßig gleichmäßig verläuft; dagegen verschwinden Koeffizienten von Oberschwingungen, die bereits die obere Grenze des Übertragungsbereiches überschreiten, vorausgesetzt natürlich, daß ein frequenzbegrenzender Teil hinter dem nichtlinearen Teilsystem liegt.

Für die Praxis kommt es nun nicht darauf an, zu wissen, ob in jedem Falle eine Oberwelle bestimmter Amplitude auftritt, sondern nur, ob überhaupt Oberwellen zu erwarten sind. Es empfiehlt sich daher, zur Kennzeichnung der „Formverzerrung", wie (nach Barkhausen[3]) diese Art der Verzerrung genannt werden soll, eine tiefe Frequenz zu wählen, deren erste Oberwellen also bestimmt zu erwarten sind

Bei Formverzerrungen, welche durch Hysteresseerscheinungen (Pupinspulen, Übertrager) hervorgerufen werden, ist die Abhängigkeit zwischen Feldstärke und Induktion wesentlich komplizierter als der Gleichung (4) entspricht. Es genügt für unsere Betrachtung, zu wissen, daß die Abhängigkeit zwischen Strom und Spannung derart ist, daß durch einen sinusförmigen Strom in der Spannung die ungeradzahligen Oberwellen auftreten, und zwar mit Amplituden, die mit der Höhe der Ordnungszahl rasch fallen und außerdem alle der ersten Potenz der Stromamplitude proportional sind[4]. Es ist also bei den in der Praxis vorliegenden nichtlinearen Beziehungen (Röhrencharakteristiken, Hysteresekurven) im allgemeinen hauptsächlich die 2. Harmonische oder 3. Harmonische zu erwarten, während die weiteren Glieder, insbesondere bei kleinen Anfangsamplituden, meist unerheblich sind. Es kann für diese Messung nicht die Normalfrequenz 1000 Hz empfohlen werden, weil in manchen Systemen 3000 Hz nicht mehr übertragen wird; wir schlagen für diese Messung die Frequenz 500 Hz vor.

Die einfachste Art, eine Schwingung auf ihre Freiheit von Oberwellen zu untersuchen, besteht darin, die Grundwelle auszusieben und die Gesamtamplitude der übrigbleibenden Oberschwingungen mit der Amplitude der Gesamtschwingung zu vergleichen (Prinzip des Oberwellenmeßgerätes oder Klirrdämpfungsmessers von Siemens & Halske). Ist also A_1 die Amplitude der Grundschwingung, A_2 die der zweiten Oberwelle usw., so mißt man auf diese Weise den Ausdruck

$$\sqrt{\frac{A_2^2 + A_3^2 + \ldots}{A_1^2 + A_2^2 + A_3^2 + \ldots}}.$$

Es hat sich nun gezeigt, daß es für die Beurteilung der Störwirkung der auftretenden Oberwellen nicht nötig ist, die Anteile der einzelnen Harmonischen zu kennen, es genügt vielmehr, den soeben angegebenen Ausdruck zu messen, der übrigens bei Anwesenheit nur eines Gliedes mit dem Ausdruck für k_2 bzw. k_3 usw. identisch ist.

[2] Vgl. z. B.: K. Küpfmüller, VDE-Fachber. 1926, S. 87.

[3] H. Barkhausen, Elektronen-Röhren Bd. 3. Verlag S. Hirzel, Leipzig 1929.

[4] H. Jordan, El. Nachr. Techn. Bd. 1, S. 7 (1924). – W. Deutschmann, El. Nachr. Techn. Bd. 6, S. 82 (1929).

Digitized by Google

Wir wollen diesen Ausdruck, welcher die relative Stärke der Oberwellen angibt, „Formfaktor" nennen und mit A bezeichnen.

Zur Charakterisierung eines Übertragungssystems empfehlen wir, eine Messung des Faktors A bei der Anfangspannung 1 V und der Frequenz 500 Hz vorzunehmen und den gemessenen Wert mit A_0 zu bezeichnen. Will man aus diesem Wert den Wert von A bei anderen Anfangspannungen berechnen, so ist es allerdings nötig, zu wissen, welche Oberschwingungen auftreten und ob sie von krummlinigen Röhrencharakteristiken oder Hysteresiserscheinungen hervorgerufen sind, da hiervon abhängt, mit welcher Potenz der Amplitude sie zu multiplizieren sind. Beschränkt man sich jedoch auf nicht allzu große Amplituden der Grundschwingung, so kann man nach dem Vorhergehenden annehmen, daß im wesentlichen nur die 2. und 3. Harmonische auftreten und daß beide linear mit der Amplitude wachsen. Demgemäß wäre ein System etwa durch die Angabe

$$A_0 = 0{,}05$$

zu charakterisieren, gesprochen: „Formfaktor gleich 0,05". Dies bedeutet: Legt man eine sinusförmige Spannung der Amplitude x_0 Volt an den Anfang der Leitung, so können unter ungünstigsten Umständen am Ende des Systems Oberwellen auftreten, deren Amplitude $5\,x_0$ % der Grundwelle beträgt.

Es bleibt noch übrig, die dritte Form der Verzerrung zu berechnen, welche dadurch hervorgebracht wird, daß die Laufzeiten der einzelnen Frequenzen voneinander abweichen. Hierdurch werden die Sprachlaute in ihrem Aufbau desto mehr verwischt, je stärker der Unterschied der Laufzeiten der verschiedenen Frequenzen des Übertragungsbereiches ist[5]. Absolute Laufzeitmessungen können gemacht werden, wenn Anfang und Ende der Leitung am gleichen Ort liegen, d. h. also als Schleifenmessungen. Für die Messung von Laufzeitdifferenzen genügt es jedoch, eine einfache Leitung zu haben. Man kann dann z. B. ein Gemisch aus 2 Frequenzen plötzlich an den Anfang der Leitung geben und durch ein Oszillogramm mit Zeitmarke am Ende der Leitung die Laufzeitdifferenz bestimmen. Da auch die Laufzeit meist eine einfache Funktion der Frequenz ist, wird es genügen, die Laufzeitdifferenz für die beiden Grenzfrequenzen des Übertragungsbereiches zu bestimmen; sie soll mit dt bezeichnet und in Millisekunden ausgedrückt werden, z. B.

$$dt = 7\text{ ms},$$

gesprochen: „Laufzeitdifferenz 7 Millisekunden", und bedeutet, daß die Differenz zwischen den Laufzeiten der höchsten und tiefsten noch übertragenen Frequenz 7 ms beträgt.

Es genügt aber nicht, dafür zu sorgen, daß die einzelnen Teilschwingungen am Ende der Leitung zu praktisch gleicher Zeit ankommen, wenn sie gleichzeitig auf den Anfang der Leitung gegeben werden. Es ist durch Küpfmüller und Mayer[5] nachgewiesen worden, daß die Aufbauzeit eines Zeichens desto länger ist, je weniger die Bedingung

$$\frac{d\alpha}{d\omega} = \text{konst.}$$

erfüllt ist. Man könnte daran denken, beide letztgenannten Forderungen zu vereinigen und demgemäß etwa zu verlangen, daß das Phasenmaß a des Systems, aufgetragen als Funktion der Frequenz, mit einer bestimmten Annäherung eine gerade Linie darstellt, welche wiederum mit einer bestimmten zulässigen Abweichung durch den Koordinaten-Anfangspunkt geht. Es erscheint aber für die Messung einfacher, direkt die Effekte zu messen und neben der soeben abgeleiteten Forderung noch eine zweite aufzustellen, die etwa so zu lauten hätte: Die Aufbauzeit eines plötzlich einsetzenden Zeichens soll einen bestimmten Wert (z. B. 5 ms) nicht überschreiten. Nach dem Vorschlag von Küpfmüller und Mayer wäre die Aufbauzeit T so zu definieren: Man gibt ein sinusförmiges Wechselstromzeichen (oder auch Gleichstromzeichen) auf den Leitungsanfang, welches zu einer bestimmten Zeit einsetzt und eine nicht zu kurze Zeit lang (1 s) gleichbleibende Amplitude behält. Dieses Zeichen wird am Ende aufgenommen und besteht nach einiger Zeit aus einer im wesentlichen gleichbleibenden Empfangsamplitude. Bei Beginn des Zeichens ergibt sich jedoch ein komplizierter Verlauf der Amplitude; zieht man nun die Berandungskurve des Aufbauvorgangs, ermittelt ferner aus dieser Berandungskurve denjenigen Punkt, bei dem die halbe Endamplitude erreicht ist und zieht schließlich in diesem Punkte eine Tangente an die Berandungskurve, so schneidet diese Tangente die horizontalen Linien der Amplitude 0 und der Endamplitude in zwei von ihrem Konstruktionspunkt gleichweit entfernten Punkten, deren Abstand mit Hilfe einer gleichzeitig aufgenommenen Zeitmarke in Millisekunden bestimmt und als „Aufbauzeit T" definiert werden kann. Die Angabe

$$T = 5\text{ ms},$$

gesprochen: „Aufbauzeit 5 ms", bedeutet also, daß ein plötzlich einsetzendes Zeichen einen flüchtigen Vorgang hervorruft, welcher 5 ms andauert.

Fällt die Frequenz des Zeichens nicht in das Übertragungsband, so kann sich natürlich keine von 0 verschiedene Endamplitude ausbilden. Da Fernsprechsysteme gewöhnlich eine untere Übertragungsgrenze haben, so verbietet sich die Vornahme dieser Messung bei Gleichstrom und ganz tiefen Frequenzen. Aber auch wenn die Zeichenfrequenz in das Übertragungsgebiet fällt, ist es für den Verlauf des Aufbauvorgangs nicht gleichgültig, ob sie z. B. an der oberen oder unteren Grenze oder in der Mitte des Übertragungsbereiches liegt, da jedesmal das Frequenzspektrum des plötzlich einsetzenden Zeichens eine andere Verteilung aufweist und also durch die gleichbleibende Begrenzung durch den Übertragungsbereich der Leitung anders begrenzt wird. Für praktische Zwecke wird es genügen, diese Messung bei der Normalfrequenz 1000 Hz vorzunehmen, die ja ungefähr in der (geometrischen) Mitte des Übertragungsbereiches normaler Übertragungssysteme liegt.

[5] K. Küpfmüller u. H. F. Mayer, Wiss. Veröff. Siem.-Konz. Bd. 5, S. 51 (1926).

Selbsterregte mehrphasige Reihenschluß-Erregermaschinen und die Rolle ihrer Ständerwicklungen.

Von A. Heyland, Brüssel.

Übersicht. Die in verschiedenen Aufsätzen früherer Jahre beschriebenen Versuche, die normale einfache mehrphasige Reihenschluß-Kommutatormaschine als Erregermaschine für Asynchronmotoren zu benutzen, scheinen, wie man später hierüber hörte[1], allgemein zu negativen Resultaten geführt zu haben, indem bei Kompensierung der Motoren im Leerlauf deren Betrieb unstabil wurde. Angaben oder Erklärungen dieser Störungen sind in der elektrotechnischen Literatur nicht zu finden. Der Grund liegt aber offenbar in einer für diesen Zweck schädlichen Wirkung der normalen Ständerwicklungen. (Nachträglich wird noch in einer Fußnote eine bereits ältere Theorie, aus dem Jahre 1920, behandelt, die bisher zur Erklärung der Störungen gedient haben soll, welche jedoch irrtümlich ist.)

Im Gegensatz hierzu sind bei den vom Verfasser angegebenen Maschinen dieser Art, deren Ständerwicklung mit ⅓ Polschritt ausgeführt wird, ähnliche Störungen im Betriebe der Motoren ohne Ausnahme vollkommen ausgeblieben. In diesen Maschinen wird im Gegenteil der stabile Betrieb gerade durch die Reihenschlußerregung bewirkt, so daß selbst bei Hinzufügung einer Nebenschlußwicklung und bei beliebig hoher Regelung durch diese auch Neigungen zu Pendelerscheinungen, die bei Maschinen mit reiner Nebenschlußerregung bekanntlich leicht auftreten, in solchen Kompoundmaschinen durch die Reihenschlußerregung vollkommen unterdrückt werden.

Zum Schluß wird gezeigt, wie die gleiche Wirkung auch bei Benutzung einer Ständerwicklung mit normalem Polschritt durch geeignete Schaltung derselben erzielt werden kann.

Alle mehrphasigen Erregermaschinen für Asynchronmotoren lassen sich in zwei Gruppen einteilen. Bei der einen Gruppe ist das Prinzip des kompensierten Kommutatormotors benutzt, durch Anschluß an die Primärseite, das Netz, dem Sekundäranker des Asynchromotors eine der EMK im Primäranker und damit der Schlupfspannung als Motor um einen gewissen Winkel voreilende Spannung

[1] ETZ 1929, S. 410, 954 u. 1312.

Digitized by Google

zuzuführen. Zu dieser Gruppe gehören der Frequenzwandler und ebenso die Maschinen, bei denen nur ihr eigener Erregerstrom dem Netze entnommen wird, wie die sogenannten fremderregten Erregermaschinen. Das Prinzip der Frequenzumformung in diesen Maschinen erfordert Antrieb in entgegengesetzter Richtung ihres Drehfeldes bei synchroner Drehzahl mit dem Asynchronmotor und bei langsamlaufenden Motoren mittels Vorgelege entsprechend dem Verhältnis der Polzahlen.

Die zweite Gruppe wird gebildet durch Maschinen, welche nur an den Sekundäranker des Asynchronmotors angeschlossen sind und deshalb von dessen Drehzahl unabhängig ausgeführt und angetrieben werden können. Bei dieser Gruppe wird die Anpassung der erzeugten Frequenz und der Schlupffrequenz des Asynchronmotors dadurch erzielt, daß sie eine Spannung erzeugen, welche dem Strom um einen gewissen Winkel voreilt. Zu dieser Gruppe gehört der Kompensator, wie er von Leblanc und Scherbius angegeben wurde, auch eigenerregte Erregermaschine genannt, und ebenso die Nebenschluß- sowie die Reihenschluß-Erregermaschine. Um verschiedene Einzelheiten in der Rolle der Ständerwicklungen der letztgenannten Maschinen hier zu behandeln, sei zunächst auf die bekannte Arbeitsweise des ohne aktive Ständerwicklung arbeitenden Kompensators zurückgekommen.

I. Der Kompensator, die eigenerregte Erregermaschine.

Der Kompensator ist zunächst die im Prinzip einfachste aller Erregermaschinen. Der einzige aktive Teil, welcher ebenso als Erregerstromkreis wie als induzierter Anker dient, wird durch einen Gleichstrom-Trommelanker mit — im zweipoligen Schema — drei Bürsten gebildet. Dieselben Bürsten dienen gleichzeitig zur Zuführung seines Erregerstromes, des Schlupfstromes des Asynchronmotors sowie zur Lieferung der von ihm erzeugten Spannung. Sein Antrieb muß lediglich übersynchron sein, u. zw. im Sinne seines Drehfeldes. Die erzeugte Spannung eilt hierbei dem Strom um einen Winkel von 90° vor. Seine Wirkung wird bekanntlich Null bei Leerlauf des Asynchronmotors, weil dann sein Erregerstrom, der Schlupfstrom des Motors, Null wird und weil auch eine zum Strom um 90° verschobene Spannung keine Zunahme dieses, d. h. keine Selbsterregung des Kompensators bewirken kann. Eine andere Wirkung der dem Strome um 90° voreilenden Spannung ist, daß zunächst bei niederer Belastung des Motors eine größere Komponente dieser Spannung in Richtung entgegengesetzt der Schlupfspannung liegt und deshalb eine verhältnismäßig größere Schlüpfung bei niederer Belastung hervorruft. Die Folge ist, daß bei größerer Belastung die Schlüpfung dann nur noch langsam zunimmt, wodurch Schwungradwirkungen weniger ausnutzbar werden. Diese Eigenschaften beschränken die Anwendung des Kompensators zunächst auf solche Fälle, wo ein Asynchronmotor ohne zu große Belastungschwankungen dauernd bei gewissen Belastungen arbeitet. Zur Verstärkung seiner Wirkung bei geringerer Belastung bedient man sich außerdem u. U. einer entsprechenden Zusatzerregung auf dem Ständer.

Eine andere Eigenschaft des Kompensators, welche seine Anwendbarkeit weiter beeinträchtigt, besteht darin, daß er nicht erlaubt, vollkommen wirkende Mittel zur Aufhebung der Kommutierungspannung des Stromes an den Bürsten anzuwenden. Eine Wendefeld- oder Kompensationswicklung auf dem Ständer einer Maschine erzielt bekanntlich die vollkommene Kommutierung dadurch, daß sie Stromwindungen erzeugt, welche denen des Ankers entgegengesetzt gerichtet sind und sogar etwas größer sein sollen als diese. Da im Kompensator aber das Nutzfeld gerade durch die Stromwindungen des Ankers erzeugt wird, so würde eine vollkommen wirkende Kompensationswicklung offenbar seine Wirkung aufheben oder sie würde im Gegenteil lediglich eine schwache Spannung induzieren, welche bei gleichbleibender Drehrichtung des Ankers in Richtung des Drehfeldes dem Strom um 90° nacheilen würde.

Aus diesen Gründen benutzt man bei Kompensatoren andere Hilfsmittel zur Verbesserung der Kommutierung, wie härtere Bürsten, größere Lamellenzahlen und größere Kommutatoren. Diese und die hierbei unvermeidlichen Stromverdrängungen unter den Bürsten rufen dann jedoch, insbesondere bei Maschinen für größere Leistungen, größere Verluste hervor und, selbst bei Vermeidung sichtbarer Funken auf diesem Wege, größere Erhitzung der Kommutatoren.

Das letztere gilt dann auch in derselben Weise für Frequenzwandler, welche Einankerumformer mit zwar nur geringeren Eisenabmessungen aber gleichfalls sehr großen Abmessungen der Kommutatoren darstellen und außerdem einen größeren Transformator und im Läufer für den ganzen Sekundärstrom des Motors bemessene Schleifringe erforderlich machen, so daß die Gesamtlängen dieser Maschinen sehr groß werden.

II. Erregermaschinen mit Kompensationswicklung.

Die Verminderung der Größen der Kommutatoren auf die für Gleichstrom üblichen Größen ist neben den erzielbaren Wirkungsweisen dieser Erregermaschinen eine der praktisch wichtigsten Fragen, indem die sich ergebenden Außenmaße solcher Maschinen fast ausschließlich von den erforderlichen Abmessungen der Kommutatoren abhängen und damit, abgesehen von den Einflüssen mehr oder minder größerer Einfachheit des einen oder des anderen Systems an sich, auch ihre Preise.

Zwecks Erzielung vollkommener Kommutierung benutzt man deshalb in den neueren mehrphasigen Erregermaschinen meistens auf dem Ständer eine zum Anker in Reihe geschaltete Kompensationswicklung und bewirkt die Erzeugung des Feldes auf verschiedenen Wegen. Dieses erlaubt dann gleichzeitig, die Phase des Feldes und der induzierten Spannung so zu wählen, daß die gewünschte Kompensierung oder Überkompensierung des Asynchronmotors bei irgendeiner Belastung wie auch im Leerlauf erzielt wird.

Versuche mit Wendepolwicklungen wurden bei solchen normalen Dreiphasenmaschinen meist wieder aufgegeben, weil sie zu sehr ungünstigen Abmessungen führen und die doppelte gesamte Stromwindungszahl derjenigen einer Kompensationswicklung bedingen. Dies rührt daher, daß die Zahl der Wendezonen größer ist und deren jede einen Wendepol erfordert. Eine Kompensationswicklung hingegen wird ganz unabhängig von der Phasenzahl der Maschine genau wie bei einer Gleichstrommaschine berechnet.

Hieraus sind einerseits die oben genannten fremderregten Erregermaschinen der ersten Gruppe hervorgegangen. Bei den insbesondere bekanntgewordenen Maschinen dieser Art wird das Feld vom Anker aus erzeugt, indem dieser durch drei Schleifringe und Transformator an das Netz angeschlossen wird. Infolge der genannten synchronen Kupplung bei Umlauf im entgegengesetzten Sinne des Drehfeldes wird hierbei die Frequenz an den Bürsten des Kommutators gleich der Schlupffrequenz des Asynchronmotors. Wird hierbei zwecks Erzielung vollkommener Kommutierung die Stromwindungszahl der Kompensationswicklung etwas größer gemacht als die des Ankers, so bewirkt die dem Drehfeld entgegengesetzte Drehrichtung, daß auch die der Differenz dieser Stromwindungen entsprechende zusätzliche induzierte Spannung wieder dem Strome voreilt. Gleichzeitig hat sie zur Folge, daß bei einer mit der Netzspannung konstanten Spannung im Anker die Spannung an den äußeren Klemmen der Erregermaschine mit der Schlüpfung des Asynchronmotors abnimmt, weil die in der Kompensationswicklung induzierte Spannung dann zur Ankerspannung entgegengesetzt in Reihe geschaltet ist.

In der eingangs zweitgenannten Gruppe anderseits sind aus der Benutzung der zum Anker in Reihe geschalteten Kompensationswicklung die selbsterregten Erregermaschinen mit Kompensation der Ankerrückwirkung hervorgegangen, sowohl die Nebenschluß- als auch die Reihenschlußmaschinen, und zwar durch Erzeugung geeigneter Erregerstromwindungen im Ständer.

Wird hierbei wieder zwecks Erzielung vollkommener Kommutierung die Stromwindungszahl der Kompensationswicklung etwas größer gemacht als die des Ankers, so muß ebenso die Drehrichtung des Ankers dem Drehfelde entgegengesetzt werden, da andernfalls die Selbsterregung unter einer solchen Phase erfolgen würde, daß die erzeugte Spannung, statt dem Strome um einen gewissen Winkel vorzueilen, unter diesem Winkel nacheilen würde.

Bei Nebenschlußmaschinen, bei welchen die einzelnen Phasen im Prinzip in analoger Weise wie bei einer Gleichstrom-Nebenschlußmaschine an die Bürsten der betreffenden Phasen angeschlossen werden, d. h. beim Trommelanker koaxial zu den betreffenden Bürstenachsen, bleibt bekanntlich die Phase des erzeugten Feldes und der Spannung zum Strome bei veränderlicher Belastung nicht konstant; sie hängt ab von der Phase der Differenz der größeren Stromwindungszahl der von der Kompensationswicklung erzeugten rein voreilenden Komponente, der mit ihr resultierenden Komponente und der durch die Schlupffrequenz des Motors induzierten Komponente, wodurch in bekannter Weise bei solchen Nebenschlußmaschinen u. U. Pendelbewegungen des Asynchronmotors hervorgerufen werden können.

Bei Reihenschlußmaschinen, welche entweder außer ihrer Kompensationswicklung eine zweite Wicklung er-

Digitized by Google

halten oder mit einer einzigen Ständerwicklung ausgeführt sind, so bemessen, daß deren Stromwindungen durch ihre denen des Ankers entgegengesetzte Komponente gleichzeitig die Rolle der Kompensationswicklung ausüben, wird die Phase der resultierenden Erregerstromwindungen zum Strome im Anker konstant. Selbst bei Hinzufügung einer Nebenschlußwicklung würde deshalb die letztere im Prinzip ihre Neigung, Pendelbewegungen hervorzurufen, verlieren, weil ihre Phase durch die Reihenschlußerregung konstant gehalten würde.

Die Benutzung der normalen Reihenschlußmaschinen als Erregermaschinen hat dann jedoch, wie bekannt wurde, nach allgemeiner Erfahrung im Gegenteil zu sehr starken Störungen anderer Art geführt, welche unstabilen Betrieb der Asynchronmotoren hervorriefen. Diese Störungen sollen hier zunächst behandelt werden. Sie ergeben sich offenbar aus für die vorliegenden Zwecke ungeeigneten Eigenschaften der normalen Ständerwicklungen solcher Maschinen.

Es soll gezeigt werden, wie die genannten Störungen durch sehr einfache Mittel, u. zw. unter Benutzung von Ständerwicklungen mit ⅓ Polschritt, vollkommen vermieden wurden. Die mit diesen Erregermaschinen in zahlreichen Ausführungen gelieferten und seit mehreren Jahren im Betriebe befindlichen Asynchronmotoren niederer und hoher Leistungen haben unter allen Betriebsverhältnissen und ohne Ausnahme die gleiche durchaus stabile Arbeitsweise ergeben wie dieselben Motoren als normale Asynchronmotoren ohne Erregermaschine.

III. Selbsterregte Reihenschluß-Erregermaschinen.

1. Unstabiler Betrieb bei normaler Ständerwicklung.

Die Bestrebungen, die normale, einfache mehrphasige Reihenschluß-Kommutatormaschine als Erregermaschine für Asynchronmotoren zu benutzen, sind in verschiedenen Aufsätzen früherer Jahre beschrieben worden. Die Lösung erscheint zunächst ebenso einfach wie vorteilhaft, indem die Stromwindungen im Ständer ihrer Größe und Richtung nach so gewählt werden können, daß ihre denen des Ankers entgegengesetzte Komponente entsprechend größer wird, um ein Wendefeld in den Bürstenzonen und vollkommene Kommutierung zu bewirken, und daß anderseits die resultierenden magnetisierenden Stromwindungen des Ständers hierbei ein Gesamtfeld unter solcher Phase erzeugen, daß die induzierte Spannung um einen gewissen und mit der Bürstenstellung konstanten Winkel zum Strome verschoben ist. Wird dann der Sekundäranker des Asynchronmotors so angeschlossen, daß dieser Winkel Voreilung der Spannung zum Strome bedeutet, so kann die Größe dieser Spannung so gewählt werden, daß sie Kompensierung oder Überkompensierung des Motors und gleichzeitig durch ihre in Richtung des Stromes liegende Komponente Selbsterregung der Erregermaschine bewirkt.

Wie man dann jedoch später hörte[2], haben alle jene Versuche in der Folgezeit allgemein zu negativen Resultaten geführt, so daß diese Maschinen von den meisten Firmen wieder verlassen wurden. Man findet hierüber nirgendwo nähere Angaben, abgesehen davon, daß einige Firmen, welche die Maschinen trotzdem noch bauen, noch bis heute in ihren Katalogen und Veröffentlichungen angeben, daß Selbsterregung, d. h. Kompensierung der Asynchronmotoren bei Leerlauf, vermieden werden muß. Hierdurch würde dann aber eine solche Maschine vor dem einfachen Kompensator nur noch den einen Vorteil haben, bessere Kommutierung erzielen zu können.

Die genannten negativen Resultate bestanden darin, daß der Betrieb des Asynchronmotors unstabil wurde, wenn man die magnetisierenden Stromwindungen des Ständers genügend stark wählte, um Selbsterregung der Erregermaschine und damit Kompensierung des Asynchronmotors im Leerlauf zu erzielen. Wie es schien, zeigte der Motor dann die Neigung, gleichzeitig als Generator wirkend eine Spannung unter einer zweiten Frequenz zu erzeugen, welche etwas niedriger liegt als die Netzfrequenz. Würde der Motor als Generator mechanisch angetrieben werden, so würden dessen negative Schlüpfung und seine Drehzahl sich selbsttätig dieser durch die Erregermaschine hervorgerufenen Abweichung der Phase seines Feldes als Asynchrongenerator anpassen. Beim Betrieb als Asynchronmotor ist dies aber nicht möglich, und eine solche Überlagerung einer etwas unterhalb der Netzfrequenz liegenden zweiten Frequenz hatte dann naturgemäß unmäßig starke Stromstöße im Netz zur Folge.

[2] ETZ 1929, S. 410, 954 u. 1312.

Nach anderer Mitteilung soll die genannte zweite Frequenz höher liegen als die Netzfrequenz, indem die Erregermaschine dem Sekundäranker des Asynchronmotors eine Spannung aufdrücke, deren Frequenz höher liege als die tatsächlich resultierende Schlupffrequenz. Diese Auffassung dürfte jedoch noch weniger wahrscheinlich zu einer richtigen Erklärung führen, denn es ist bekannt, daß zunächst beim Aufdrücken einer Spannung höherer Frequenz im Sekundäranker eines Asynchronmotors, beispielsweise wie bei Kaskadenschaltung normaler Motoren, lediglich die Drehzahl des Motors abfällt, u. zw. so weit, bis seine resultierende Schlupffrequenz und die aufgedrückte gleich werden.

Die Wirkungsweise einer solchen Erregermaschine besteht vielmehr darin, daß sie im Anschluß an den Sekundäranker des Motors zunächst überhaupt keine bestimmte Frequenz[3] erzeugt, sondern eine unter einem bestimmten Winkel zum Strome voreilende Spannung. Die Frequenz ergibt sich dann daraus, daß beispielsweise bei Leerlauf des Motors seine Schlüpfung auf einen gewissen Wert wächst, u. zw. soweit, daß die so erzeugte zusätzliche Schlupfspannung mit der voreilenden Spannung der Erregermaschine sich zu einer resultierenden Spannung zusammensetzt, die in Phase mit dem Strome ist. Gleichzeitig wird der Primärstrom des Motors selbsttätig nacheilend oder voreilend, d. h. der Motor ist unter- oder überkompensiert, je nachdem der von der Erregermaschine gelieferte Strom allein im Motor ein Feld erzeugen würde, welches kleiner oder größer wäre als das normale, der Netzspannung entsprechende Feld des Motors.

In der elektrotechnischen Literatur sind auch weiter keine Angaben darüber zu finden, wie die Maschinen ausgeführt waren. Offenbar liegt aber die Erklärung der beobachteten Störungen lediglich darin, daß bei normaler Ständerwicklung mit oder ohne besondere Kompensationswicklung die zur Kompensation und Erzielung guter Kommutierung dienende Komponente der Stromwindungen des Ständers eine solche Phase des Gesamtfeldes zur Folge hat, daß dessen Drehrichtung, wie oben erläutert, der Drehrichtung des Ankers der Erregermaschine entgegengesetzt wird.

Das Feld der Erregermaschine induziert dabei aber nicht nur im Anker eine Spannung, sondern auch in der Ständerwicklung, u. zw. in der letzteren eine Spannung, welche durch deren Windungszahl und die jeweilige Schlupffrequenz des Motors gegeben ist. Infolge des Winkels zwischen den Achsen der gesamten Stromwindungen im Ständer und Anker erhält diese im Ständer induzierte Spannung bei entgegengesetzter Drehrichtung des Feldes eine solche Phase, daß sie die Phase der resultierenden Gesamtspannung stark ändert, u. zw. in einem dem oben genannten Einflusse der Schlüpfung entgegengesetzten, schädlichen Sinne. Dadurch entsteht eine der oben erläuterten selbsttätigen Anpassung entgegengesetzte Wirkung. Bei gleichem Drehsinn von Feld und Anker hingegen erhält die Ständerspannung im gesamten Reihenschluß-Stromkreise fast genau die gleiche Phase wie der Strom und wirkt damit im günstigen Sinne. D. h., ist V die Drehrichtung des Ankers, so soll, um störungsfreien Betrieb zu erzielen, die Drehrichtung v des Feldes im glei-

[3] Es ist hier noch nachträglich einzufügen, daß der Grund zu den obengenannten Irrtümern in den bestehenden Auffassungen inzwischen auch seine Aufklärung fand darin, daß man zur Erklärung der Störungen noch bis heute allgemein eine ältere irrtümliche Theorie aus dem Jahre 1920 benutzt hat, gemäß welcher die Erregermaschine, wenn sie selbsterregend wird, in dem Sekundärkreis des Motors eine bestimmte Frequenz erzeugen soll: $f'' = \frac{R \operatorname{tg} \alpha}{2 \pi L}$, welche die Frequenz der Selbsterregung ν_s der Erregermaschine genannt wird, wobei α den Voreilwinkel der Spannung zum Strom darstellt, R den Widerstand und L den Selbstinduktionskoeffizienten des Sekundärkreises des Asynchronmotors.

Diese Theorie entspricht infolge irrtümlicher Anwendung des Koeffizienten L nicht den tatsächlichen physikalischen Vorgängen. Die Theorie wäre richtig für einen Ausnahmefall, wo der Primärkreis des Motors „stromlos" würde (d. h. bei einem Strom I_s im Sekundärkreis induzierte dann ein vom Strome I_s allein erzeugtes Feld im Sekundärkreis eine EMK $= I_s \cdot 2 \pi L f''$). Dies würde beispielsweise der Fall sein, wenn der Primärkreis des Motors geöffnet oder wenn sonst zufällig der Primärstrom Null würde. Im allgemeinen aber wird der Primärstrom selbsttätig immer ein solcher, daß das gegebene Feld des Motors erzeugt wird durch die Komponente, welche der aus Sekundär- und Primärstromwindungen resultierenden entspricht bzw. bei Leerlauf des Motors deren Summe oder Differenz, und für den allgemeinen Fall sind damit die tatsächlichen und wirklichen Vorgänge vollkommen andere. Der Primärstrom bei Leerlauf z. B. wird dann selbsttätig „nacheilend" oder „voreilend", d. h. er verstärkt oder er schwächt die Wirkung der magnetisierenden Stromwindungen des Sekundärstromes in dem Werte $I_2 \cdot 2 \pi L$ je nachdem das Verhältnis $k =$ Schlupfspannung/Schlupffrequenz des Motors bei normalem Felde größer oder kleiner ist als nach der Gleichung in obiger Klammer bei einem vom Strome I_2 allein erzeugten, vom normalen abweichenden Felde dem Verhältnis EMK $/f'' = I_2 \cdot 2 \pi L$ entsprechen würde, bzw. da für einen gegebenen Motor das Feld und die Größe k gegeben sind, je nachdem der von der Erregermaschine erzeugte Strom I_2 kleiner oder größer gewählt wird als dem Wert $I_2 = k \cdot 2 \pi L$ entspricht. — Alle diese Vorgänge sind sehr einfach und elementar verständlich und sie können auch noch einfacher ausgesprochen werden, wenn man sich hierzu nicht des Selbstinduktionskoeffizienten L bedient.

Digitized by Google

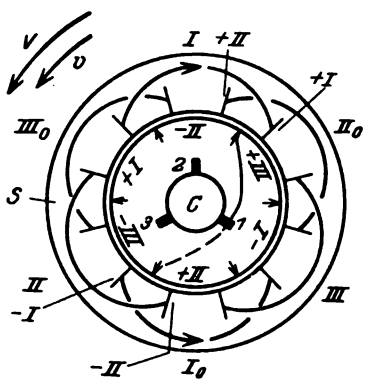
chen Sinne liegen, so wie dieses beim Kompensator der Fall ist. Bei normaler Ständerwicklung führt diese Bedingung zu einem Widerspruch, der in der Stromverteilung seinen Grund hat.

Die obige Erklärung findet dann auch schließlich ihre völlige Bestätigung dadurch, daß bei den Erregermaschinen, deren Reihenschluß-Ständerwicklung wie früher angegeben mit ½ Polschritt ausgeführt ist, ähnliche Störungen ohne Ausnahme vollkommen ausgeblieben sind. In diesen Maschinen erfolgen zunächst sowohl die Erzielung der Wendefelder und vollkommener Kommutierung als auch die Selbsterregung auf anderem Wege, u. zw. durch eine andere Verteilung der Phasen im Ständer auf die verschiedenen Stellen des Umfanges und andere Überlagerungen dieser mit denen des Ankers.

Das Charakteristische des Unterschiedes ist hierbei, daß er erlaubt, durch geeignete Bemessungsmaßnahmen gleichzeitig für den Kommutator analoge Bedingungen wie bei einer Gleichstrommaschine erzielen zu können und außerdem die besten Bedingungen für die Arbeitsweise und selbsttätige Anpassung der Maschine in jeder Hinsicht zu erfüllen.

2. Stabiler Betrieb bei Ständerwicklung mit ½ Polschritt.

Die Abb. 1 zeigt zunächst, im zweipoligen Schema, eine solche dreiphasige Maschine mit normalem Polschritt im Läufer, welcher den Anker bildet, und wie dies für



V Drehrichtung des Läufers
v Drehrichtung des Feldes

Abb. 1. Zweipoliges Schema einer dreiphasigen Maschine mit ½ Polschritt im Ständer und normalem Polschritt im Läufer. Stromverteilung bei Reihenschlußschaltung als Generator.

eine Windung angedeutet ist, während der Wicklungsschritt im Ständer auf ½ Polschritt reduziert ist. Der Ständer habe 12 Nuten, welche durch 12 radiale Teilstriche angedeutet sind, und eine dreiphasige Wicklung, deren Spulen je 3 Nutenteilungen umfassen, also bei hier 6 Nuten auf jeden Pol mit ½ Polschritt ausgeführt sind. Die Abb. 2 zeigt das Schaltbild. Die für die Phase *I* beispielsweise eingezeichnete Stromrichtung würde bei stromlosem Anker die beiden Pole *N* und *S* erzeugen.

Zum Betriebe als selbsterregte Reihenschluß-Erregermaschine, d. h. als Generator, werden die Bürsten des Kommutators *C* so eingestellt, daß die Achse der Stromwindungen des Läufers denen des Ständers annähernd entgegengesetzt wird, u. zw. unter einem Winkel von 30° rückwärts zur Drehrichtung des Läufers. Man erhält so beispielsweise eine Bürstenstellung, wie sie in Abb. 1 dargestellt ist, wobei die Phase *I* des Ständers in Reihe zu schalten ist mit der Bürste *1*, Phase *II* mit Bürste *2*, Phase *III* mit Bürste *3*. Die Wendezonen der Bürsten liegen an den Stellen, welche durch sechs kleine Pfeile bezeichnet sind, unter den Zähnen an den Stellen der Kreuzungen der Spulen verschiedener Phasen des Ständers. Betreffs der resultierenden Verteilung der Phasen im Ständer und im Läufer sei auch auf das Schaltbild Abb. 11 am Ende dieser Arbeit hingewiesen.

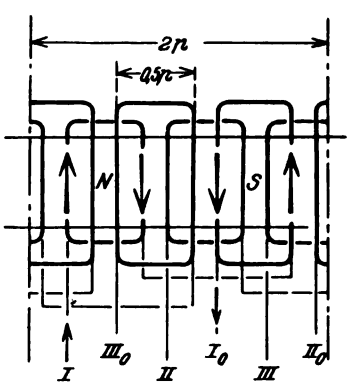


Abb. 2. Schaltung der Ständerwicklung nach Abb. 1.

Die resultierende Verteilung der Phasen im Läufer wird dann so, wie dies zwischen den Bürstenzonen eingeschrieben ist. Untersucht man dann die Überlagerung, z. B. in den zwei Wendezonen der zwei Hälften der eingezeichneten Windung, welche in dieser Stellung unter der Bürste *1* kurzgeschlossen ist, so findet man z. B. für die Zone oben rechts, daß in der Nut des Ständers, welche in der Drehrichtung der Wendezone folgt, der Strom von der Phase $+II$ dem Strome $-II$ im Läufer an dieser Stelle genau entgegengesetzt ist, so wie dies der Fall sein würde in einer Kompensationswicklung; anderseits ist in der Nut des Ständers, welche der Wendezone vorausgeht, der Strom $+I$ der Komponente $-I$ im Läufer, welche dem Bürstenstrom entspricht, genau entgegengesetzt, so wie dies in einer Wendepolwicklung der Fall sein würde; schließlich findet man, daß der letztgenannte Strom $+I$ sich mit dem Strome $+III$ im Läufer an dieser Stelle zu einer Komponente zusammensetzt, welche den hauptsächlichen Teil der Magnetisierungstrom-Windungen der Erregermaschine bildet.

Diese Zerlegung in drei getrennte Wirkungen, welche durch die Anordnung erzielt und möglich wird, erlaubt dann durch geeignete Bemessungsmaßnahmen — Wahl des Verhältnisses der Windungszahlen im Ständer und im Anker, Vergrößerung des Luftspaltes an den Stellen der Wendezonen — zu erreichen, daß einerseits die resultierenden Stromwindungen im Ständer die vollkommene Kommutierung des Stromes im Anker bewirken, daß anderseits hierbei in den kurzgeschlossenen Ankerspulen die EMK der Umdrehung auf einen nur geringen und bei zunehmender Sekundärfrequenz selbst kleineren Wert als die bei demselben Drehsinne des Feldes und des Ankers ihr entgegengesetzt gerichtete EMK der Ruhe vermindert und durch diese aufgehoben wird; drittens gestattet die Zerlegung, gleichzeitig die Phase des resultierenden Gesamtfeldes der Erregermaschine so zu wählen, daß die Phase der induzierten Spannung zum Strome um einen gewissen Winkel im Sinne der Drehrichtung *V* des Läufers verschoben — bei gleichem Drehsinn *v* des Feldes voreilend — und eine völlig selbsttätige Anpassung ihrer Frequenz und der Schlupffrequenz des Motors aneinander erzielt wird.

Für den Betrieb als Generator hat die Bedingung, daß der Drehsinn *V* des Ankers und *v* des Feldes gleich sein sollen, nicht die gleiche Bedeutung. So wurde z. B. für einen überkompensierten Motor, welcher in Parallelbetrieb mit einer Turbine auf eine Walzenstraße arbeitet, gewünscht, bei Entlastung ein Durchgehen der Turbine zu vermeiden, indem der Motor dann als Generator auf das Netz zurückarbeitet, ohne daß hierbei Kompensierung als Generator vorgeschrieben war, und dieses wurde auch garantiert. Dabei hat sich dann weiter gezeigt, daß trotzdem beim Arbeiten als Asynchrongenerator, dessen negativer Schlüpfung entsprechend die Erregermaschine im unrichtigen Sinne angeschlossen ist, die Kompensierung nicht einmal vollständig verschwindet, sondern daß der Motor in den in Frage kommenden Belastungsgrenzen auch als Asynchrongenerator noch mit einem sehr brauchbaren Leistungsfaktor arbeitet.

In der praktischen Ausführung ist es außerdem wichtig, daß bei mehrpoligen Maschinen die berechnete Stromverteilung im Ständer auch an allen verschiedenen Polen der gleichen Polarität die gleiche wird, d. h. die betreffenden Spulen jeder Phase sind in Reihe miteinander zu verbinden.

Meistens sind diese mehrphasigen Erregermaschinen für hohe Stromstärken als vielpolige Maschinen auszuführen, mit um so höherer Polzahl je höher ihre Stromstärken und ihre Leistungen liegen, während ihre Läufer als Parallelanker ausgeführt werden. Würde man dann auch im Ständer Spulen, die an verschiedenen Polen der gleichen Polarität liegen, parallel zueinander schalten, so kann eine zunächst geringe Ungleichmäßigkeit in der Verteilung des Stromes oder seiner Phase im Ständer durch Rückwirkung mit den Läuferströmen noch verstärkt werden und so Stromstöße hervorrufen. Die erforderliche Reihenschaltung der betreffenden Spulen des Ständers führt dann bei Maschinen für große Stromstärken zu Stabwicklungen, deren Spulen aus einer geringen Anzahl von Stäben je Pol und Phase gebildet sind.

Abb. 3 zeigt ein solches Schaltbild, in welchem die Spulen aus beispielsweise zwei Windungen je Pol und Phase gebildet sind. Das Schaltbild ist der Klarheit wegen nur 4polig gezeichnet und für höhere Polzahlen lediglich in analoger Weise der Polzahl entsprechend zu verlängern, wobei die Klemmen der Stromzuführungen dieselben bleiben können. Eine solche, einzelne kurze Spulen bildende Stabwicklung kann nur mit nebeneinander liegenden Stäben ausgeführt werden, wobei man dann bei wieder sechs Nuten je Pol, also hier 24 Nuten, 2 Stäbe in jeder Nut erhält, oder beispielsweise bei 48 Nuten 1 Stab in der Nut erhalten würde. Der mittlere Wicklungschritt bleibt dann

Digitized by Google

auch hier, wie in der Abbildung eingeschrieben ist, 0,5 p, d. h. ½ Polschritt, wenn p den Polschritt bezeichnet. In einer solchen Spulenwicklung sind die Verbindungen der Stäbe als bogenförmige, in einer anderen Ebene liegende Bügel auszuführen mit einem der Stabstärke entsprechenden Querschnitt. Die an sich kurze Gesamtlänge solcher Wicklungen mit ½ Polschritt wird dann bei solchen Wicklungen geringer Stabzahl je Phase und Pol etwas vergrößert durch die Verbindungen zwischen den verschiedenen Spulen, welche unter Verlängerung der betreffenden Stäbe, wie gezeichnet, in vier verschiedenen durch deren Querschnitt bedingten Abständen vom Ständer anzuordnen sind.

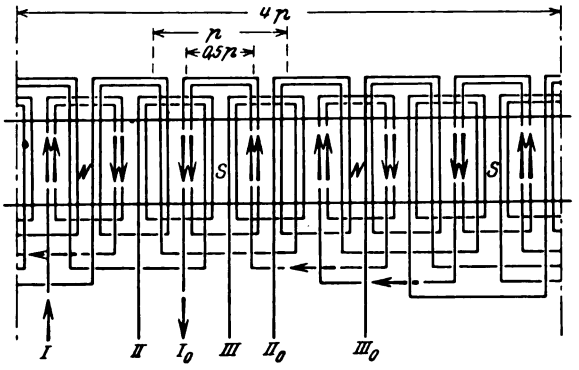


Abb. 3. Schema (4polig) einer Ständerwicklung mit ½ Polschritt und zwei Windungen je Phase und Pol.

Die durch die oben erläuterten Wirkungen dieser Ständerwicklungen mit ½ Polschritt erzielten Resultate haben ergeben, daß im Gegensatz zu den Erfahrungen an solchen Maschinen mit normaler Ständerwicklung die vollkommen stabile Arbeitsweise der Asynchronmotoren, auch bei beliebig hoher Überregung im Leerlauf, hier gerade durch die Reihenschlußerregung erzielt wird.

Sie haben ferner ergeben, daß selbst bei Hinzufügung einer Nebenschlußwicklung auf dem Ständer und bei beliebig hoher Regelung der Überkompensierung der Asynchronmotoren durch diese die gleichzeitige Reihenschlußerregung hier außerdem auch vollständig jede Neigung zu Pendelbewegungen des Asynchronmotors unterdrückt, welche bekanntlich bei Benutzung mehrphasiger Erregermaschinen mit reiner Nebenschlußerregung leicht auftreten.

Hierbei kann selbst die Reihenschlußerregung verhältnismäßig schwach gewählt werden, u. zw. so, daß sie allein nicht zur Selbsterregung der Maschine ausreicht und diese erst bei gleichzeitiger Einschaltung der Nebenschlußerregung eintritt. Auch in diesem Falle hat die stabilisierende Wirkung der hinzukommenden Reihenschlußerregung zur Folge, jede Neigung zu Pendelbewegungen zu unterdrücken. Ein solcher leerlaufender Asynchronmotor kann deshalb auch als durch die Erregermaschine selbsterregt wirkende Blindleistungsmaschine dienen, deren Blindleistung in allen Grenzen von Null bis zur vollen Höhe durch die Nebenschlußregelung geregelt werden kann.

In der großen Mehrzahl aller Anwendungen wurden diese Erregermaschinen bisher als reine Reihenschlußmaschinen benutzt, u. zw. wegen der sehr großen Einfachheit in dieser Ausführung und weil in allen Antrieben durch Asynchronmotoren es im allgemeinen ausreicht, eine bestimmte Charakteristik zu erzielen, welche meist so gewählt wird, daß die Kompensierung oder Überkompensierung des Asynchronmotors von Leerlauf bis Vollast annähernd konstant bleibt. Der gesamte Kupferquerschnitt im Ständer wird nur um sehr wenig, ungefähr 30 %, größer als derjenige einer normalen Kompensationswicklung, u. zw. ohne daß dabei noch eine besondere Erregerwicklung erforderlich ist. Die Folge ist, daß bei gegebenem Läufer die äußeren Durchmesser der Ständerbleche nur verhältnismäßig klein bleiben und die Modelle der Maschinen klein werden. Die gleichzeitige Anwendung einer Nebenschlußerregung anderseits hat infolge der Kompoundwirkung der beiden Erregungen zur Folge, daß man in solchen Erregermaschinen eine noch höhere maximale Materialausnutzung erzielen kann, worauf weiter unten noch zurückgekommen wird.

Außer ihren Vorzügen in stoßartig belasteten Betrieben sind dann auch noch als besonders interessant außer ihrer Einfachheit sehr vorteilhafte Wirkungen der Reihenschlußerregung hervorzuheben, wie sie insbesondere in Walzwerksantrieben bei Schwungradausnutzung mit selbsttätigen Schlupfreglern erzielt wurden.

Es ist bekannt, daß für solche Fälle bei Benutzung eines Kommutatormotors als Hintermotor in Kaskadenschaltung die selbsttätige Regelung nicht sehr einfach wird und außerdem ein solcher Hintermotor immer einen größeren Kommutatormotor darstellt, in welchem die Dauerverluste ungefähr ebenso groß werden wie die vorübergehenden Verluste in einem nur zur Deckung der Spitzenleistungen bei den Stichen einzuschaltenden zusätzlichen Schlupfwiderstand. Um den mittleren Leistungsfaktor der Anlagen zu verbessern und vor allem, um sie von den Blindströmen zu entlasten, welche während längerer Leerläufe oder bei niederer Belastung der Walzwerksmotoren durch diese hervorgerufen werden, bedient man sich deshalb in letzter Zeit vielfach mehrphasiger Erregermaschinen in der Weise, daß die Motoren bei Leerlauf stark überkompensiert werden. Nur beim Einschalten des Schlupfwiderstandes bei höherer Belastung fällt dann die Kompensierung des Motors ab. Infolge des gleichzeitig auftretenden Belastungstromes wird dabei jedoch der mittlere Leistungsfaktor nur in einem gewissen Maße beeinträchtigt.

Der Vorteil der Reihenschlußerregung der vorliegenden Erregermaschinen ist dann außer ihrer sehr großen Einfachheit, daß die Verhältnisse und die erzielbare Charakteristik des Asynchronmotors so gewählt werden können, daß zunächst ohne zusätzlichen Schlupfwiderstand die Überkompensierung des Motors mit zunehmender Belastung noch stark ansteigen würde. Daraus folgt dann, daß beim Einschalten des Schlupfwiderstandes und zunehmender Schlüpfung die Kompensierung des Motors wesentlich langsamer abfällt, als dies bei Benutzung anderer Systeme, wie beispielsweise der fremderregten Erregermaschinen, der Fall ist.

3. Stabiler Betrieb bei normaler Ständerwicklung durch Schaltung.

Die gleichen Resultate können dann schließlich, wie es sich zeigt, auch bei Benutzung einer normalen Ständerwicklung mit Polschritt erreicht werden, wobei es genügt, diese nur in einer geeigneten Weise zu schalten, u. zw. derart, daß man wieder eine Stromverteilung erhält, als wenn sie mit ½ Polschritt ausgeführt wäre.

Es ist bekannt, daß man beispielsweise eine normale Dreiphasenwicklung erhält, in welcher die Stäbe in zwei Ebenen in den Nuten übereinanderliegend angeordnet sind wie bei einer Gleichstrom-Trommelwicklung, indem man diese an 6 Stellen aufschneidet, also zunächst 6 Phasen erhält, und die dann in denselben Nuten liegenden Phasen durch je eine, von den symmetrisch gleichmäßig fortlaufenden abweichende Verbindung zu einer Phase zusammenschaltet.

Abb. 2 und 3 zeigen, daß bei einer Wicklung mit ½ Polschritt eine ähnliche Ausführung nicht möglich wäre, weil die gesamten Stäbe in jeder Nut einmal nach der einen Seite und in der folgenden Nut nach der anderen Seite abzubiegen wären. Es handelt sich aber lediglich darum, um denselben Zweck zu erzielen, zunächst die gleiche Verteilung der Ströme in jeder Phase zu erhalten. Wie die Wicklungschaltbilder Abb. 2 und 3 zeigen, muß die Verteilung eine solche sein, daß für eine gegebene Stromrichtung der Strom in jeder Phase auf vier um 90 ° verschiedene Stellen für jedes Polpaar verteilt ist und an diesen aufeinanderfolgenden Stellen abwechselnd die gleiche und die umgekehrte Richtung erhält. Die nähere Untersuchung ergibt dann jedoch, daß die gleiche Stromverteilung auch bei den obengenannten normalen Dreiphasenwicklungen erzielt werden kann, u. zw. durch von den übrigen symmetrischen abweichende und an einzelnen Stellen in jeder Phase in geeigneter Weise anzuordnende Verbindungen.

Dieses sei an Hand einiger nach Art der genannten Gleichstrom-Trommelwicklung ausgeführter, Wicklungsschaltbilder erläutert. Diese sind alle der Klarheit wegen wieder nur 4polig gezeichnet und für höhere Polzahlen nur entsprechend zu verlängern. Überall sind wieder 6 Nuten auf jeden Pol angenommen. Die Leiter oder Stäbe sind in üblicher Weise dargestellt, indem ihre äußeren Teile für die in den Nuten unten liegenden Stäbe durch unterbrochene, und für die oben liegenden Stäbe durch ausgezogene Linien dargestellt sind.

Abb. 4 zeigt ein Schaltbild, in welchem der Wicklungsschritt, wie auf der Rückseite eingeschrieben, gleich dem Polschritt p ist. Auf der Vorderseite sind zunächst die abweichenden Verbindungen a die gleichen, wie sie bei normalen Dreiphasenwicklungen angewandt werden. Außerdem sind die abweichenden Verbindungen b, hier zwei in jeder Phase, eingeschaltet, welche beispielsweise an den

Digitized by Google

betreffenden Stellen je zwei Stäbe verbinden, die um 1½ Polschritt verschieden liegen. Verfolgt man dann den Stromverlauf für eine Phase, z. B. I-I_0, so zeigen die eingezeichneten Pfeile, daß die Stromverteilung genau die gleiche wird wie in dem gleichfalls 4poligen Schema nach Abb. 3, mit ½ Polschritt.

Abb. 5 zeigt das gleiche Bild, wobei jedoch die Verbindungen *a* fortgelassen sind und die Wicklung jeder Phase in zwei Gruppen parallel geschaltet ist, deren Stäbe in denselben Nuten liegen, so daß man statt 2 wirksamen Stäben in jeder Nut (Abb. 4) hier 1 wirksamen Stab in

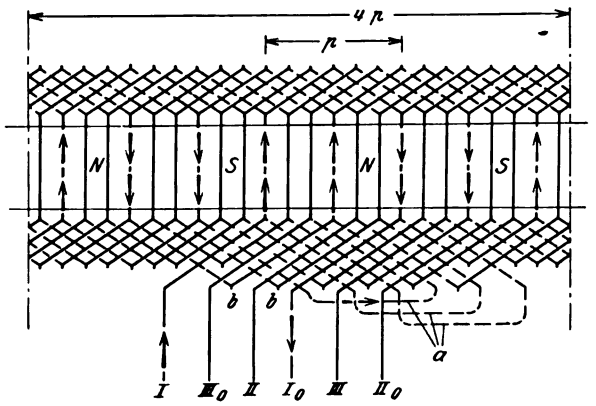


Abb. 4. Schema (4polig) einer Ständerwicklung mit normalem Polschritt; Schaltung derselben bei Stromverteilung entsprechend einer Wicklung mit ½ Polschritt; 2 wirksame Leiter je Nut.

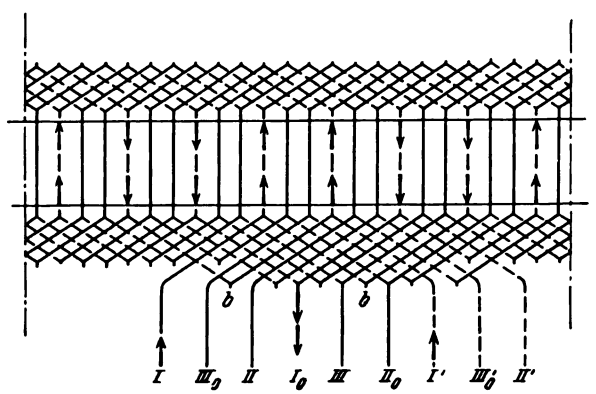


Abb. 5. Schema wie Abb. 4 bei analoger Schaltung in zwei Gruppen parallel je Phase; 1 wirksamer Leiter je Nut.

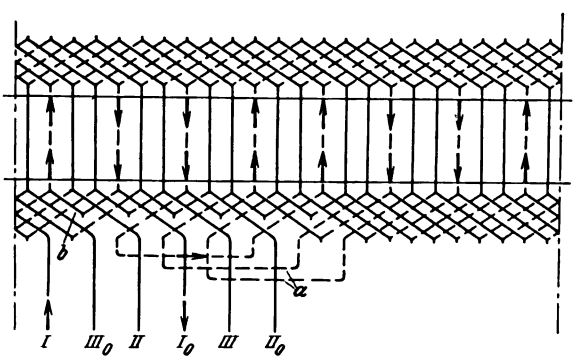


Abb. 6. Wicklungsschema bei anderer Schaltung und gleicher Stromverteilung; 2 wirksame Leiter je Nut (wie Abb. 4).

1 Nut erhält. Bei mehrpoligen Maschinen liegen dann die einseitigen Enden jeder Phase, beispielsweise I und I', weiter voneinander ab, während die anderen Enden, wie hier beispielsweise I_0, durch eine analoge Verbindung wie *b* vereinigt sein können. Die Verbindungen *b* können, wie in den Abbildungen beispielsweise gezeichnet ist, dadurch gebildet werden, daß man die Stabenden an den betreffenden Stellen etwas länger ausführt als die übrigen.

Abb. 6 zeigt eine prinzipiell analog wirkende Ausführung wie Abb. 4, wieder 2 wirksame Stäbe in der Nut, mit dem Unterschiede, daß die abweichenden Verbindungen *b* an zwei Stellen in jeder Phase hier an den betreffenden Stellen je zwei Stäbe verbinden, die um ½ Polschritt verschieden liegen. Hier können deshalb die Verbindungen *b*, wie gezeichnet, auch dadurch gebildet werden, daß man die betreffenden Stabenden etwas kürzer ausführt.

Abb. 7 zeigt mit demselben Unterschiede eine im übrigen analog wirkende Anordnung wie Abb. 5, also durch Parallelschaltung in zwei Gruppen in jeder Phase 1 wirksamen Stab auf die Nut.

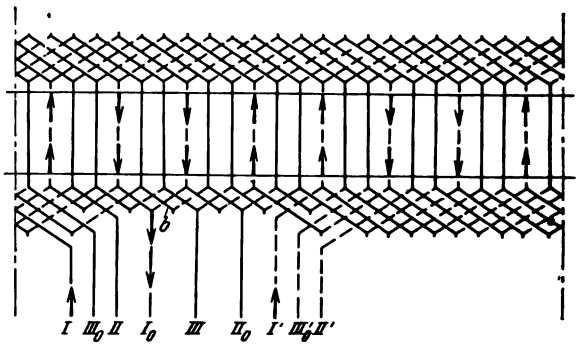


Abb. 7. Wicklungsschema, Schaltung nach Abb. 6, in zwei Gruppen parallel je Phase; 1 wirksamer Leiter je Nut (wie Abb. 5).

Für Wicklungen mit größeren Stabzahlen auf den Pol werden die Anordnungen nach Abb. 4 und 5 vorteilhafter, weil alle Lötstellen der verschiedenen Verbindungen dann leichter zugänglich sind.

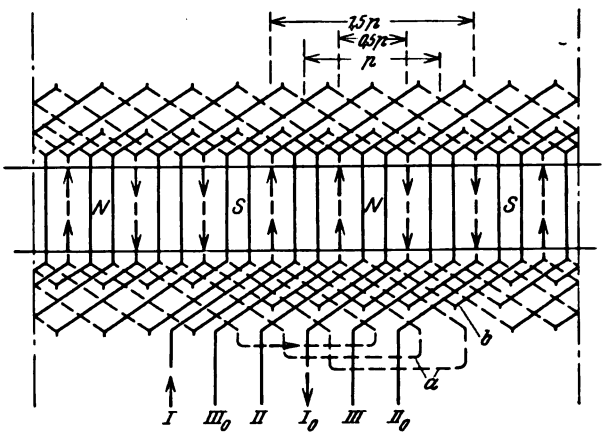


Abb. 8. Wicklungsschema mit mittlerem normalen Polschritt, abwechselnd ½ und 1½ Polschritt, bei anderer Schaltung und gleicher Stromverteilung; 2 wirksame Leiter je Nut (wie Abb. 4).

Abb. 8 zeigt eine andere Anordnung, in welcher der Wicklungsschritt abwechselnd 1½ und ½ Polschritt ist, also der mittlere Wicklungsschritt wieder gleich dem Polschritt *p* wird. Wie das Schaltbild ergibt, erlaubt diese Kombination gleichfalls eine der Gleichstrom-Trommelwicklung entsprechende Anordnung der Stäbe, weil es sich zeigt, daß zur Erzielung der gewünschten Stromverteilung die äußeren Teile aller oberen Stäbe jeder Nut auch hier im gleichen Sinne und aller unteren Stäbe im anderen Sinne abzubiegen sind. Dabei sind die abweichenden Verbindungen *b*, wieder zwei in jeder Phase, hier beispielsweise so gewählt, daß sie je zwei Stäbe verbinden, die um einen Polschritt verschieden liegen. Das Bild gilt wieder wie in Abb. 4 und 6 für zwei wirksame Stäbe in 1 Nut. Verfolgt man den Stromverlauf für eine Phase, zum Beispiel I-I_0, so zeigen die eingezeichneten Pfeile, daß die Stromverteilung wieder genau die gleiche gewünschte wird.

Abb. 9 zeigt die analoge Umschaltung jeder Phase in zwei Gruppen parallel, wie oben für die Abb. 5 und 7 erläutert war, also wieder einen wirksamen Stab in 1 Nut bildend.

Diese Anordnung erlaubt dann schließlich noch eine andere Wirkung zu erzielen. Wie oben gesagt war, ist bei mehrpoligen Maschinen zu vermeiden, daß Stäbe parallel geschaltet werden, welche zu verschiedenen Polen derselben Polarität identisch liegen, und es zeigt sich, daß man bei dieser Anordnung 4 Gruppen von Stäben erhält, welche diese Bedingung erfüllen, wie Abb. 10 zeigt.

Digitized by Google

In der Abb. 10 ist zunächst zur Klarheit nur eine der drei Phasen eingezeichnet, und diese ist in 4 Gruppen zerlegt, $I'—I'_0$, $I''—I''_0$, $I^\wedge—I^\wedge_0$, $I^\frown—I^\frown_0$. Verfolgt man dann den Stromverlauf in diesen 4 Stromkreisen, so findet man, wie oberhalb der Abbildung eingeschrieben ist, daß alle in den gleichen Nuten liegenden Stäbe der Phasen I'' und $I^\wedge$ beispielsweise identisch liegen zu den jeweiligen N-Polen und ebenso alle in gleichen Nuten liegenden Stäbe der Phasen I' und I zu den jeweiligen S-Polen. Das heißt, die 4 Gruppen jeder Phase dürfen parallel zueinander verbunden werden, was beispielsweise bei 2 Stäben in 1 Nut der Wirkung von $2/4 = ½$ wirksamen Stab in 1 Nut äquivalent wird. Dieser Fall kann unter Umständen erwünscht werden, wenn es sich um Maschinen für sehr große Ströme und hohe Polzahlen handelt.

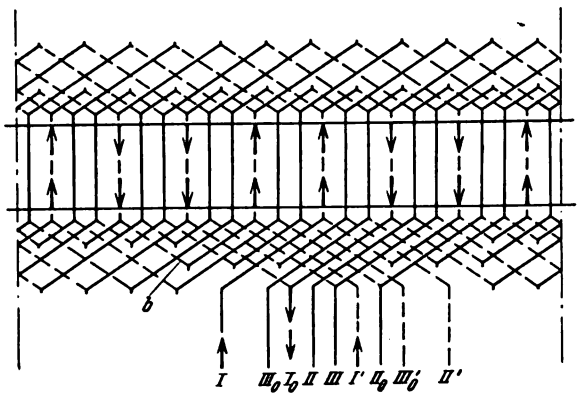


Abb. 9. Wicklungschema wie Abb. 8 mit Schaltung in zwei Gruppen parallel je Phase; 1 wirksamer Leiter je Nut (wie Abb. 5).

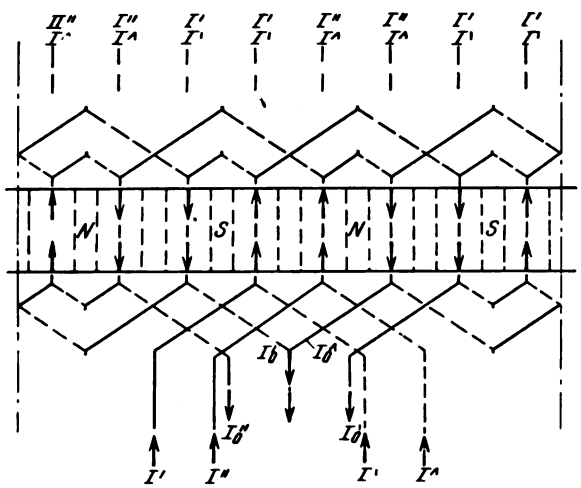


Abb. 10. Wicklungschema wie Abb. 8 mit Schaltung in vier Gruppen parallel je Phase, äquivalent ½ wirksamen Leiter je Nut.

Die Benutzung dieser an sich sehr einfachen in der beschriebenen Weise geschalteten Ständerwicklungen mit normalem Polschritt oder mittlerem Wicklungschritt gleich Polschritt wird trotz der etwas größeren gesamten Leiterlänge in jeder Phase bei gegebener Polzahl, vorteilhaft insbesondere bei Maschinen für höhere Polzahlen. Vor allem bei gleichzeitiger Benutzung einer Nebenschlußwicklung im Ständer erhält man im allgemeinen als zweckmäßigste Ausführung Maschinen mit verhältnismäßig höheren Polzahlen. Die hinzukommende Nebenschlußerregung bietet dann nicht nur den Vorteil der obengenannten einfachen Regelung der Maschine, sondern erlaubt gleichzeitig durch ihre Kompoundwirkung, die denkbar beste Materialausnutzung in der Maschine erzielen zu können.

In der einfachen Reihenschlußmaschine zunächst entsprechen die magnetisierenden Stromwindungen eines Pols nur einer Komponente, welche ungefähr der Hälfte der gesamten Stromwindungen der Ständerwicklung je Pol entspricht. Die hinzukommende Nebenschlußerregung hingegen erzeugt nur magnetisierende Stromwindungen in Phase mit der magnetisierenden Komponente der ersteren; d. h. beispielsweise bereits bei nur ungefähr dem halben Kupfergewichte der Nebenschlußwicklung würde ihre Kompoundwirkung die magnetisierenden Stromwindungen der Reihenschluß-Ständerwicklung allein verdoppeln.

Hieraus ergibt sich dann eine sehr hohe Materialausnutzung solcher als Kompoundmaschinen arbeitenden Erregermaschinen, wenn man die Stromwindungszahl des Reihenschlußstromkreises eines Pols verhältnismäßig niedriger wählt, d. h. bei einer gegebenen gesamten Stromwindungszahl die Maschinen mit verhältnismäßig höheren Polzahlen ausführt.

Die Abb. 11 zeigt schließlich noch ein abgerolltes Schaltbild, aus dem ersichtlich ist, wie einerseits die Verbindung der Hauptwicklung des Ständers, dem ersten Schema der Abb. 1 entsprechend, mit den Bürsten des Kommutators und deren Einstellung zu wählen ist, und wie anderseits bei gleichzeitiger Anbringung einer Neben-

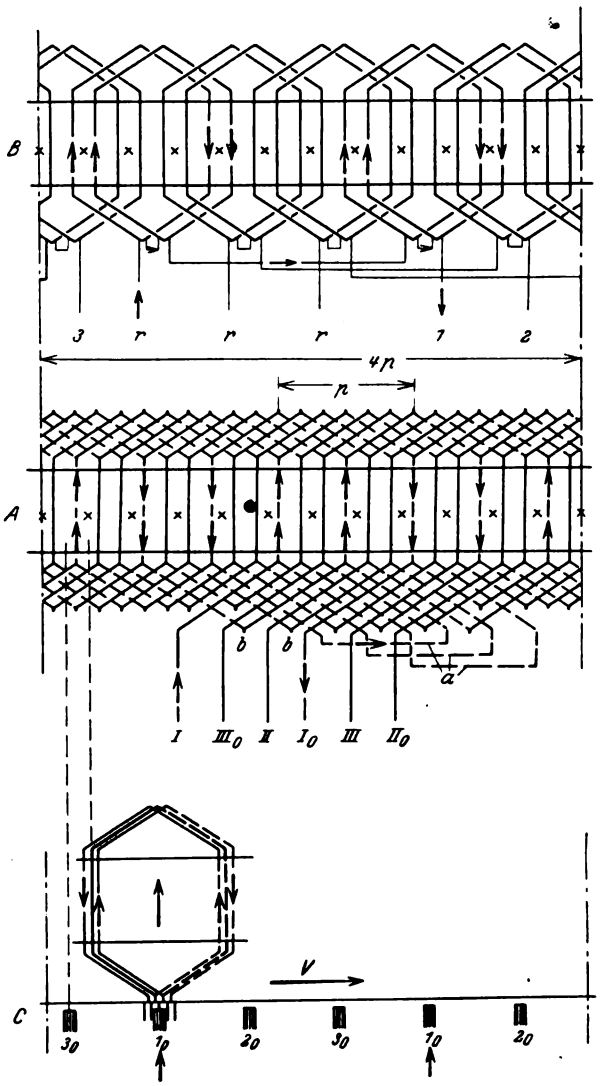


Abb. 11. Schaltbild (4polig) der Erregermaschine bei Drehrichtung V des Läufers für die Verbindung der Hauptwicklung A des Ständers einerseits mit den Bürsten des Kommutators C und deren Einstellung und anderseits mit der Nebenschluß-Erregerwicklung B des Ständers.

schluß-Erregerwicklung auf dem Ständer diese anzuordnen und an die äußeren Klemmen der Maschine anzuschließen ist. Das Schaltbild gilt für die gleiche oder die umgekehrte Drehrichtung wie in Abb. 1 je nachdem es von der Achse aus oder von außerhalb der Maschine gesehen aufgefaßt wird. In Abb. 11 sei zunächst A die Hauptwicklung des Ständers, u. zw. in der Ausführung nach Abb. 4; C sei der Kommutator des Läufers mit dem vierpoligen Schema entsprechend sechs Bürsten. Die Parallelwicklung des Läufers sei mit einem Wicklungschritt zwischen Lamellen gleich dem Polschritt ausgeführt, wie dies durch eine stärker ausgezogene, in der gezeichneten Stellung durch eine Bürste kurzgeschlossene Windung dargestellt ist, während auf der Vorderseite der Schritt um eine Stabteilung kleiner ist. Bei Anschluß dieser Bürste I_0 an die Ständerklemme I_0 entspricht dann die aus der Überlage-

Digitized by Google

rung der Ströme der drei Phasen sich ergebende Richtung und Mitte des Stromes der Phase *I* im Läufer dem dort eingezeichneten stärkeren Pfeil.

In der Kurzschlußstellung der Bürsten müßte dieser Strom dem Strom im Ständer genau entgegengesetzt sein, d. h. dieser Pfeil müßte in der Mitte zwischen den durch entgegengesetzt gerichtete Pfeile markierten Stäben des Ständers liegen. In der Stellung als selbsterregter Generator sind, wie eingangs an Hand der Abb. 1 erläutert wurde, die Bürsten zu dieser Kurzschlußstellung um 30° entgegengesetzt zum Drehsinn einzustellen. Dies ergibt dann die in der Abb. 11 dargestellte Bürstenstellung, wenn die Bürsten 1_0 1_0 an die Klemme I_0, 2_0 2_0 an II_0 und 3_0 3_0 an III_0 des Ständers angeschlossen werden und wenn *V* die Drehrichtung des Läufers ist.

Es ist ersichtlich, daß, wenn die Wicklungen genau symmetrisch ausgeführt sind, die richtige Bürstenstellung bereits auch ohne sonstige Versuche leicht von vornherein bestimmt werden kann, da die einzelnen Bürsten symmetrisch zu ganz bestimmten Endverbindungen des Ständers liegen müssen, wie dies beispielsweise für eine der Bürsten (3_0) durch eine punktierte Linie angedeutet ist.

Ferner ist aus Abb. 11 auch ersichtlich, daß die Stäbe jeder durch eine Bürste kurzgeschlossenen Windung immer unter die durch Kreuze bezeichneten Zähne des Ständers zu liegen kommen, d. h. an die Stellen, wo in der eingangs erläuterten Weise die Stromwindungen der Ständerwicklung geeignete Wendefelder erzeugen.

Bei gleichzeitiger Anbringung einer Nebenschluß-Erregerwicklung schließlich ist diese dann in den gleichen Nuten mit der Hauptwicklung des Ständers, am besten unterhalb dieser und so anzuordnen und zu schalten, daß ihre Stromwindungen koaxial zu den Bürstenachsen der betreffenden Phasen liegen und die Wirkung der Hauptwicklung verstärken. In Abb. 11 zeigt *B* eine entsprechende Anordnung dieser Nebenschlußwicklung, wobei die Ströme jeder Phase immer beiderseitig zu je einer Wendezone liegen, also auf die Wendefelder keinen Einfluß ausüben. Ihre Klemmen sind hierbei an die äußeren Klemmen der Maschine anzuschließen, u. zw. *1* an *I*, *2* an *II* und *3* an *III* der Hauptwicklung des Ständers, während die anderen Klemmen jeder Phase, *r r r*, welche ihren neutralen Punkt bilden, an den Regelwiderstand der Nebenschlußerregung anzuschließen sind.

Das Kraftwerk Wäggital (Schweiz).

Von **A. Kraft**, Siebnen.

Übersicht. **Der Verfasser berichtet über die örtliche Lage des Werkes sowie die Gründung und den Zweck der AG. Kraftwerk Wäggital. Er beschreibt die baulichen, maschinellen und elektrischen Anlagen des zweistufigen Kraftwerkes und schließt mit Angaben über die Bauzeit, Finanzierung und den Betrieb des Werkes.**

Allgemeines.

Das Kraftwerk Wäggital bezweckt, wie der Name andeutet, die Ausbeutung der Wasserkräfte des Wäggitales. Dieses von Süden nach Norden verlaufende rd. 13 km lange Tal liegt in den schweizerischen Voralpen im Kanton Schwyz und mündet etwa 5 km südlich des oberen Zürichsees in die Zürichsee-Ebene; es liegt rd. 44 km südöstlich von Zürich.

Den Bau und Betrieb des Werkes übernahm die AG. Kraftwerk Wäggital mit Sitz in Siebnen (Kt. Schwyz). Deren Aktienkapital von 40 Mill Fr ist je zur Hälfte im Besitze der Stadt Zürich und der Nordostschweizerischen Kraftwerke AG. in Baden (Kt. Aargau). Die beiden Aktionäre haben Anspruch auf je die Hälfte der erzeugbaren elektrischen Arbeit, der verfügbaren Leistung und der installierten Maschinen und kommen dementsprechend auch für die Jahreskosten gemeinsam auf. Das Wäggitalwerk ist vorwiegend als Winterkraftwerk gedacht, d. h. die erzeugbare elektrische Arbeit (das 10jährige Mittel beträgt rd. 110 Mill kWh) wird in der Hauptsache während der sechs Wintermonate Oktober bis März abgegeben, die Sommermonate dienen der Speicherung von Arbeit. Hierfür ist im inneren Wäggital das weiter unten beschriebene künstliche Staubecken geschaffen worden. Die Füllung des Beckens erfolgt einerseits durch die Zuflüsse aus seinem natürlichen Einzugsgebiet (42,7 km²) und anderseits durch die Zuflüsse aus dem natürlichen Einzugsgebiet (40,0 km²) des weiter unten erwähnten Rempenbeckens, welche zum größten Teil vermittels einer Pumpanlage in das Innertalerbecken gefördert werden.

Beschreibung der Anlage.

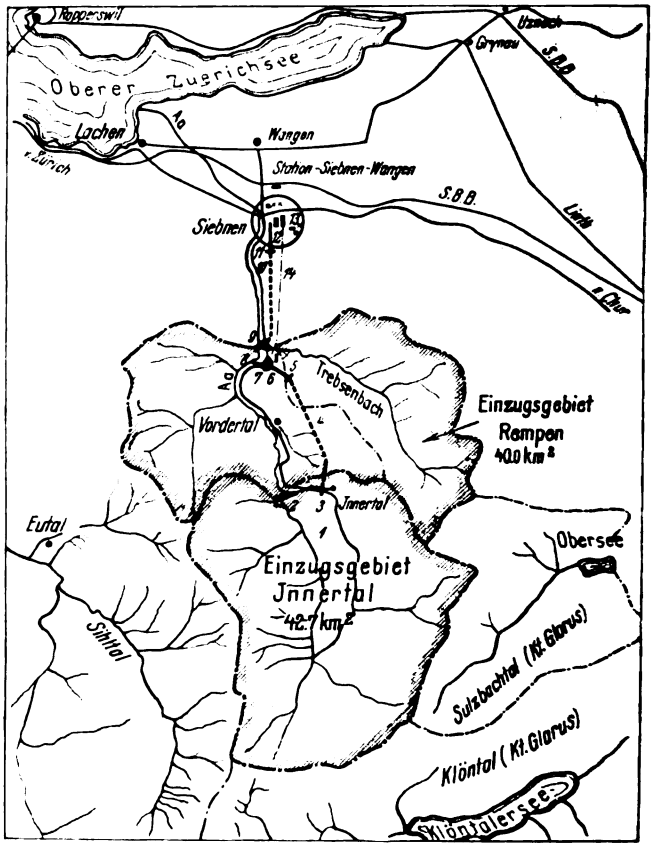
Wie Abb. 1 zeigt, ist das Wäggitalwerk zweistufig und besteht aus folgenden Anlageteilen:

a) Obere Stufe: *1* Stausee Innertal, *2* Staumauer Schräh, *3* Wasserfassung, *4* Druckstollen, *5* Wasserschloß und Apparatehaus, *6* Druckleitungen, *7* Kraftwerk Rempen (installierte Turbinen 90 000 PS, installierte Pumpen 20 000 PS).

b) Untere Stufe: *8* Ausgleichbecken Rempen, *9* Staumauer Rempen mit Wasserfassung, *10* Druckstollen, *11* Wasserschloß und Apparatehaus, *12* Druckleitungen, *13* Kraftwerk Siebnen (installierte Turbinen 70 000 PS), *14* 50 kV-Leitung Rempen—Siebnen.

Diese Anlageteile sollen nachstehend beschrieben werden. Mit Rücksicht auf den hier zur Verfügung stehenden Raum kann nur über die wichtigsten Punkte berichtet und muß bezüglich Einzelheiten auf ausführliche Beschreibungen der Gesellschaft[1] verwiesen werden.

Der Stausee Innertal (Abb. 2) besitzt einen nutzbaren Stauinhalt von 147 Mill m³ bei einer größten Absenkung



× Wohnkolonien ×× Betriebsleitung

Abb. 1. Lageplan.

von 50 m. Diesem Wasservorrat entspricht eine elektrische Arbeit von rd. 122,4 Mill kWh für beide Stufen, gemessen

[1] Lesern, die sich eingehender orientieren wollen, empfehlen wir die Anschaffung der im Verlage der AG. Kraftwerk Wäggital in Siebnen (Kt. Schwyz) erschienenen Beschreibungen:

Das Kraftwerk Wäggital, Bericht der Bauleitung, Ganzleinenband mit rd. 230 Seiten Text, 267 Photos, Tabellen, Diagrammen und zwei farbigen kartographischen Beilagen, Preis 12 Fr. — Lütschg, Zur Wasserwirtschaft des Kraftwerks Wäggital, Preis 6 Fr. Die Abb. 2 ... 4 sind mit Erlaubnis der Gesellschaft diesem Berichte entnommen.

Digitized by Google

an den Oberspannungsklemmen der Transformatoren. Der Höchstwasserspiegel liegt 900 m ü. M., die Seeoberfläche beträgt hierbei 4,15 km². Die Bildung des Sees erfolgte

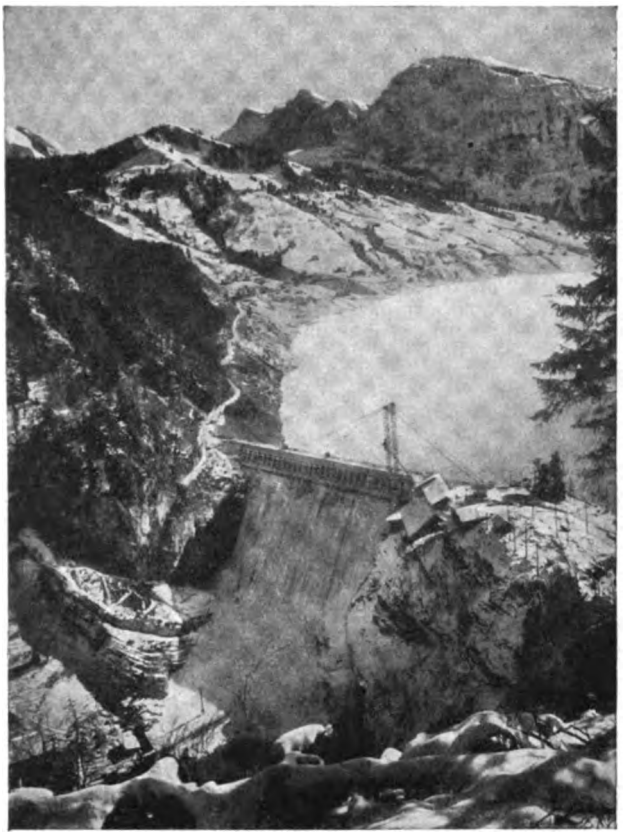


Abb. 2. Innertalsee mit großer Staumauer.

durch Stauung der Wäggitaler Aa mittels der Staumauer Schräh. Es ist dies eine reine Schwergewichtsmauer aus Gußbeton mit einem Volumen von 236 000 m³. Die Mauer besitzt eine gesamte Höhe von 110,5 m, wovon 66 m über und 44,5 m unter dem Talboden liegen. Die Mauerstärke ist 4 m auf der Krone, 54 m auf dem Talboden und 75 m an der Basis; die Kronenlänge 156 m. Die Staumauer hat einen Überfall mit drei elektrisch betätigten Schützen und einen Grundablaß mit zwei von Hand bedienten Drosselklappen.

Die Wasserfassung der oberen Stufe (Stolleneinlauf) hat einen aufziehbaren Feinrechen und eine mittels Drucköls gesteuerte Drosselklappe mit 3,2 m l. Dmr. nebst Umlaufschieber. Bei Arbeiten im Stollen wird der Feinrechen durch eine gut dichtende Schütze ersetzt. Der Druckstollen der oberen Stufe ist 3,7 km lang, hat kreisrunden Querschnitt von 3,6 m l. Dmr. und ein Gefälle von 3 bis 3½ ‰. Auf etwa 3,3 km ist der Stollen ausbetoniert, 340 m besitzen einen eisenarmierten Gunitmantel und auf eine Länge von 80 m mußten eiserne Röhren verwendet werden. Bei der größten Durchflußmenge von 32 m³/s wurde für die ganze Stollenlänge ein gesamter Druckverlust von 7,6 m W. S. gemessen. Am Ende des Druckstollens befinden sich das Wasserschloß und das Apparatehaus, in welchem der Übergang vom Stollen auf zwei Druckleitungen stattfindet. Jede der beiden Druckleitungen ist mit einer Drosselklappe von 2,4 m l. Dmr., zwei Belüftungsventilen und einem Leerlaufschieber ausgerüstet. Die Drosselklappen haben Druckölsteuerung, welche von Hand, selbsttätig oder elektrisch vom Kraftwerk Rempen aus betätigt werden kann. Die zwei Druckleitungen haben eine Neigung von 29,5 ... 40 °; sie sind offen verlegt, rd. 560 m lang und haben vier Festpunkte und 24 dazwischen liegende Stützpunkte. Bei jedem Festpunkt sind Expansionen vorhanden, die Stützpunkte haben Rollenlagerung. Der untere Teil der Leitungen, 416 m, besteht aus Mannesmannröhren, der obere Teil, 144 m, aus genieteten Röhren. Der lichte Durchmesser der Leitungen schwankt von 2,05 bis 2,4 m, die Blechstärke von 15 bis 34 mm. An einer der beiden Druckleitungen ist eine Wassermeßvorrichtung, System Dufour, vorhanden. Längs des Kraftwerks Rempen verlaufen die Leitungen im Boden.

Das Kraftwerk Rempen (Abb. 3) ist 54 m lang und 26 m breit. Der Unterbau aus Eisenbeton erreicht eine Tiefe von 14 m, der Oberbau, ein Eisenskelettbau mit Kalksteinen ummauert, hat eine Höhe des Dachgesimses von 16 m. Das Kraftwerk enthält 4 vertikalachsige Francis-Turbinen mit darüberliegenden gekuppelten Drehstromgeneratoren und 4 gleichfalls vertikalachsige dreistufige Zentrifugalpumpen, gekuppelt mit Synchron-Induktionsmotoren, ferner 4 Drehstromtransformatoren sowie eine 8 kV- und eine 50 kV-Schaltanlage einschl. Kommandostelle. Die Turbinen-Generatorgruppen haben ein auf dem Generator aufgebautes sich selbst entlastendes Spurlager mit eingebauter Wasserkühlung sowie zwei Generator- und ein Turbinenhalslager. Außer dem üblichen Zubehör gehören zu jeder Turbine eine Wassermeßdüse, eine vollständige Druckölerzeugungsanlage für die Regelung sowie die erforderlichen Einrichtungen, um bei Blindleistungserzeugung mit den Generatoren die Turbinen ohne Wasser mitlaufen lassen zu können. Die Generatoren sind mit gekuppelten Erregern ausgerüstet. Der Nullpunkt der Generatoren ist herausgeführt, aber isoliert. Für die Belüftung der Generatoren sind reichlich bemessene Frischluft- und Abluftkanäle vorhanden. Im Winter wird die Generatorenabluft zum Heizen des Kraftwerks verwendet. Jeder Generator hat eine elektrische Temperatur-Fernmeßeinrichtung (Luft, Kupfer und Eisen des Stators), einen Überstromregler und zwei Maximalstromrelais, System BBC, sowie eine Kohlensäure-Löschvorrichtung für den Fall eines Generatorbrandes.

Die Lagerung der Pumpenmotorengruppen besteht aus einem auf dem Motor aufgebauten Spurlager wie oben beschrieben und je zwei Führungslagern am Motor und an der Pumpe. Zur Veränderung der Fördermenge ist jede Pumpe mit einem Regelungsventil ausgerüstet, das gleichzeitig als selbsttätige Rückschlagklappe dient, um ein Durchgehen der Pumpe als Turbine zu verhindern, falls die Stromzufuhr zum Motor plötzlich unterbrochen wird. Bei kleinen Förderhöhen und asynchronem Lauf der Motoren ist es auch auf elektrischem Wege möglich, die Fördermenge zu regeln. Die Evakuierung der Pumpen beim An-

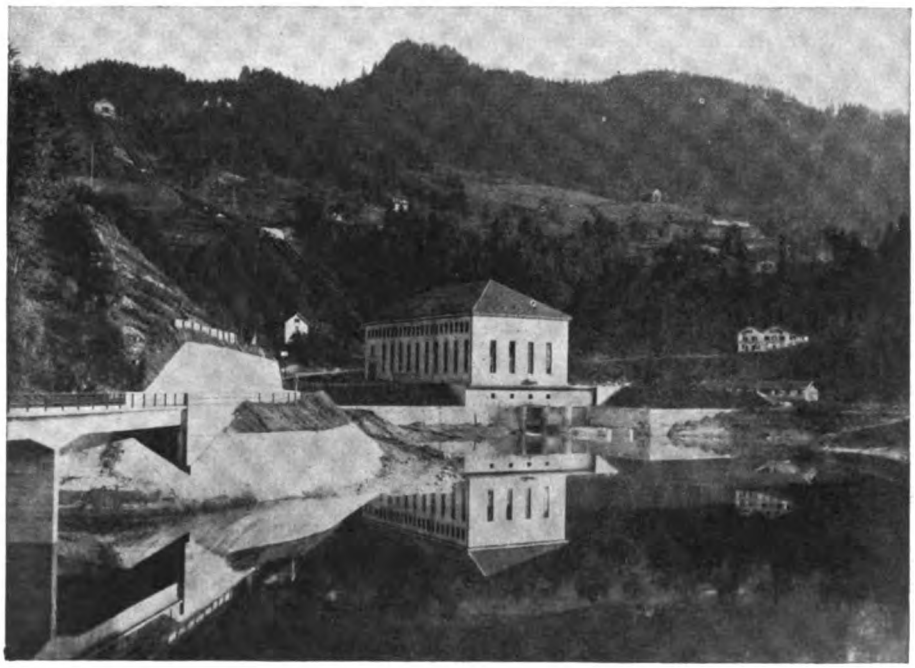


Abb. 3. Kraftwerk Rempen.

Digitized by Google

lassen erfolgt mittels eines Wasserstrahlapparates. Auch die Pumpen sind mit Wassermeßdüsen ausgestattet. Die Motoren haben keine besonderen Luftkanäle, sie saugen die Kühlluft im Pumpenraum an und stoßen sie in den Maschinensaal aus. Der Maschinensaal besitzt deshalb eine besondere Entlüftungsanlage mit zwei kräftigen Schraubenventilatoren. Die Motorerreger sind über dem Spurlager angeordnet und mit den Motoren gekuppelt. Die Motoren werden mit einem Stufentransformator (7 Spannungsstufen) und einem in den Rotorstromkreis eingeschalteten Wasserwiderstand angelassen. Beide Apparate haben elektrische Fernsteuerung. Durch Veränderung des Schlupfes ist eine Drehzahlverminderung bis 10 %, bezogen auf die synchrone Drehzahl, möglich. Die Pumpen lassen sich im Stillstand leicht abkuppeln, so daß die Motoren auch als Phasenkompensatoren verwendbar sind. Mittels einer elektrischen Fernmeßvorrichtung können auch an den Motoren die Temperaturen des Statorkupfers und des Statoreisens ständig kontrolliert werden. Als Überstromschutz dienen Maximalstromrelais.

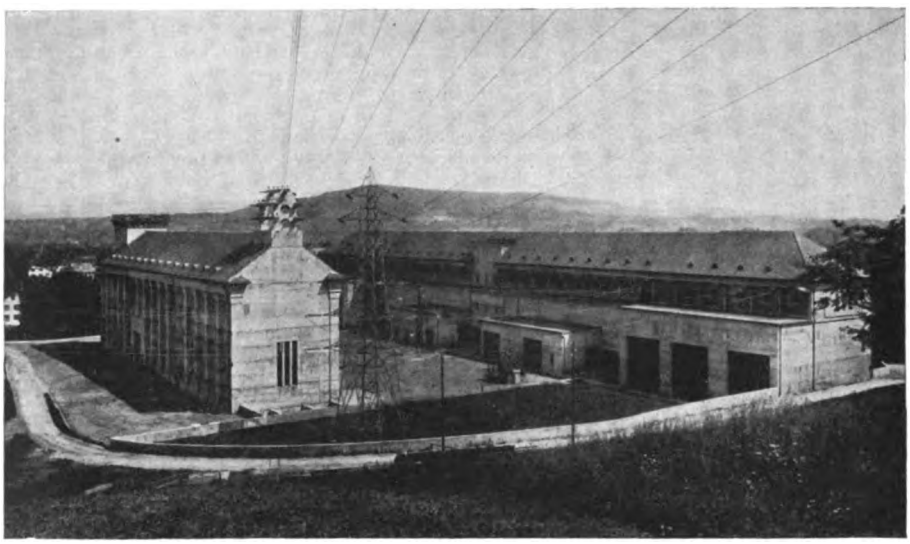


Abb. 4. Kraftwerk Siebnen.

Die Betriebsdaten der Maschinen sind nachfolgend zusammengestellt:

I. Turbinen-Generatoren-Gruppen,
normale Drehzahl 500 U/min.

		Min.	Mittel	Max.
Turbinen	Nettogefälle	203	230	260 m
	Wassermenge	6,85	7,3	7,75 m³/s
	Leistung	15 400	19 000	22 500 PS
			normal	Max.
Generatoren	Scheinleistung (dauernd)		16 500	19 800 kVA
	Klemmenspannung		8,8	9,7 kV
	Stromstärke		1082	1300 A
	Frequenz		50 Hz	
	Leistungsfaktor		0,8	

II. Pumpen-Motoren-Gruppen,
normale (synchrone) Drehzahl 750 U/min.

Pumpen	mittlere manometrische Förderhöhe	245 m
	Fördermenge	1,25 m³/s
	Leistung	5100 PS
Motoren	abgegebene Leistung an der Motorwelle	5100 PS
	Klemmenspannung	8,4 kV
	Stromstärke	350 A
	Frequenz	50 Hz

Die Transformatoren sind für 16 500 kVA und das Übersetzungsverhältnis 8.8/50 kV gebaut. Sie besitzen Ölkühlsätze, bestehend aus einer Umwälzpumpe und zwei parallel geschalteten Ölkühlern.

Zur Übertragung der elektrischen Energie zwischen Rempen und Siebnen dienen vier 50 kV-Leitungen mit Kupferseilen von je 95 mm² Querschnitt.

Unterhalb des Kraftwerks Rempen liegt das Rempenbecken. Es dient im Winterbetrieb als Pufferbecken zwischen der oberen und unteren Stufe, im Sommer zur Tagesspeicherung der Zuflüsse aus dem natürlichen Einzugsgebiet (40 km²) des Beckens, welche nachts mit billiger Fremdkraft in den Stausee Innertal gepumpt werden. In niederschlagsarmen Zeiten dient das Rempenbecken außerdem zur Aufnahme von Wasser aus dem Innertalsee, welches am Tage zur Energieerzeugung in der oberen Stufe verarbeitet und nachts mit billiger Abfallarbeit in den Stausee Innertal zurückgepumpt wird (Zirkulationsbetrieb). Ein Seitenbach zur Wäggitaler Aa, der Trebsenbach, wird mittels eines Stollens in dieses Becken geleitet. Der Speicherinhalt zwischen dem höchsten und tiefsten Wasserspiegel beim Pumpenbetrieb beträgt 220 000 m³, der nutzbare Beckeninhalt über dem Stolleneinlauf der unteren Stufe 360 000 m³. Das Staubecken wurde gebildet durch die Stau-mauer Rempen mit einer Betonmasse von 20 000 m³. Diese ist insgesamt 31,5 m hoch, 21,2 m stark und hat eine Kronenlänge von 128,4 m. Sie ist ausgerüstet mit zwei elektrisch betätigten Grundablaßschützen sowie 4 Saugüberfällen und einer selbsttätigen Überfallklappe von zusammen rd. 60 m³/s Leistung. Ferner enthält sie die Wasserfassung der unteren Stufe, bestehend aus einem festen Rechen mit selbsttätiger Rechenreinigungsmaschine und einer Drosselklappe (3 m l. Dmr.) zum Absperren des Stollens der unteren Stufe. Der nachfolgende Druckstollen besitzt gleichen lichten Durchmesser und gleiches Gefälle wie der Druckstollen der oberen Stufe, ist aber nur 2,6 km lang und auf der ganzen Strecke betoniert. Bei einer größten Wasserführung von 32 m³/s entsteht ein Druckverlust von 5,44 m W. S. Am unteren Ende des Stollens befinden sich das Wasserschloß und das Apparatehaus. Letzteres ist so ausgerüstet wie dasjenige der oberen Stufe. Die beiden Druckleitungen bestehen je zur Hälfte aus Mannesmann- und aus genieteten Röhren; sie sind im Boden verlegt, ihre Länge beträgt 800 m. Der lichte Durchmesser der Leitungen schwankt zwischen 2,2 und 2,5 m, die Blechstärke zwischen 10 und 27 mm.

Das Kraftwerk Siebnen (untere Stufe) ist ein Eisenbetonbau von 75 × 14 × 15 m und besitzt eine ähnliche Turbinen-Generatoranlage wie oben beschrieben. Die Generatoren weisen die gleichen Betriebsdaten auf wie diejenigen des Kraftwerks Rempen; die Turbinen sind gebaut für 16 000 (17 500) PS bei 185 (197) m Gefälle und 8 m³/s. Die Drehzahl beträgt ebenfalls 500 U/min.

Die Kraftwerke der beiden Stufen vermögen zusammen eine Leistung von rd. 110 000 kW abzugeben.

Außerdem ist in Siebnen eine große umbaute Transformatoren- und Schaltanlage (Eisenbetongebäude 130 × 20 × 15 m) vorhanden (Abb. 4). Diese enthält für die Fernversorgung:

2	Drehstromtransformatoren	16 500 kVA,	8,8/50 kV,
2	„	16 500 „	8,8/150 „ ,
3	„	16 500 „	50/150 „ ,

alle mit Außenkühlung, wie oben beschrieben. Außerdem dienen der Versorgung der näheren Umgebung 2 Transformatoren mit natürlicher Kühlung, je 2000 kVA und 50/8 kV, und der Stromlieferung für den Eigenbedarf 3 weitere kleinere Transformatoren 8800/380/220 V. Die Schaltanlage umfaßt zwei ausgedehnte Hauptsammelschienen und eine Hilfsammelschiene für 50 kV sowie 2 gesonderte 150 kV- und zwei 8 kV-Sammelschienen. Die verschiedenen Sammelschienen sind vorgesehen für den Anschluß von 18 50 kV-, 5 150 kV- und 4 8 kV-Leitungen. Mit Hilfe eines 8,8 kV-Kabelsystems besteht für gewisse Störungsfälle die Möglichkeit, einen Generator auch mit einem der drei nicht zu ihm gehörenden Transformatoren zusammenzuschalten. Die Zuschaltung der Generatoren erfolgt durchweg oberspannungseitig, da zwischen diesen und den Transformatoren keine Ölschalter vorhanden sind. Die Schalter werden mittels Fernsteuerung von der im Maschinenhaus befindlichen Kommandostelle aus betätigt. In der Kommandostelle befindet sich ein Rückmeldeschema.

Erstellungszeit, Anlagekosten und Geldbeschaffung.

Die beschriebenen Anlagen wurden in den Jahren 1922 bis 1926 gebaut. Die gesamten Anlagekosten betrugen rund 80 Mill Fr, nämlich

Digitized by Google

11,3 Mill Fr oder 14,1 % Konzessionen, Wasserrechte, Liegenschaftenerwerb u. Geldbeschaffungskosten,
55,1 „ „ * „ 68,9 % bauliche Anlagen,
13,6 „ „ * „ 17,0 % maschinelle u. elektrische Anlagen.
Insgesamt 80 Mill Fr oder 100 %.

* Einschl. Bauleitungs- und Verwaltungskostenanteil.

Die Geldbeschaffung erfolgte durch Einzahlung des Aktienkapitals von 40 Mill Fr durch Ausgabe von zwei Obligationenanleihen im Betrage von 27 Mill Fr und 13 Mill Fr Bauvorschüsse der Aktionäre.

Jährliche Energieerzeugung seit Vollausbau, Jahreskosten, Betriebspersonal.

Die jährlich erzeugte Energie betrug in den ersten 3 Jahren seit dem Vollausbau durchschnittlich rd. 125 Mill kWh, an den Oberspannungsklemmen der Transformatoren gemessen. Für den Pumpenbetrieb wurden im gleichen Zeitraum jährlich durchschnittlich rd. 38 Mill kWh Abfallarbeit (bei 8,4 kV gemessen) verbraucht. Die gesamten Jahreskosten einschließlich Kapitalverzinsung, Erneuerung und Amortisation und 7 % Dividende an die Aktionäre betragen rd. 6,7 Mill Fr.

Der Betrieb wird mit insgesamt 42 Angestellten und Arbeitern durchgeführt. Während des Turbinenbetriebes sind für ein Kraftwerk und eine Schicht normalerweise 3 Mann vorhanden. Diese Belegschaft wird an Sonntagen und für den Pumpenbetrieb auf 2 Mann herabgesetzt. Der größte Teil des Kraftwerkspersonals ist in Wohnkolonien bei den Kraftwerken untergebracht.

Die neue Verordnung über den Kraftfahrzeugverkehr.

Eine elektrotechnisch-beleuchtungstechnische Betrachtung.

Von Dr. **F. Born**, Berlin.

Übersicht. **Die deutsche „Verordnung über den Kraftfahrzeugverkehr" vom 15. VII. 1930 enthält auch einige beleuchtungstechnisch und elektrotechnisch interessante neue Bestimmungen über die Beleuchtung der Kraftfahrzeuge, von denen die wichtigsten besprochen werden.**

Die technische Entwicklung des Kraftwagens und seiner Zubehörteile[1] erfordert in gewissen Zeitabständen eine Durchsicht der behördlichen Bestimmungen über die vorgeschriebenen und zulässigen Eigenschaften verkehrswichtiger Teile des Kraftfahrzeuges.

Die neue Verordnung über den Kraftfahrzeugverkehr vom 15. VII. 1930[2] berücksichtigt wiederum eine große Anzahl von technischen Neuerungen, die z. T. Höchstgewicht, Höchstgeschwindigkeit, Bereifung usw., z. T. die Beleuchtungsanlage betreffen. Bei der Ausarbeitung der neuen Bestimmungen über die Beleuchtung wirkte die Kommission für Kraftfahrzeugbeleuchtung der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft als technischer Berater des RVM. mit.

Der Neufassung der Bestimmungen über die Beleuchtung, die nachfolgend besprochen werden sollen, soweit sie vom elektrotechnischen und beleuchtungstechnischen Standpunkt von Bedeutung sind, lag das Bestreben zugrunde, die allgemeine Verkehrsicherheit durch Vorschrift größerer Reichweiten und durch Verbot ungeeigneter Abblendarten zu fördern.

Die Erkenntnis, daß die Beleuchtung eines Kraftwagens eine gewisse Mindestreichweite aufweisen muß, hat schon im Internationalen Abkommen über den Kraftfahrzeugverkehr vom 24. IV. 1926 zur Aufnahme der Bestimmung geführt, daß Fahrzeuge, deren Höchstgeschwindigkeit 30 km/h überschreitet, Scheinwerfer mit 100 m, Fahrzeuge mit geringerer Höchstgeschwindigkeit Scheinwerfer mit 25 m Mindestreichweite haben müssen. Diese Bestimmung ist in die neuen deutschen Vorschriften übernommen worden; sie erstreckt sich selbstverständlich auch auf Motorräder. Die Reichweite für das abgeblendete Licht (25 m) ist in den neuen Bestimmungen gegenüber der bisherigen Fassung nicht geändert worden.

Mit den gemäß der Vorschrift höchstzulässigen Lampen von 35 W Leistungsaufnahme lassen sich mit zwei guten Tiefparabolscheinwerfern ganz erhebliche Reichweiten[3] erzielen: seidenmattierte Lampen in Scheinwerfern mit klarer Abschlußscheibe ergeben rd. 480 m, klare Lampen in Scheinwerfern mit guten Riffelscheiben etwa 420 m[**4]. Wenn auch im Ausland höhere Lampenstärken zulässig sind, ja teilweise eine Begrenzung der Lampenleistungsaufnahme überhaupt nicht besteht, so lag zu einer Änderung der Bestimmung in dieser Richtung doch kein Grund vor, weil die mit Lampen von 35 W erzielbaren Reichweiten auch für den schnellsten Wagen vollkommen ausreichend sind, weil ferner auch Lichtmaschinen größerer Leistung zu unwirtschaftlich arbeiten, zum Antrieb einen zu großen Teil der Motorkraft beanspruchen und sich im Preise erheblich teurer stellen würden.

Eine eingehende Nachprüfung haben die Abblendbestimmungen erfahren. Veraltete und als unzweckmäßig erkannte Abblendmittel sind durch die Neufassung ausgeschaltet. So darf z. B. die vor einigen Jahren noch[5] viel benutzte, heute aber vollständig überholte Abblendung mit Hilfe der Drosselung der Lichtstärke auf ¼ oder 1/9 nicht mehr benutzt werden; denn die Vorschrift sieht für Lampen bis zu 20 W nur eine Neigung, für Lampen von 20 bis 35 W Neigung und gleichzeitige Herabsetzung der Lichtstärke auf die Hälfte vor. Die Bestimmung, daß die Scheinwerfer stets, auch im abgeblendeten Zustand, gleichhell brennen müssen, schließt ferner die sogenannte einseitige Abblendung aus. Diese Forderung nach gleichstarker Wirkung der beiden Scheinwerfer soll der Verwechslung eines Kraftwagens mit zwei Motorrädern vorbeugen.

Die Verpflichtung zur Abblendung, die bisher für Scheinwerfer mit Lampen von 10 W Leistungsaufnahme und darunter nicht bestand, ist nunmehr auch auf diese schwächeren Lampen ausgedehnt worden, weil man erkannt hat, daß jede im Brennpunkt eines Tiefparabolspiegels befindliche elektrische Glühlampe infolge der ziemlich hohen Leuchtdichte des Leuchtkörpers blendungsgefährlich wirkt.

Die Vorschriften für Doppeldrahtlampen mit Abblendkappe (Biluxlampen) haben sich in der bisherigen Form sehr bewährt und sind daher unverändert übernommen worden.

Wenn auch für die Beurteilung von Scheinwerfern die Lichtstärke oder noch besser die Leuchtdichte einen einwandfreieren Maßstab bieten, so hat doch die Beurteilung nach der Leistungsaufnahme sich in der Praxis deswegen gut bewährt, weil sie für die Polizeiorgane sehr einfach durchführbar ist. Die Einführung anderer Beurteilungsgrundlagen, etwa der Lichtstärke in einzelnen Richtungen, wie in Amerika[6], oder der Leuchtdichte, wie in Frankreich, würde die Einrichtung gut ausgestatteter Prüfstellen erfordern, die mit Rücksicht auf ihre Kosten in Deutschland z. Z. leider noch nicht möglich ist. Infolgedessen hat man in der neuen Verordnung wiederum die Leistungsaufnahme der Lampen als Maßstab für ihre Lichtwirkung zugrunde gelegt. Der Ausschluß der Dunkelschaltung, die Einbeziehung der Lampen von weniger als 10 W in die Abblendpflicht hat die Einteilung der Lampen nach ihrer Stärke wesentlich vereinfacht. Die Übersicht in Tafel 1 zeigt das Schema der jetzigen Klassifizierung.

---

[1] Vgl. z. B. O. Reeb, Die Entwicklung der Kraftwagenbeleuchtung unter dem Einfluß der deutschen Bestimmungen. Licht u. Lampe Bd. 14, S. 559 u. 603 (1925) und F. Born, Neue Wege in der Kraftwagenbeleuchtung, El. u. Maschinenb., Beilage Lichttechnik Bd. 47, S. 77 (1929).

[2] RGBl. I, S. 276, vom 22. VII. 1930 und Reichsministerialbl. 58, S. 465, vom 22. VII. 1930.

[3] Unter „Reichweite" wird hier, wie üblich, die Entfernung verstanden, in der noch die Vertikalbeleuchtungstärke 1 Lux auf der Mitte der Fahrstraße vorhanden ist. Vgl. ETZ 1930, S. 1239.

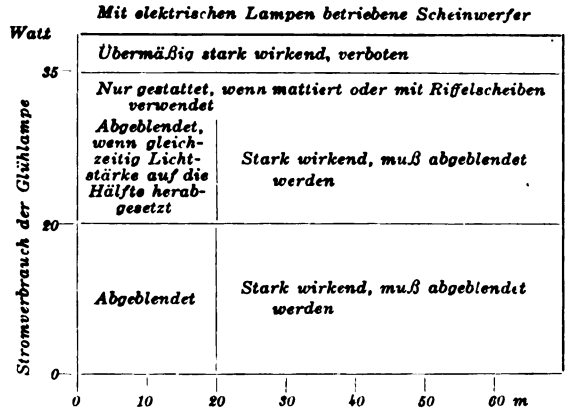
[**4] Lampen von 20...35 W dürfen nur in Verbindung mit Dämpfungsmitteln benutzt werden, z. B. in mattiertem Zustand oder in Scheinwerfern mit geriffelter Abschlußscheibe. Diese Vorschrift ist aus der alten Verordnung übernommen.

[5] F. Born, Deutsche Abblendeinrichtungen. Automobilrundschau Bd. 28, S. 328 (1926).

[6] M. Devine, Improved automobile headlighting. Transact. Ill. Engg. Soc. Bd. 20, S. 937 (1925). Referat: ETZ 1927, S. 978. — R. N. Falge, Improving motor vehicle headlighting under the American Standard System. Transact. Ill. Engg. Soc. Bd. 20, S. 957 (1925), Referat: ETZ 1927, S. 978. — F. Born, Die Kraftfahrzeugbeleuchtung in Europa und Amerika. Licht u. Lampe Bd. 18, S. 99 u. 385 (1929).

Digitized by Google

Tafel 1. Übersicht über die neuen deutschen Abblendvorschriften.



Einen großen technischen Fortschritt stellt das Verbot der Benutzung von Fokusiereinrichtungen für die zur Abblendung bestimmte Glühlampe dar. Die Erfahrung hat, besonders in Amerika, gezeigt, daß der Automobilist die Möglichkeit der Einregelung seiner Lampen in 75 % aller Fälle gar nicht kennt, daß er sie nur in den wenigsten Fällen richtig benutzt und meist durch falsche Handhabung die Lichtwirkung seiner Anlage verschlechtert. Daher hat die Internationale Beleuchtungskommission auf ihrer Tagung im Jahre 1928[7] bereits empfohlen, die Abmessungen der Scheinwerfer und Glühlampen derart aufeinander abzustimmen, daß jede Glühlampe ohne weiteres richtig im Brennpunkt sitzen muß. In der deutschen Scheinwerfer- und Glühlampenindustrie ist dieser Standpunkt übrigens schon seit dem Jahre 1916 vertreten worden. Bereits seit dem genannten Jahre bestehen Normen für die Herstellung der Automobil-Scheinwerferlampen[8], die nur eine Toleranz von ± 0,5 mm im Lichtschwerpunktsabstand zulassen. Da bei den in den letzten Jahren eingeführten Lampen mit zwei Leuchtkörpern und Abblendkappe sowie auch bei allen anderen Abblendmethoden die einwandfreie Wirkung der Abblendung durch unsachgemäße Verstellung des Leuchtkörpers beeinträchtigt werden kann, ist nunmehr in der neuen Verordnung das Verbot der Benutzung von Fokusiereinrichtungen für diese Leuchtkörper ausgesprochen worden.

Sehr wesentlich für die Wirkung der Scheinwerfer, insbesondere aber für die des abgeblendeten Lichtes, ist ihre Anbringungshöhe. Daher wird in den Bestimmungen als Höchstgrenze 1 m über der Fahrbahn, bis zur Unterkante der Scheinwerfer gemessen, festgesetzt.

Weiterhin enthält die Verordnung eine ganze Reihe von Vorschriften über den Gebrauch der übrigen Teile der Beleuchtungsausrüstung. So sind z. B. Bestimmungen über den Gebrauch der Standlichter, der Suchscheinwerfer, über die Art der Kennzeichenbeleuchtung, über die Führung von Rücklichtern usw. getroffen, deren Inhalt jedoch weniger vom elektrotechnischen oder beleuchtungstechnischen Standpunkt als vielmehr rein verkehrstechnisch von Interesse sein dürfte[9].

Im ganzen betrachtet stellt der Inhalt der neuen Verordnung einen sehr beachtlichen Fortschritt in technischer Beziehung dar, der zweifellos der Sicherheit des Automobilverkehrs zugute kommen und die weitere Entwicklung der Automobilbeleuchtung fördern wird.

[7] A. R. Meyer, Bericht über die 7. Tagung der Internationalen Beleuchtungskommission. Licht u. Lampe Bd. 18, S. 3 u. 43 (1929).

[8] F. Born, Autolampen und ihre Verwendung. Wiss. Veröff. Osram-Konz. Bd. 1, S. 77.

[9] Näheres über diese Punkte: F. Born, ADAC Motorwelt Bd. 27, S. 8 (1930).

Kanadas „weiße Kohle" im Jahr 1929.

Von G. Reglin, Montreal.

Für die Entwicklung Kanadas nicht nur in staatlicher, sondern auch in wirtschaftlicher Hinsicht ist die Wasserkraft der maßgebendste Faktor geworden, was durch den Umstand begründet wird, daß das Land über eine innere Wasserfläche von etwa 515 500 km² verfügt. Dieser Reichtum an Wasserfläche schließt das Vorhandensein gewaltiger Energiemengen in sich, vornehmlich, wenn man bedenkt, daß viele der großen Seen über dem Normalpegel liegen und so den großen Flüssen ein natürliches Gefälle geben. Die Holz- und Papierindustrie ist eines der markantesten und hervorragendsten Merkmale industriellen Fortschritts in Kanada; allein auf deren gesamte Turbinenanlagen entfielen 1929 nahezu 579 000 PS und davon fast 296 000 PS auf hydroelektrische Antriebe, deren Gesamtleistung einschl. der bezogenen (859 000 PS) rd. 1,155 Mill PS ausmachte. Am Ende des Betriebsjahres 1929 waren 5 727 162 PS ausgebaut (Zahlentafel 1 u. 2), wovon 378 400 PS den Zuwachs in dem genannten Zeitabschnitt darstellen gegenüber 0,55 Mill PS in 1928[1] und 0,48 in 1927. 4 817 486 PS oder rd.

1. Kanadas hydroelektrische nutzbare und Spitzenleistung Ende 1929.

Provinz	Verfügbar während 24 h bei 80 % Wirkungsgrad		Installierte Turbinenleistung
	Niedrigstwasser	Reguläre Sechs Monate-Flut	
	PS	PS	PS
British Columbia	1 931 000	5 103 500	559 792
Alberta	390 000	1 049 500	70 532
Saskatchewan	542 000	1 082 000	35
Manitoba	3 309 000	5 344 500	311 925
Ontario	5 330 000	6 940 000	1 952 055
Quebec	8 459 000	13 064 000	2 595 430
New Brunswick	68 600	169 100	112 631
Nova Scotia	20 800	128 300	109 124
Prince Edward Island	3 000	5 300	2 439
Yukon u. Nordwest-Territorien	294 000	731 000	13 199
Kanada	20 347 400	33 617 200	5 727 162

Vgl. ETZ 1929, S. 1624, 1631.

2. Verteilung der installierten hydroelektrischen Leistung.

Provinz	Installierte Turbinenleistung in PS				Einwohnerzahl 1. VI. 1929	Installierte Leistung je 1000 Einwohner
	In Zentralen	In der Papierindustrie	In anderen Industriezweigen	Gesamt		PS
British Columbia	417 960	81 000	60 832	559 792	591 000	947
Alberta	70 320	—	212	70 532	846 000	83
Saskatchewan	—	—	35	35	886 700	0,04
Manitoba	311 925	—	—	311 925	663 200	470
Ontario	1 616 773	240 880	94 402	1 952 055	3 271 800	597
Quebec	2 238 525	221 160	135 745	2 595 430	2 690 400	964
New Brunswick	83 910	19 778	8 943	112 631	419 800	269
Nova Scotia	77 697	16 008	15 419	109 124	550 400	198
Prince Edward Island	376	—	2 063	2 439	86 100	28
Yukon u. Nordwest-Territorien	—	—	13 199	13 199	12 400	1 063
Kanada	4 817 486	578 826	330 850	5 727 162	9 796 800	584

84 % kamen auf Kraftwerke für die Versorgung der Städte und der Industrie; die Abnahme eines beträchtlichen Teils der Leistung dieser Werke ist kontraktlich durch die Holz-, Bergwerks- und elektrochemische Industrie gesichert.

Kanada nimmt bezüglich der installierten Wasserturbinen-PS unter den Ländern den zweiten Platz ein und wird nur von den V. S. Amerika übertroffen. Ebenso steht es mit seiner hydroelektrischen Leistung je 1000 Einwohner an zweiter Stelle in der Welt, nur Norwegen hat den Vorrang. Zu Anfang 1900, als die Elektrizität auf wirtschaftlichem Gebiet gerade in den Vordergrund zu treten begann, waren nur 33,5 % der gesamten Wasserenergie in Zentralen und Kraftanlagen für kommunalen Gebrauch verwertet, 1910 dagegen 65,8 % und im Beginn des Jahres 1920 bereits 73 %. Diese stetige Steigerung ist sowohl auf die zunehmende Einwanderung als auch auf die Entstehung von Bevölkerungs- und besonders von Industriezentren zurückzuführen.

Wasserenergie benutzten Ende 1929 insgesamt 312 Kraftwerke. Davon waren 215 Zentralen mit 581 Turbinen

Digitized by Google

3. Die hydroelektrische Leistung Kanadas in Industrie und Stadt.

Provinz	Industrie					Stadt				
	Zahl der		Gesamte install. Turbinenleistung PS	Durchschnittlich		Zahl der		Gesamte install. Turbinenleistung PS	Durchschnittlich	
	Kraftwerke	Turbinen		je Kraftwerk PS	je Turbine PS	Kraftwerke	Turbinen		je Kraftwerk PS	je Turbine PS
British Columbia	22	49	404 865	18 403	8 263	8	12	13 095	1 637	1091
Alberta	6	19	69 360	11 560	3 657	1	2	960	960	480
Saskatchewan	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Manitoba	3	17	206 800	68 933	12 165	2	17	105 125	52 562	6184
Ontario	69	203	544 738	7 895	2 683	48	140	1 072 035	22 334	7657
Quebec	93	259	2 211 065	23 775	8 537	14	24	27 460	1 961	1144
New Brunswick	3	9	71 850	23 950	7 983	3	6	12 060	4 020	2010
Nova Scotia	14	19	11 034	788	581	21	36	66 663	3 174	1852
Prince Edward Island	5	6	376	75	63	—	—	—	—	—
Yukon- u. Nordwest-Territorien	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Kanada	215	581	3 520 088	16 373	6 059	97	237	1 297 398	13 375	5474

und rd. 3,520 Mill PS in Händen privater Gesellschaften und nur 97 Stationen mit 237 Turbinen und rd. 1,297 Mill PS im Besitz der Verwaltung (Zahlentafel 3). Das Anlagekapital, einschl. der Übertragungsleitungen und Verteilungsnetze, belief sich auf 1303 Mill $, wo von 1100 Mill $ oder 85 % für Landerwerbungen, Gebäude, Kraftwerke und die Ausrüstung verwendet worden sind. Die Durchführung des Bauprogramms für 1929 erforderte 75 Mill $. Bei der gegenwärtigen Investierung je installierte PS erscheint es mit Rücksicht auf die künftige hydroelektrische Entwicklung notwendig, 106 Mill $ jährlich aufzuwenden, um die Finanzierung in den nächsten drei Jahren sicherzustellen.

Der rapide Aufstieg in der Nutzbarmachung der weißen Kohle (Abb. 1) wirkt natürlich unmittelbar auf die Gewinnung, mehr noch auf den Verbrauch schwarzer Kohle ein. Kanada förderte von letzterer 17,564 Mill t im Wert von 63,757 Mill $. Es ist schwierig, den Wert der Kohle mit dem der Wasserkraft genau zu vergleichen. Zieht man überdies die Verhältnisse in Betracht, unter denen die weiße Kohle in Kanada entwickelt und transportiert wird, und vergleicht sie, soweit angängig, mit ähnlichen Verhältnissen in der Gewinnung von Steinkohle, so ergibt sich als Basis eine jährliche Ersparnis von 5¾ t Kohle je installierte PS. Nimmt man ferner an, daß die gesamte ausgebaute Wasserkraft das ganze Jahr hindurch arbeite, so erhält man 33 Mill t. Die jährlichen der Wirklichkeit entsprechenden Ersparnisse sind jedoch abhängig von dem tatsächlichen Arbeitsverbrauch, der sich im Jahr 1929 auf rd. 20,5 Mrd kWh belief. Die auf kanadischer Seite gelegenen Niagara-Fälle allein lieferten 4,5 Mrd kWh. Rechnet man mit 1,76 lb Kohle je 1 kWh, so folgt für 1929 eine wirkliche Ersparnis von 18 Mill t. Der Vergleichswert von 1,76 lb/kWh stellt den statistischen Wert der V. S. Amerika im Jahr 1928 dar. Die in Zahlentafel 1 angegebenen verfügbaren Wasserkräfte basieren auf Stromschnellen, Wasserfällen und natürlichen Stauungen. Ausgeschlossen sind Flußgefälle von

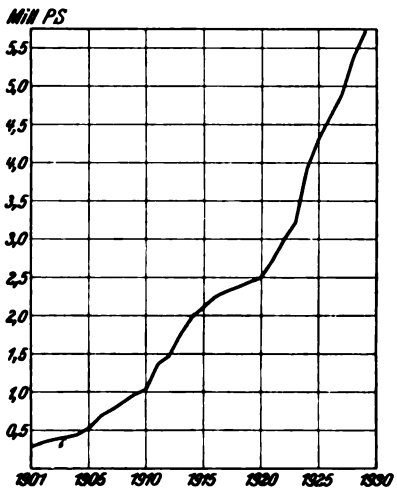


Abb. 1. Ausbau von Wasserkräften in Kanada seit 1901.

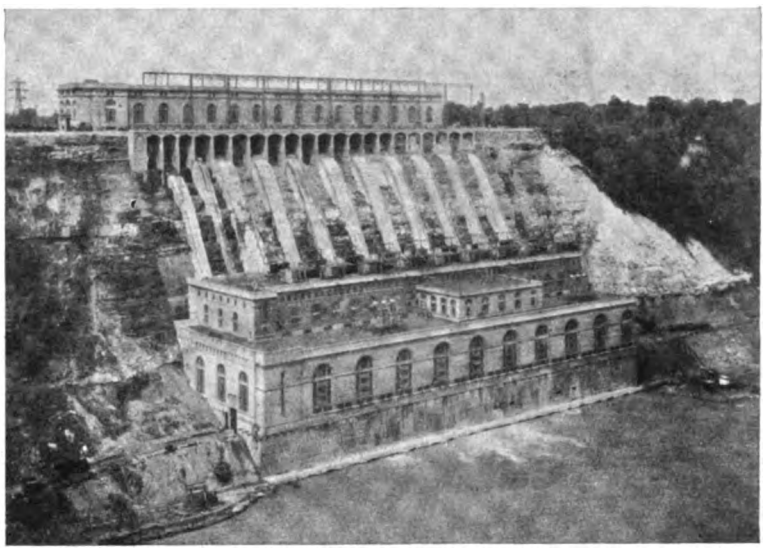


Abb. 3. Das Queenston-Chippawa-Kraftwerk am Niagara (kanadische Seite).

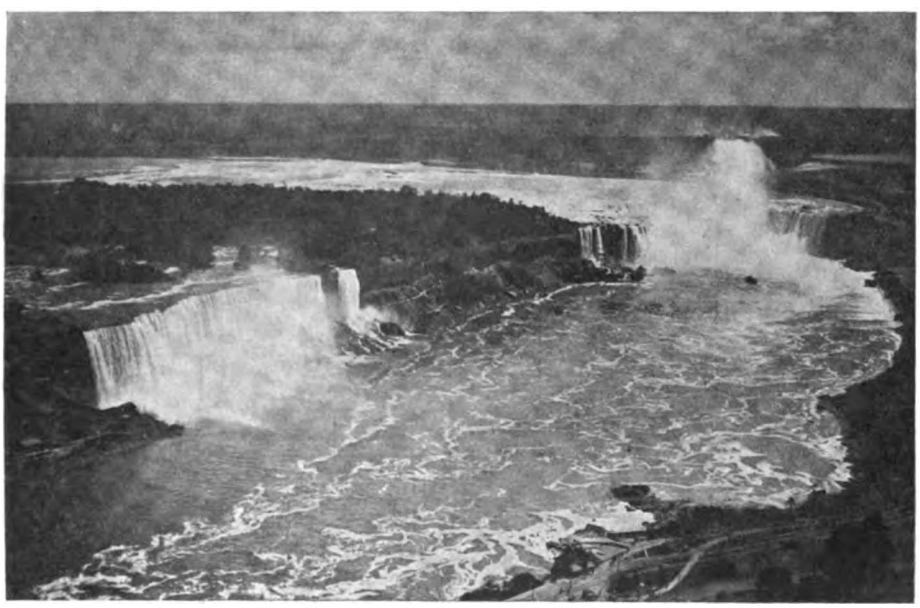


Abb. 2. Die Niagara-Fälle. Rechts auf kanadischem Gebiet der Horseshoe-Fall, der das Queenston-Kraftwerk (550 000 kVA) speist.

Digitized by Google

mehr oder minder großer Kapazität in Teilen des Landes, wo eine Vermessung und Regulierung noch nicht erfolgt ist. Dies gilt besonders für die unerforschten nördlichen Gebiete. Auch die Ausnutzung durch Anlage künstlicher Staubecken ist nicht berücksichtigt. Daher kann man sagen, daß der angeführte Gesamtwert von rd. 20,3 Mill PS die minimale verfügbare Wasserkraftleistung Kanadas darstellt. Insgesamt ist diese für 24 h und 80 % Wirkungsgrad einmal bei Niedrigstwasser und sodann bei regulärer Sechs Monate-Flut berechnet. Für die bisher bekannten natürlichen Wasserfälle ergeben sich so rd. 20,347 Mill PS bei Niedrigstwasser und 33,617 bei regulärer Sechs Monate-Flut. Da die letztgenannte Leistung etwa 30 % geringer ist als die mittlere Turbineninstallation ganz Kanadas, wären etwa 43,7 Mill PS in Turbinen ausbaufähig; 5,727 Mill PS befinden sich z. Z. in Betrieb, also etwas mehr als 13 % jener Summe.

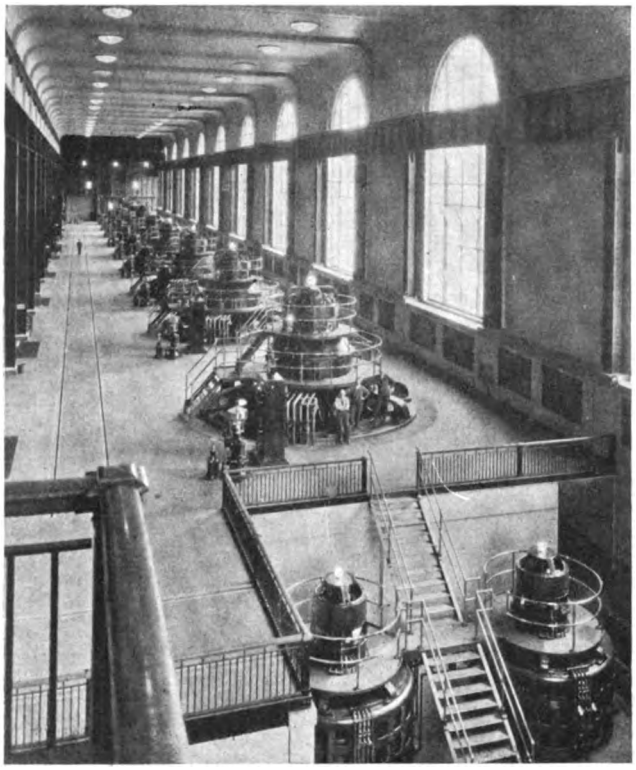


Abb. 4. Maschinensaal des Queenston-Chippawa-Kraftwerks am Niagara mit jetzt 10 Turbinen von je 55 000 PS.

Jede Provinz war während des vergangenen Jahres in der Entwicklung der Kraftanlagen namhaft vertreten. Quebeck steht mit hydroelektrischen Werken, wie bereits in den letzten sechs Jahren, an erster Stelle. Über den Fortschritt sei folgendes hier mitgeteilt[1]:

Nova Scotia. Die Nova Scotia Power Commission hat 1929 vier neue Wasserkraftwerke von zusammen 33 900 PS geschaffen und damit die Ende 1928 vorhandene Leistung verdoppelt. Die Produktion ihrer Anlage an den Tusket-Fällen (3000 PS) steht der Western Nova Scotia Co. und der Cosmos Imperial Mills, Ltd., Yarmouth, zur Verfügung. Die andern drei Werke liegen, wie schon in der ETZ 1929, S. 1626, gesagt, am Mersey. Der Bau dieser Zentralen wurde erforderlich, weil die genannte Kommission sich kontraktlich zur Lieferung von 105 Mill kWh jährlich an die Mersey Paper Co., Brooklyn, verpflichtet hatte. Die Avon River Power Co. vollendete bereits zu Beginn des Jahres ein 500 PS-Werk und verstärkte die East River Station. Weiter sind 4500 PS am Black River gegenwärtig im Ausbau begriffen und werden voraussichtlich im Herbst in das Avon-Leitungsystem übertragen.

New Brunswick. Die Leistung des Grand Falls-Kraftwerks am St. John River der St. John River Power Co. wurde auf 60 000 PS erhöht. Hiervon erhalten die Fraser Co. Mills in Edmundston 20 000 PS, und 40 000 PS gehen über eine 170 km lange Freileitung an die Dalhousie Mill der New Brunswick International Paper Co. Die Great Falls Station am Nipisigout verfügt jetzt über 14 500 PS. Das Konstruktionsprogramm der New Brunswick Electric Power Commission weist für 1929 einen Ausbau von insgesamt 149 km Hochspannungsleitung und die Installation einer 7500 kVA-Dampfturbine in ihrem Werk in St. John auf, eine Steigerung auf 12 000 PS, die nötig war, um das Musquash-Wasserkraftwerk zu entlasten. Die Stadt Edmundston vergrößerte ihre Zentrale um 1050 PS.

Ontario. Dieser Provinz hat das Jahr 1929 eine Zunahme von 48 750 PS gebracht, und weitere im Bau befindliche Wasserkraftanlagen werden noch in diesem Jahr 123 000 PS hinzufügen. Unter den Anlagen von zusammen 48 750 PS sind vornehmlich das Big Eddy Dam-Kraftwerk der International Nickel Co. am Spanish River (28 200 PS) und das High Falls-Werk der Algoma District Power Co. am Michipicoten (11 000 PS) zu erwähnen. Die Ontario Hydro-Electric Power Commission hat neben den schon im vorigen Jahr genannten Werken an den Trethewey-Fällen des South Muskoka und bei Elliot Chute am South-Fluß, das in das Nipissing-System eingeschaltet wurde, 5000 PS an den Lower Ear-Fällen des English River ausgebaut. Diese Anlage versorgt die Howoy-Mine im Red Lake-Minendistrikt mit Kraft. Wegen der sehr schnell zunehmenden Nachfrage nach elektrischer Arbeit in Port Arthur und Fort William beschleunigte die Kommission die Arbeiten an ihrem 54 000 PS-Kraftwerk in Alexander Landing am Nipigon; man erwartet seine Inbetriebsetzung im Herbst. Das gilt auch bezüglich einer weiteren 55 000 PS-Turbine in der Queenston-Zentrale am Niagara (Abb. 2 bis 4), die man zunächst nicht zu installieren gedachte. Die Gatineau Power Co. lieferte auf Verlangen der Kommission weitere 70 000 PS für das Niagaranetz und 6000 PS für das Rideau- und St. Lawrence-System. Hieraus ergab sich die Notwendigkeit, die 220 kV-Leitung der Gatineau Power Co. nach Toronto zu verdoppeln. Von den fertiggestellten Werken ist noch

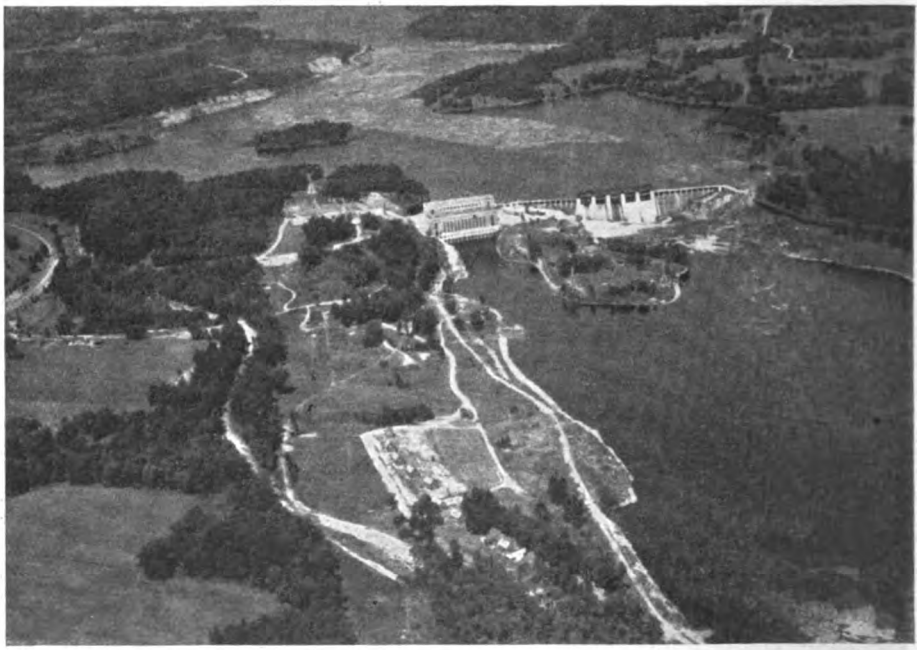


Abb. 5. Chelsea-Kraftwerk der Gatineau Power Co. in Quebec, ausgebaut für 5 Maschinensätze von je 34 000 PS; schließliche Gesamtleistung 320 000 PS.

[1] Aus dem laufenden Jahr liegen bereits Meldungen über zahlreiche Erweiterungen von Kraftwerken, Neuanlagen und Ausbauprojekte vor. D. S.

Digitized by Google

das an den Ragged-Fällen des Musquash gelegene mit 12 000 PS Turbinenleistung zu nennen. An den Chats-Fällen des Ottawa bereiten die Kommission und die Chats Falls Power Co. gemeinsam die Vollendung des 200 000 PS-Wasserkraftwerks vor; letztgenannte Gesellschaft hat die Konzession erhalten, von dort aus 100 000 PS nach Quebec zu liefern. Um weiterer Nachfrage gerecht zu werden, verpflichtete die Kommission die Beauharnois Light, Heat & Power Co. zu 250 000 PS; diese hat mit der Errichtung ihrer Zentrale, die 1 Mill kW Ausbaufähigkeit besitzt, im vorigen Jahr begonnen; der Lieferungsvertrag lautet auf Oktober 1932. Weiterhin sind 150 000 PS an die Montreal Light, Heat & Power Co. abzugeben. Das nächste in Angriff zu nehmende Werk der Kommission ist das in Carillon am Ottawa mit 500 000 PS.

Abb. 6. Das Shawinigan-Kraftwerk II der Shawinigan Water & Power Co. für insgesamt 221 500 PS (Quebec).

In dem Kobaltminendistrikt Nordontarios sind die Arbeiten der Canada Northern Power Co. an ihrem 13 000 PS-Kraftwerk so weit gefördert, daß die Indienststellung Mitte dieses Jahres erfolgen sollte.

Alberta. Hier konnte die Calgary Power Co. als erste im Jahr 1929 die Fertigstellung des Wasserkraftwerks am Bow-Fluß verzeichnen, etwa 48 km westlich Calgary, mit 36 000 PS. Das gleiche Unternehmen dehnte sein Hochspannungsnetz über die ganze Provinz aus. Ein Vertrag mit der Stadt Edmonton besagt, daß eine 281 km lange 132 kV-Freileitung den Strom dorthin übertragen wird.

Saskatchewan. Das in meinem letzten Bericht genannte Kraftwerk an den Islandfällen des Churchill wird seinen Betrieb im Herbst aufnehmen. Eine 46 km lange Freileitung überträgt den Strom zu der Flin-Flon-Mine, der Cherritt-Gordon Co. in Cold Lake und den Schmelzöfen der Hudson Bay Mining & Smelting Co.

Manitoba. Außer kleinen, nicht bemerkenswerten Anlagen brachte diese Provinz keine von Bedeutung zum Abschluß. Die Fortschritte im Bau der Seven Sisters-Zentrale der Northwestern Power Co. (nach vollem Ausbau 225 000 PS) gewährleisten deren Inbetriebsetzung im Sommer 1931. Die Winnipeg Electric Co. wird dann ihr 37 800 PS-Werk am Pinawa-Kanal aufgeben, so daß die ganze Wassermenge den Seven Sisters zur Verfügung steht. Die Erforschung der Slave-Fälle ist soweit gediehen, daß mit den Arbeiten begonnen werden kann. Das Werk ist für acht Turbineneinheiten von je 12 000 PS disponiert und soll im September 1931 in Betrieb gehen. Erwähnt sei ferner die Errichtung des Staudamms an den Lower Ear-Fällen des English Rivers in Ontario am Ausgang des Lake Seul, der zur Regulierung des 26 890 km² großen Wassergebiets notwendig und für das Kraftwerk in Manitoba am Winnipeg-Fluß von Wichtigkeit ist. Mit insgesamt 318 km Hochspannungsleitung konnte die Versorgung zahlreicher Städte sowie der Manitoba Power Commission sichergestellt werden.

British Columbia. Die Vancouver Island Power Co., eine Tochtergesellschaft der British Columbia Power Corp., installierte eine 2000 PS-Turbine in der vollkommen automatisch arbeitenden Diversion Power Plant am Jordan-Fluß. Das an diesem gelegene Hauptwerk erhielt eine vierte 18 000 PS-Maschine. Dieselbe Gesellschaft ist damit beschäftigt, die höchsten Ausnutzungsmöglichkeiten des Campbell-Flusses zu erforschen, um die Deckung des Energiebedarfs der Stadt Vancouver sicherzustellen. Im März 1929 begann die Western Power Co. of Canada die Arbeiten an ihrem 188 000 PS-Kraftwerk in Ruskin am unteren Stave-Fluß, dessen Staudamm 54,9 m hoch wird, und das im ersten Ausbau zwei Turbinen von je 47 000 PS erhält. Die Bridge River Power Co. setzte ihre Arbeiten am Bridge River-Werk mit Erfolg fort, dessen Leistung sie aber auf 80 000 PS erhöht; die Übertragungspannung soll 220 kV betragen. Die West Kootenay Power & Light Co. hat ihre 75 000 PS-Zentrale am South Slocan-Fluß um einen dritten Maschinensatz vergrößert. Des weiteren sind die Vorarbeiten für ein neues 40 000 PS-Wasserwerk am Adams-Fluß abgeschlossen, dessen Energie im Okanagan Valley dem Leitungsnetz der Gesellschaft zugeführt wird. Der Pend d'Oreille-Fluß ist von einer Kommission auf seine Ausnutzungsmöglichkeiten hin untersucht worden. Nicht genügende Maschinenkraft in ihren Papier- und Sägemühlen veranlaßte die Powell River Co. zum Bau eines Werks am Lois für 18 000 PS. Gute Entwicklung zeigen ferner die Arbeiten der Northern British Columbia Power Co. am Fall-Fluß; der erste Ausbau soll 6000 PS liefern, die

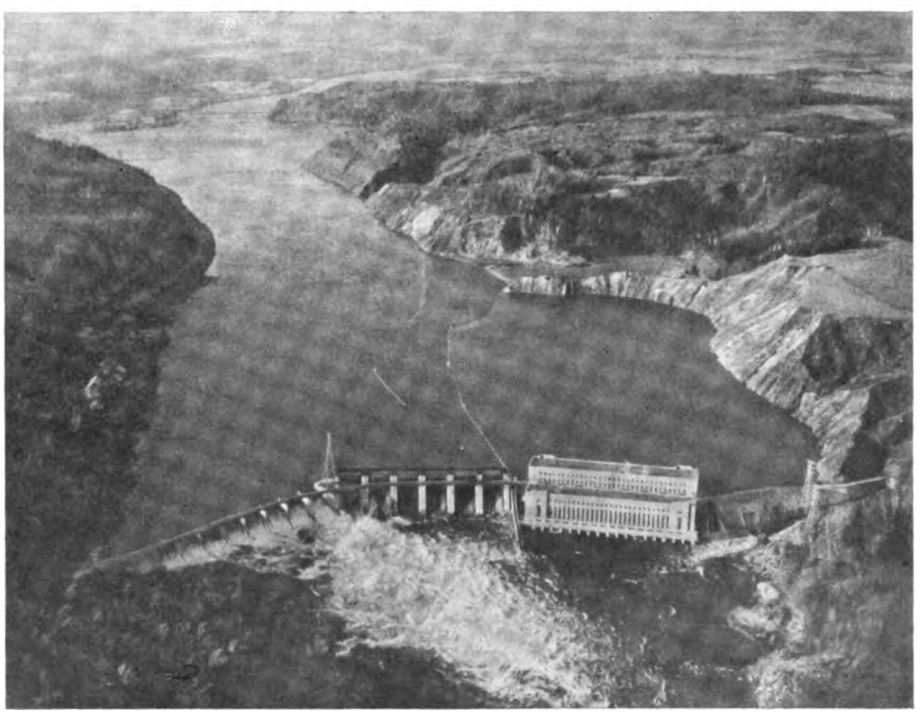


Abb. 7. Das Kraftwerk La Gabelle der Shawinigan Water & Power Co. am St. Maurice-Fluß mit 210 000 ausgebauten PS.

Digitized by Google

man auf 32 000 PS zu erhöhen gedenkt. 20 000 PS wird die East Kootenay Co. am Phillips Canyon des Elk River während des nächsten Jahres in Betrieb nehmen.

Quebec. Mehr als 208 000 PS entfielen hier im letzten Jahr als Neuleistung auf hydroelektrisches Gebiet, und schon zeigen bereits unterzeichnete Kontrakte und im Bau befindliche Kraftwerke eine weitere Zunahme um 1 Mill PS. Die Canadian Hydro-Electric Corporation Ltd. erweiterte ihre Tarnia-Station um 24 000 PS, das Chelsea-Werk (Abb. 5) — beide am Gatineau — um 34 000 PS und verdoppelte die 220 kV-Leitung vom Paugan-Werk nach Chato Falls am Ottawa. 182 000 PS bezieht die Hydro-Electric Power Commission of Ontario, von denen 150 000 PS durch die bestehende 220 kV-Linie direkt nach Toronto übertragen werden. Zwischen Gatineau und Hawkesburg ist eine 110 kV-Leitung in Dienst gestellt worden. Der Staudamm am Cabonga-See, von derselben Gesellschaft angelegt, schafft ein Becken von 1,3 Mrd m³. Er war von der staatlichen Quebec Streams Commission in Auftrag gegeben worden, um in Verbindung mit dem etwas weiter stromabwärts gelegenen Mercier-Damm, dessen Staubecken 2,82 Mrd m³ faßt, die Regulierung zu übernehmen. Ein anderer, für 90 Mill m³ vorgesehener Damm am Temisconata-See wirkt unmittelbar auf das Grand Falls-Kraftwerk der St. John River Power Co. Ein Hochdruckwerk von 2000 PS mit einem Gefälle von 53 m wurde am Nigger-Fluß in Betrieb gesetzt. Die Shawinigan Water & Power Co. hat im 2. Shawinigan Falls-Krafthaus (Abb. 6) die achte Turbine (43 000 PS) installiert und im Frühjahr die Arbeiten zur Aufstellung eines 25 000 PS-Generators für das Grand Mere-Werk und eines 30 000 PS-Stromerzeugers für das Gabelle-Werk (Abb. 7), die beide am St. Maurice liegen, begonnen. Eine 220 kV-Leitung vom Shawinigan-Fall nach La Tuque stand bei Abfassung dieses Berichtes vor der Vollendung. Überdies kam eine beträchtliche Zahl kleinerer Maschinensätze in Betrieb.

Abb. 8. Cedar Rapids-Kraftwerk der Montreal Light, Heat & Power Co. mit z. Z. 12 Turbinensätzen zu je 10 800 PS und 6 zu je 11 400 PS, beide für 6600 V. 6 Sätze zu je 1500 PS (2300 V) speisen die Erreger.

Für 1931 plant die Alcoa Power Co., Ltd. die Indienststellung eines Werkes mit vier 65 000 PS-Maschinen. Die Höhendifferenz zwischen dem St. Lawrence und dem St. Louis-See wird durch die Beauharnois Light, Heat & Power Co. ausgenutzt, indem sie ein Kraftwerk von 500 000 PS errichtet, dessen erste Maschinen (350 000 PS) im Herbst 1932 zu arbeiten anfangen sollen. Wie schon gesagt, übernehmen 250 000 PS die Hydro-Electric Commission of Ontario und 150 000 PS die Montreal Light, Heat & Power Cons. (Abb. 8, 9) für 15 $/PS und Jahr. Unter Aufsicht der Quebec Streams Commission konnte das Lievre-Kraftwerk mit zunächst 90 000 PS (nach Ausbau 120 000 PS) den Dienst antreten. Man erwartet, daß die gegenwärtig im Umbau begriffene Zentrale an den Chats-Fällen auf der Quebecseite des Ottawa ihre Leistungsfähigkeit von 100 000 PS verdoppeln wird. Die Ford Co. am St. Anne Perade-Fluß baute weitere 3000 PS und 500 PS am Bras-Nord Ouest-Fluß ein. 20 000 PS sind für Montreal am Aquädukt geplant.

Außer den angeführten Arbeiten an den Flüssen Gatineau, Lievre und Mattawin fördert die Quebec Streams Commission Untersuchungen am St. Maurice, St. Francouis, St. Anne de Beaupre, Mitis, North, Maniwaki, Shipshaw und Perribonka.

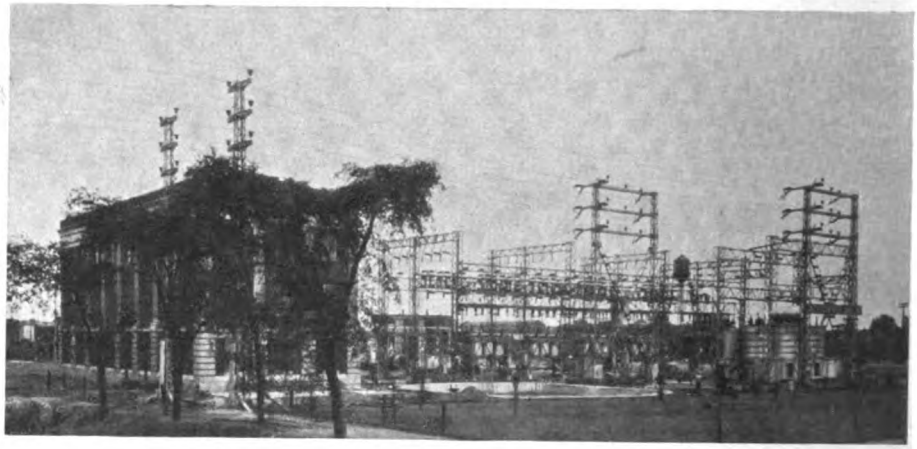


Abb. 9. Freiluftstation Montreal mit 3 Transformatoren zu je 1500 kVA (125/61,7/12 kV) und 20 Ölschaltern (4 für 73 kV, 600 A; 2 für 15 kV, 3000 A; 14 für 15 kV, 600 A).

Der Strombedarf nimmt in Kanada stetig und schnell zu, das Geschäftsjahr 1928/29 wies eine Steigerung um 15,1 %, 1929/30 aber um 19,7 % auf.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Bahnen und Fahrzeuge.

Stromversorgung der elektrischen Bahnen in Holland. — J. J. W. van Loenen Martinet, ehem. Vorstand der Elektrisierungsabteilung der Niederländischen Staatsbahnen, hat in einem vor der Verkehrsabteilung des Königl. Instituts für Ingenieure im Haag gehaltenen Vortrag die Stromversorgung der elektrisierten Strecken der Niederländischen Staatsbahnen behandelt. Vor dem Kriege wurde die Strecke Rotterdam—Haag—Scheveningen bekanntlich für elektrischen Betrieb mit Wechselstrom niedriger Frequenz eingerichtet, für deren Speisung ein eigenes Kraftwerk in Leidschendam errichtet wurde. Nach dem Kriege entschlossen sich die Niederländischen Staatsbahnen, bei der geplanten Ausdehnung des elektrischen Betriebes auf Grund eingehender Studien im Ausland zum Betrieb mit Gleichstrom von 1500 V überzugehen und auch die Bahn Rotterdam—Scheveningen auf Gleichstrombetrieb umzubauen.

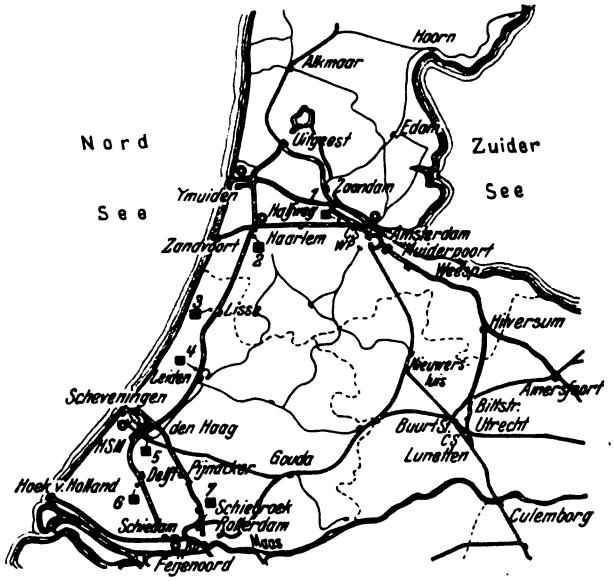


Abb. 1. Karte der elektrisierten Eisenbahnlinien in Holland.

Das zur Zeit elektrisch betriebene Netz in Holland zeigt Abb. 1[1]. Die gesamte Länge der elektrisch betriebenen Strecken beträgt z. Z. rd. 150 km. Hierzu ist neuerdings noch die Strecke Uitgeest—Alkmaar gekommen. Die Stromversorgung dieser Strecken war ursprünglich so geplant, daß das bahneigene Kraftwerk Leidschendam umgebaut und mit neuzeitlichen Drehstromerzeugern ausgerüstet werden sollte. Auf Veranlassung des für die Genehmigung dieses Planes zuständigen Ministeriums wurde eine Studienkommission eingesetzt, die unter Hinzuziehung der Vereinigung der Elektrizitätswerksleiter die wirtschaftlichste Art der Stromversorgung zu prüfen hatte. Sie kam im Gegensatz zu den Berechnungen der Niederländischen Staatsbahnen zu dem Ergebnis, daß der Strombezug aus öffentlichen Elektrizitätswerken wirtschaftlich der Eigenerzeugung des Stromes überlegen sei. Auf Grund dieses Gutachtens wurde dann der Strombezug aus städtischen Kraftwerken durch das Ministerium vorgeschrieben, obwohl die Berechnungen der Niederländischen Staatsbahnen ergeben hatten, daß die Eigenerzeugung wirtschaftlicher sei. Infolgedessen schlossen die Niederländischen Staatsbahnen mit den Kraftwerken Rotterdam und Haag, später auch mit den Vereinigten Kraftwerken von Amsterdam Stromlieferungsverträge ab.

Die Fassung dieser Verträge war deshalb recht schwierig, weil über die zu erwartende Höchstbelastung und über den jährlichen Arbeitsverbrauch zunächst eine gewisse Unsicherheit bestand. Es war beabsichtigt, den Verkehr mit Triebwagenzügen zu bedienen, die mit wesentlich größerer Geschwindigkeit fahren sollten als die Dampfzüge. Dazu kam, daß der Verkehr auf den elektrisierten Strecken in Abhängigkeit von der Geschäftszeit in den Großstädten beträchtlich schwankt. Man ging bei der Aufstellung des Stromtarifs schließlich vom Stundenmaximum aus, u. zw. vom Mittelwert der größten Stundenbelastungen in zwei verschiedenen Monaten des Kalenderjahres. Die in den Verträgen zugrundegelegte Strompreisformel ist ziemlich verwickelt, da die gewährleistete Mindestmenge des jährlichen Arbeitsverbrauches sowie auch der Grundpreis bei den drei stromliefernden Werken verschieden ist. Der oben angegebene Tarif beruhte auf einer Benutzungsdauer von 4200 h des stündlichen Maximums, doch konnte diese Benutzungsdauer im Jahre 1928 nicht erreicht werden.

Das im Schwerpunkt des Bahnnetzes gelegene Kraftwerk im Haag liefert den bei weitem größten Teil der elektrischen Arbeit. Im Jahre 1928 wurden von den verbrauchten 50 Mill kWh 26 Mill aus dem Kraftwerk Haag, 7 Mill aus dem Kraftwerk Rotterdam und die übrigen 17 Mill aus den Amsterdamer Kraftwerken geliefert.

Interessant ist, was der Vortragende über die Auswirkungen dieses Vertrages mitteilte. Es hat sich herausgestellt, daß durch Einlegung von Sonderzügen das Stundenmaximum, das der Berechnung zugrunde gelegt wurde, im besonderen Maße anstieg, und daß u. U. ein einziger Sonderzug eine Steigerung der jährlichen Stromkosten um 25 000 fl verursachen kann dadurch, daß eine Erhöhung der für die Berechnung maßgebenden größten Stundenleistungen verursacht wird. Die gewählte Form des Stromlieferungsvertrages ist daher für die Niederländischen Staatsbahnen nicht günstig. Es sind deshalb auch Verhandlungen im Gange, um den Stromlieferungsvertrag den besonderen Verhältnissen des Bahnbetriebs anzupassen und damit zu vermeiden, daß die Einlegung von Sonderzügen derartig ungünstige Rückwirkungen auf den Strompreis ausüben könne. Van Loenen Martinet stellt am Schluß seines Vortrages als notwendige Voraussetzungen für den Strombezug aus fremden Werken auf, daß erstens der Fahrplan so ausgestaltet werden muß, daß der Stromtarif sich möglichst günstig auswirkt, und daß ferner die Vereinbarungen mit den stromliefernden Werken auf Grund der Erfahrungen von Zeit zu Zeit einer Nachprüfung zwecks möglichster Übereinstimmung der Belange des Bahnbetriebes mit denen der Kraftwerke unterzogen werden.

Hierzu ist zu sagen, daß die erste dieser Bedingungen wohl für einen Bahnbetrieb mit vorwiegendem Zwischenstadtverkehr, wie er zwischen Amsterdam—Haag—Rotterdam besteht, möglich sein kann, nicht aber für den Betrieb einer Fernbahn, bei der sich schon mit Rücksicht auf den Güterverkehr der Fahrplan nicht so festlegen läßt, daß immer auf den Stromtarif Rücksicht genommen werden kann. Im übrigen ist es interessant, daß die Niederländischen Staatsbahnen bei ihren Ermittlungen zunächst zu dem Ergebnis gekommen waren, daß die eigene Energieerzeugung am wirtschaftlichsten sei. Das deckt sich mit den Ergebnissen der Rechnungen, die für verschiedene Elektrisierungsprojekte der Reichsbahn aufgestellt worden waren. Wenn trotzdem der Strombezug aus öffentlichen Elektrizitätswerken in Zukunft wohl in erster Linie in Frage kommen dürfte, so liegt das wohl an der Schwierigkeit der Kapitalbeschaffung für die erheblichen Anlagekosten bahneigener Werke (J. J. W. van Loenen Martinet, De Ingenieur 1929, Nr. 32; Electrotechniek Nr. 13.)

—*sb.*—

Leitungen.

Theorie der Verluste im Bleimantel von Einleiterkabeln. — Die bisher bekannt gewordenen theoretischen Untersuchungen über die Verluste im Bleimantel von Starkstromkabeln weichen in ihren Ergebnissen mehr oder minder voneinander ab, je nach den Vereinfachungen, welche zur Überwindung der mathematischen Schwierigkeiten gemacht wurden. In einer umfangreichen Untersuchung prüft nun H. M. Arnold die Berechtigung der bisher üblichen Vereinfachungen und liefert eine zusammenhängende und sehr aufschlußreiche Darstellung dieses schwierigen und ständig an Bedeutung gewinnenden Sondergebietes der Starkstromkabeltechnik.

Als ohne weiteres zulässige Vernachlässigungen können danach folgende gelten: 1. Die durch den Bleimantel fließenden Kapazitätsströme brauchen nicht berücksichtigt zu werden. 2. Der Bleimantel kann als Rohr von unendlich dünner Wandstärke angesehen, also es kann mit seinem mittleren Radius gerechnet werden. Die dabei erreichte Genauigkeit entspricht einem Fehler von weniger

[1] Nach Abb. 2 der BBC-Nachr. Mannh. Bd. 18, S. 39 (1929).

Digitized by Google

als 1 %. Nicht zu vernachlässigen sind dagegen die gegenseitige Lage der Kabel sowie die Stromverteilung über den Umfang des Mantels. Berühren sich die Mäntel der einzelnen Einleiterkabel — nur von solchen ist in dem Aufsatz die Rede —, so ist der Einfluß der ungleichen Stromverteilung am größten und erreicht Werte von etwa 10 % der gesamten Kupfer- und Bleimantelverluste. Diese zusätzlichen Verluste bilden den Gegenstand eingehender Untersuchungen, worauf im folgenden Bericht zurückgekommen wird. Alle Untersuchungen erstrecken sich auf das Einphasensystem mit Hin- und Rückleitung und auf Dreiphasensysteme mit den drei Leitern im gleichseitigen Dreieck und in einer Ebene. Im letzteren Fall wird auch der Einfluß des Kreuzens der Phasen berücksichtigt. Von den Berechnungen der induzierten Spannungen im Bleimantel und der Verluste seien nachstehend nur die wichtigsten Ergebnisse mitgeteilt:

1. Einphasensystem.

$$\frac{\text{Bleiverluste}}{\text{Kupferverluste}} = \frac{R_s}{R_c}\left(\frac{X^2}{R_s^2+X^2}\right), \quad \ldots \quad (1)$$

R_s Widerstand/cm des Bleimantels, X induktiver Widerstand desselben, R_c Leiterwiderstand.

2. Dreiphasensystem, Phasen in gleichseitigem Dreieck (Abstand der Kabelachsen s). Es gilt die gleiche Formel (1); die Verluste verteilen sich auf die Phasen im quadratischen Verhältnis der in ihnen fließenden Ströme und sind gleich, falls die Ströme ausgeglichen sind.

3. Dreiphasensystem mit in einer Ebene liegenden Phasen ($s_1 = s_2 = s$ und $s_3 = 2s$; $X_a = X_b = X_m$; $X_1 = X_3 = X$; $X_m + X = P$ und $X - {}^1/_3 X_m = Q$; c Bleimantelradius; $X_1 = 2\omega \ln s_1/c$; $X_3 = 2\omega \ln s_2/c$; $X_a = 2\omega \ln s_3/s_1$; $X_b = 2\omega \ln s_3/s_2$; $X_m = 2\omega \ln 2$).

$\frac{\text{Bleiverluste}}{\text{Kupferverluste}}$ für die Außenphase A:

$$\frac{R_s}{R_c}\left\{\frac{{}^3/_4 P^2}{R_s^2+P^2}+\frac{{}^1/_4 Q^2}{R_s^2+Q^2}-\frac{2R_s P Q X_m/\sqrt{3}}{(R_s^2+P^2)(R_s^2+Q^2)}\right\},$$

für die Mittelphase B:

$$\frac{R_s}{R_c}\left(\frac{Q^2}{R_s^2+Q^2}\right),$$

für die Außenphase C:

$$\frac{R_s}{R_c}\left\{\frac{{}^3/_4 P^2}{R_s^2+P^2}+\frac{{}^1/_4 Q^2}{R_s^2+Q^2}+\frac{2R_s P Q X_m/\sqrt{3}}{(R_s^2+P^2)(R_s^2+Q^2)}\right\}.$$

Die Bleimantelströme und -verluste der beiden Außenphasen sind also nicht gleich zufolge der Rückwirkung der Bleimantelströme. Schließlich ergibt sich:

$$\frac{\text{gesamte Bleiverluste}}{\text{gesamte Kupferverluste}} = \frac{R_s}{2R_c}\left(\frac{P^2}{R_s^2+P^2}+\frac{Q^2}{R_s^2+Q^2}\right).$$

Alle vorstehenden Formeln gelten unter der, wie oben bereits bemerkt, nicht ganz zutreffenden Annahme, daß der Bleimantelstrom am Umfang gleichmäßig verteilt ist. Das Problem der Zusatzverluste zufolge der ungleichen Stromdichte wurde bereits von Dwight mit Hilfe von schnell konvergierenden Reihen behandelt; der Verfasser ergänzt diese Arbeit in ausführlichen mathematischen Entwicklungen und stellt Näherungsformeln auf; diese enthalten je zwei Posten, von denen der erste den von der gleichmäßigen, der zweite den von der ungleichmäßigen Stromverteilung herrührenden Anteil an den Verlusten angibt. Wegen der unhandlichen Ausdrücke muß auf die Originalarbeit verwiesen werden. Jedenfalls ist hier die Möglichkeit zu rein rechnerischer Erfassung der Bleimantelverluste bis zu einem Grade geführt, der bisher wohl noch nicht erreicht worden ist.

Experimentelle Nachprüfungen der theoretisch gewonnenen Ergebnisse lieferten eine vorzügliche Übereinstimmung zwischen Theorie und Versuch, worüber der Originalaufsatz ausführlich Auskunft gibt. In einem Anhang zeigt der Verfasser an einer Reihe von Beispielen, wie sich die Vorausberechnung der bei Kabelanlagen zu erwartenden Spannungen zwischen den Enden der Bleimäntel und die der Bleimantelverluste gestaltet; dieser Abschnitt ist daher für die mit der Kabelprojektierung betrauten Ingenieure von besonderer Bedeutung. Eines der Beispiele dient auch zur Ableitung des Vektordiagrammes der Spannungen und Ströme. In weiteren Anhängen wird noch eingehend untersucht, welchen Einfluß die Erdung an beiden Enden bei Dreiphasen-Kabelanlagen mit unsymmetrisch zueinander, z. B. in einer Ebene, liegenden Phasen hat, und wie groß der Fehler ist, der bei Vernachlässigung der Bleimantelstärke eingeht. Es erweist sich, daß beide Vernachlässigungen durchaus angängig sind; auf die umfangreiche Beweisführung kann nicht eingegangen werden. Am Schluß befindet sich ein Literaturverzeichnis. (H. M. Arnold, J. Inst. El. Engs. London Bd. 67, S. 69.) *Eg.*

Die Scheinwiderstände einer aus Einfachkabel in einer Ebene bestehenden Drehstrom-Kabelanlage. — Diese Arbeit steht in engstem Zusammenhang mit der vorhergehend referierten des gleichen Verfassers und ergänzt diese mit Untersuchungen über die Spannungsabfälle in den verschiedensten Phasen unter der Voraussetzung, daß die beiden äußeren der in einer Ebene liegenden drei Phasen von der mittleren gleich weit entfernt sind. Zur Vermeidung von Beeinflussungen benachbarter Stromkreise und zur Erzielung gleicher Spannungsabfälle in allen drei Phasen vertauscht man in regelmäßigen Schritten die Lage der Einleiterkabel. Hier werden die Verhältnisse bei Fortfall der Kreuzungen klargestellt.

Es handele sich z. B. um eine 9 km lange Drehstromleitung, welche am Verbraucherende bei einer verketteten Spannung von 6 kV bei gleicher Phasenbelastung 500 A bei einem nacheilenden Leistungsfaktor von 0,8 abgeben soll; die äußeren Phasen sind von der mittleren 15,2 cm entfernt, der Leiter hat 11,8 mm, der Bleimantel 21,6 mm Halbmesser, der Widerstand des Leiters beträgt 0,055, der des Mantels 0,5 Ω/km. Ist die Phasenfolge *A*, *B*, *C*, so ergibt die Rechnung folgendes: Die erforderlichen Spannungen am Kraftwerksende sind a) bei isolierten Bleimänteln (Mantelströme gleich Null) zwischen *A* und *B*: 7260 V, zwischen *B* und *C*: 7000 V, zwischen *C* und *A*: 7340 V; b) bei verbundenen Bleimänteln sind die entsprechenden Zahlen 7290, 7170 bzw. 7500 V. Im letzteren Fall sind die Bleimäntel an nur einem Ende geerdet angenommen; werden sie an beiden Enden geerdet gedacht und der Erdwiderstand gleich Null gesetzt, so stellt sich eine nur geringe Abweichung gegenüber den obigen Zahlen heraus, nämlich 7270, 7170, 7500 V. Bei regelmäßig vertauschten Kabeln liegt der für alle gleiche Spannungsabfall unter dem Mittelwert der bei ungekreuzten Kabeln gefundenen Spannungsabfälle; bei dicht nebeneinander liegenden Kabeln kann der Unterschied gegen das genannte Mittel 10 % ausmachen. — Versuche an 10 m langen Kabelstücken lieferten Meßwerte, die mit den theoretischen Ergebnissen in recht guter Übereinstimmung stehen. Als praktisch wichtige Schlußfolgerung ist noch hervorzuheben, daß sorgfältige Erdung an beiden Enden, die ja aus Sicherheitsgründen anzuraten ist, den Spannungsabfall in der Leitung nicht nennenswert vergrößert. (H. M. Arnold, J. Inst. El. Engs. London Bd. 67, S. 90.) *Eg.*

Elektromaschinenbau.

Zusätzliche Kommutierungsverluste in Gleichstromwicklungen bei endlicher Stromwendedauer. — Hinsichtlich der zusätzlichen Wirbelströme, welche in den Leitern einer Gleichstromwicklung durch den Kommutierungsvorgang entstehen, werden in einer Arbeit von R. Stix drei Perioden unterschieden: das allmähliche Entstehen der Wirbelströme zu Beginn des Kommutierungsvorganges, der stationäre Endzustand der zusätzlichen Stromverteilung bei sehr langer Stromwendedauer und endlich das Abklingen der Ströme im Leiter nach Beendigung des eigentlichen Stromwendevorganges. Die Stromverteilung bei unendlich langer Stromwendedauer läßt sich verhältnismäßig einfach genau ermitteln, ebenso der überlagerte Abklingvorgang zu Beginn und nach Ende der Kommutierung, u. zw. sowohl für Wicklungen ohne unterteilte Leiter als auch für solche mit Stabunterteilung. Aus dem derart bekannten Verlauf der zusätzlichen Ströme lassen sich die durch sie bedingten Verluste ohne weiteres angeben, man erhält für das Verlustverhältnis bei Wicklungen ohne Leiterunterteilung:

$$\frac{V_z}{V_Q} = \frac{L}{L+L_{st}}\,\frac{1}{45\,m}\sum_1^m (15p^2-15p+4)\,\pi^4\,\frac{b_{wz}}{t_p}\left(\frac{\delta}{T}\right)^2 \times\left[1-\frac{\delta}{T}\left(1-e^{-T/\delta}\right)\right];$$

$$\delta = \frac{4\pi}{10^9}\,\frac{h^2}{\pi^2}\,\frac{\lambda\varrho}{b}; \qquad T = \frac{b_{wz}}{v_a}.$$

V_z zusätzliche Kommutierungsverluste in Watt,
V_Q Ohmsche Verluste in Watt,
L aktive Eisenlänge,

Digitized by Google

L_{st} Länge einer Stirnverbindung,
m Schichtzahl der Wicklung,
$p = 1, 2, 3, \ldots m$ laufende Nummer der Wicklungschichten, gezählt vom Nutengrund,
b_{wz} Breite der Wendezone,
t_p Polteilung,
v_a Ankerumfangsgeschwindigkeit,
h Leiterhöhe in cm,
λ Leitfähigkeit (für warmes Kupfer $\lambda = 25 \cdot 10^4$),
g Summe der Kupferbreiten der nebeneinanderliegenden Leiter einer Nut,
b Nutbreite.

Ebenso lassen sich in einfacher Weise das Verlustverhältnis jeder einzelnen Schicht sowie die kritischen Leiterhöhen sowohl für die ganze Wicklung als auch für jede Schicht getrennt ermitteln.

Bei Wicklungen mit unterteilten Leitern werden die Verluste aus der Stromverteilung in grundsätzlich gleicher Weise bestimmt, u. zw. werden zunächst die Verluste bei Stabwicklungen mit Unterteilung jedes Einzelleiters in zwei Teilleiter der Höhe nach angegeben. Bei derartigen Wicklungen setzen sich die Zusatzverluste aus einem Teil, der durch Wirbelströme im Teilleiter selber bedingt ist, und einem zweiten Teil zusammen, der durch die Wirbelströme entsteht, welche sich über den parallelgeschalteten Nachbarleiter schließen. Endlich werden die Zusatzverluste für einige Wicklungsanordnungen ermittelt, wenn die Leiterunterteilung so weit getrieben ist, daß im Teilleiter selber praktisch keine Wirbelströme mehr entstehen, die Zusatzverluste des ersteren Teiles der Wirbelströme also zu vernachlässigen sind. (R. Stix, Arch. El. Bd. 23, H. 6, S. 593.)

Unterdrückung der selbsterregten Schwingungen von Synchronmaschinen. — Die Verfasser behandeln das Auftreten selbsterregter Schwingungen bei synchron betriebenen Maschinen mit ausgeprägten Polen. Es wird ein Mittel angegeben, diese unerwünschte Erscheinung, die zu erhöhter Stromaufnahme und den damit verbundenen Verlusten und u. U. sogar zum Außertrittfallen der Maschine führt, im Keim zu unterdrücken. An Hand theoretischer Ausführungen, in denen näher auf die Ursachen eingegangen wird, die zum Auftreten der selbsterregten Schwingungen führen, sowie durch Anführung von Versuchen an einem Einankerumformer findet die Wirksamkeit dieses Mittels Bestätigung. (K. Machens u. E. Manteuffel, Arch. El. Bd. 24, H. 1, S. 54.)

Apparate.

Kompaß mit Kobaltstahl-Magneten. — Es wird ein Flugzeugkompaß des amerikanischen Luftfahrkorps beschrieben, der — wie auch deutsche Apparate — mit Kobaltstahl-Magneten zur Erzielung größerer Richtkraft und Konstanz bei kleinen Abmessungen ausgerüstet ist. Das Magnetsystem besteht aus zwei gleichpolig nebeneinander liegenden Magnetstäbchen von 5 cm Länge und 2,5 mm Dmr., ruht mit Saphirlager auf einer Spitze und kann ohne Behinderung Neigungen bis 30° ausführen. Das geschlossene Gehäuse ist kugelförmig mit seitlicher Einsichtkalotte und wird mit Flüssigkeit zur Dämpfung gefüllt. Es besitzt Kompensationskammern zum Ausgleich der Temperatur- und Luftdruckänderungen. Eine neuartige magnetische Kompensationseinrichtung gegen störende Magnetfelder ist unter dem Gehäuse angeordnet. Sie besteht aus vier festliegenden Magnetstäbchen von je 20 mm Länge und 3 mm Dmr., die mit dem Nordpol nach dem Mittelpunkte, aber zueinander im Winkel von 90° liegen. Eine einstellbare Eisenschirmplatte (Hypernikmaterial) überdeckt die Magnete gemeinsam bis zur Hälfte, und bei genau zentrischer Lage der Schirmplatte liegt keine Beeinflussung des Kompaßsystems vor. Durch Verschiebung der Schirmplatte ist nun jede beliebig gerichtete Störung kompensierbar, u. zw. können bis zu 45° Abweichungen der Kompaßnadel ausgeglichen werden. Der Kompaß wird direkt in die Instrumententafel am Führerstand eingebaut. Zum Schutze gegen Stöße und Erschütterungen ist eine Aufhängung mit Federn und Filzkissen vorgesehen. Die Prüfung erfolgt bei Temperaturen bis 35° unter Null und einem Luftdruck von 180 mm Quecksilber. Gewicht und Abmessungen sind möglichst niedrig gehalten. Die Abmessungen sind aber nicht angegeben. Die Frontplatte mit kreisförmigen Ausschnitt von rd. 6 cm Dmr. dürfte etwa 12 × 25 cm messen. (J. R. Gier, The Electric Journ. Bd. 27, S. 114.) *Schö.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

Messung kleiner Wechselstromleistungen bei großen Phasenverschiebungen. — Das Messen kleiner Wechselstromleistungen bei großen Phasenverschiebungen, wie sie z. B. bei der Bestimmung von Koronaverlusten an Hochspannungsleitungen auftreten, macht mit direkt zeigenden Dynamometern infolge des geringen Drehmomentes des beweglichen Systems Schwierigkeiten. Die Untersuchung zeigt, daß bei Einzelbestimmung der Spannung U, des Stromes I und des Leistungsfaktors $\cos\varphi$ die Berechnung der Leistung aus diesen Faktoren ($N = U I \cos\varphi$) wesentlich genauer wird. Zur Bestimmung des Leistungsfaktors wird eine Nullmethode, als Nullinstrument zweckmäßig ein Spiegeldynamometer benutzt, dessen feste Spule einen möglichst kleinen Widerstand, die bewegliche Spule einen solchen von etwa 100 Ω hat. Derartige Instrumente werden von den einschlägigen Firmen listenmäßig hergestellt. Abb. 2 zeigt eine Versuchschaltung zur „indirekten" Leistungsmessung bei großen voreilenden Phasenverschiebungen des Verbraucherstromes gegen die Verbraucherspannung, die sich durch Einfachheit im Aufbau und in der Bedienung auszeichnet. Mit den Widerständen R_2, $\mathfrak{R}_3$ wird in der beweglichen Dynamometerspule ein gegen die Verbraucherspannung nacheilender Meßstrom I_1 hergestellt, dessen Phasenverschiebung man mit Hilfe des veränderlichen Widerstandes R_2 so einstellen kann, daß er gegen den Verbraucherstrom gerade um 90° nacheilt. Das Spiegeldynamometer zeigt dann keinen Ausschlag mehr; aus den bekannten Widerständen der Schaltung kann man den Leistungsfaktor $\cos\varphi$ berechnen. Dabei sind Korrekturen nötig zur Berücksichtigung der Induktivitäten der Dynamometerspulen und des Fehlwinkels des Zwischenwandlers, der die Ströme im Meßkreise klein halten soll. Die Meßmethode ist auch bei Hochspannungsversuchen gut anwendbar; dabei sind die Fehlwinkel der zwischengeschalteten Strom- und Spannungswandler zu berücksichtigen. Bei der Messung ist großer Wert auf Abschirmung des gegen Fremdfeldeinflüsse sehr empfindlichen Dynamometers zu legen, was durch geeignete Kapselung gelingt.

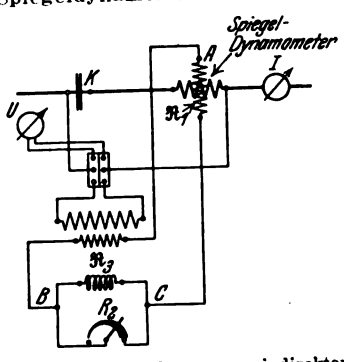


Abb. 2. Meßschaltung zur „indirekten" Leistungsmessung bei voreilenden Phasenverschiebungen.

An Hand des Ortsdiagrammes der Meßschaltung läßt sich übersichtlich der Einfluß der Größe der in der Schaltung auftretenden Widerstände auf die Größe des einzustellenden Winkels $\varepsilon = 90° - \varphi$ darstellen. Eine Untersuchung der Meßgenauigkeit zeigt, daß diese am größten wird, je kleiner man den Widerstand $\mathfrak{R}_3$, ein Normal der Selbstinduktion, wählt. Fehler treten bei der Messung auf durch ungenaues Abgleichen am Spiegeldynamometer (Beobachtungsfehler), durch ungenaue Widerstände R_2 und $\mathfrak{R}_3$, ferner durch zu grobe Stufung des veränderlichen Widerstandes R_2. Hinzu kommen noch Ablesefehler am Spannungs- und Stromzeiger. Vergleicht man die Summe dieser Fehler der „indirekten" Leistungsmessung mit dem Ablesefehler bei der direkten Leistungsmessung, in beiden Fällen die Wahl günstigster Instrumente vorausgesetzt, so zeigt sich die indirekte Methode bis etwa $\varepsilon \lesssim 8°$ (entsprechend $\cos\varphi \gtrsim 0{,}14$) der direkten Methode überlegen. Enthält die Spannungskurve der Verbraucherspannung Oberschwingungen, so stört das die 90°-Abgleichung nicht, wohl aber entstehen dann Fehler bei der Berechnung des Ergänzungswinkels ε, die um so größer sind, von je höherer Frequenz die auftretenden Oberschwingungen sind. Man kann diesen Fehler dadurch klein halten, daß man das Widerstandsverhältnis $|\mathfrak{R}_3| : R_2$ möglichst groß macht.

Will man mit der indirekten Methode sehr große nacheilende Phasenverschiebungen messen, so muß man in der Schaltung Abb. 1 das Normal $\mathfrak{R}_3$ durch einen Kondensator ersetzen und damit in der beweglichen Dynamometerspule einen gegen die Verbraucherspannung voreilenden Meßstrom herstellen, dem man, ebenfalls durch Verändern des Widerstandes R_2, gegen den Verbraucherstrom eine um 90° voreilende Phasenverschiebung gibt. Sowohl voreilende als auch nacheilende Meßströme mit ein und derselben Meßschaltung erhält man mit Hilfe der Brückenschaltung nach Görges unter Verwendung zweier gleicher Widerstände und zweier gleicher Normale der Selbstinduktion oder

Digitized by Google

zweier gleicher Kondensatoren, je nachdem ob man die Schaltung vorzugsweise zur Leistungsmessung bei sehr großen nacheilenden oder voreilenden Phasenverschiebungen des Verbraucherstromes gegen die Verbraucherspannung benutzen will. Der Meßfehler ist bei Verwendung der Görges-Brückenschaltung von gleicher Größenordnung wie bei der zuerst beschriebenen Schaltung, mithin ist auch die Brückenschaltung bis zu $\varepsilon \lessgtr 8°$ vorteilhaft verwendbar. (W. Spielhagen, Arch. El. Bd. 23, H. 6, S. 609.)

Über Spannungspfad-Schaltungen für eisenlose elektrodynamische Präzisions-Leistungsmesser. — Bei eisenlosen elektrodynamischen Präzisions-Leistungsmessern soll die Anordnung des Spannungspfades folgenden Bedingungen genügen:

1. Das Verhältnis des in der Drehspule (Spannungsspule) fließenden Stromes zu der am Spannungspfad wirksamen Betriebspannung soll von der Frequenz des Wechselstromes möglichst unabhängig sein, u. zw. bei allen in Betracht kommenden, den verschiedenen Spannungsmeßbereichen entsprechenden Vorwiderständen.

2. Der Drehspulstrom soll mit der Betriebspannung phasengleich sein, u. zw. für einen möglichst großen Frequenzbereich und bei allen in Betracht kommenden Vorwiderständen.

3. Der durch den Einfluß der gegenseitigen Induktivität zwischen den beiden Meßwerkspulen hervorgerufene Wechselinduktionsfehler soll verschwindend klein sein, u. zw. für einen möglichst großen Frequenzbereich und bei allen in Betracht kommenden Vorwiderständen.

4. Die Temperaturkoeffizienten der einzelnen Spannungspfad-Widerstände sollen derart abgeglichen sein, daß ein möglichst vollkommener Ausgleich der Temperatureinflüsse erzielt wird, u. zw. bei allen in Betracht kommenden Vorwiderständen.

Um beim praktischen Gebrauch die Instrumente und die zur Erweiterung des Spannungsmeßbereiches dienenden Vorwiderstände beliebig vertauschen zu können, ist es zweckmäßig, Gesamtwiderstand und Stromverbrauch des Spannungspfades auf runde Werte zu bringen. Beispielsweise ist bei den meisten Ausführungen solcher Meßgeräte der (der Nennspannung entsprechende) Stromverbrauch des Spannungspfades auf 30 mA abgeglichen, so daß jedem Widerstande von 1000 Ω stets eine Spannung von 30 V entspricht. Diese Abgleichung geschieht im allgemeinen mit Hilfe eines Parallelwiderstandes, welcher zu der Drehspule nebst einem mit ihr in Reihe geschalteten Vorwiderstand parallelgeschaltet ist, also durch geeignete Abgleichung der Spannungspfad-Widerstände. Nach einem Vorschlag von W. Geyger kann die Abgleichung des Stromverbrauchs bei Instrumenten mit Bandaufhängung des beweglichen Systems unter Vermeidung des Parallelwiderstandes auch in der Weise vorgenommen werden, daß die wirksame Länge des Aufhängebandes, also seine mechanische Richtkraft, mittels einer besonderen Klemmvorrichtung so abgeglichen wird, daß bei dem in der Hauptstromspule fließenden Nennstrom und bei dem gegebenen, in der Drehspule fließenden Strom für den Spannungspfad (z. B. 30 mA beim Anlegen der Nennspannungen) der Endausschlag erreicht wird[1]. Die bei eisenlosen elektrodynamischen Präzisions-Leistungsmessern anwendbaren Spannungspfad-Schaltungen kann man daher in zwei Hauptgruppen einteilen:

1. Schaltungen ohne Parallelwiderstand, bei denen eine Abgleichung des Stromverbrauches nur durch Änderung der mechanischen Richtkraft ausführbar ist.

2. Schaltungen mit Parallelwiderstand, bei denen eine Abgleichung des Stromverbrauches ohne Richtkraftänderung durch Abgleichen des Parallelwiderstandes ausführbar ist.

W. Geyger hat die bekannten Spannungspfad-Schaltungen, bei denen ein induktionsfreier bzw. ein induktiv ausgebildeter[2] Parallelwiderstand verwendet wird, hinsichtlich Erfüllung der obengenannten Bedingungen kritisch untersucht und eine neue Spannungspfad-Schaltung mit Parallelwiderstand angegeben, die im Vergleich zu den bekannten Schaltungen wesentliche Vorteile bietet. Bei dieser Schaltung (Abb. 3) sind Parallelwiderstand R_3 und Vorwiderstand R_1 induktions- und kapazitätsfrei ausgebildet (d. h. derart, daß R_3 und R_1 die Zeitkonstante Null haben), während der der Drehspule S_D vorgeschaltete induktions- und kapazitätsfreie Hilfswiderstand R_H teilweise durch einen Hilfskondensator C überbrückt wird, dessen Kapazität so bemessen ist, daß der in der Drehspule fließende Strom J_2 mit der am Parallelwiderstand wirksamen Teilspannung E_P und somit mit der am Spannungspfad wirksamen Gesamtspannung E phasengleich ist. Bei dieser Schaltung ist der Vorwiderstand R_1 in der Nullbedingung für den Spannungspfad-Fehlwinkel nicht enthalten; der Spannungspfad-Fehlwinkel ist also hier — im Gegensatz zu den bekannten Schaltungen — bei allen Spannungsmeßbereichen gleich Null. Ferner ist hier der vom Felde der Hauptstromspule in der Drehspule induzierte Strom gegen dieses Feld um 90° phasenverschoben. Infolgedessen kann ein durch Wechselinduktion hervorgerufenes zusätzliches Drehmoment nicht auftreten, d. h. der Wechselinduktionsfehler ist gleich Null. — Anschließend werden einige Betrachtungen über den Ausgleich der Temperatureinflüsse bei den behandelten Spannungspfad-Schaltungen angestellt, welche von Interesse sind, wenn es sich darum handelt, die Temperaturabgleichung bei einem möglichst geringen Drehmomentverlust zu erzielen. (W. Geyger, Arch. El. Bd. 23, H. 5, S. 556.)

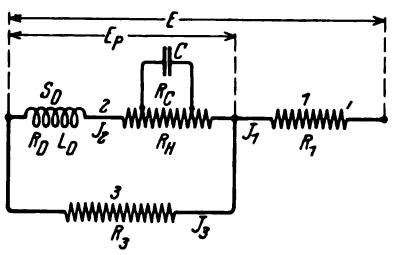


Abb. 3. Spannungspfad-Schaltung für eisenlose elektrodynamische Präzisions-Leistungsmesser.

Beleuchtung.

Gußeiserne, wasserdichte Wandleuchten. — Die der neuzeitlichen Geschmacksrichtung angepaßten und in den verschiedensten Ausladungen für Glühlampen von 60 bis 150 W hergestellten Wandleuchten der Elektrotechnischen Fabrik Pötter & Schütze G. m. b. H., Essen-Rellinghausen, zeichnen sich dadurch aus, daß die Wandplatten (Abb. 4)

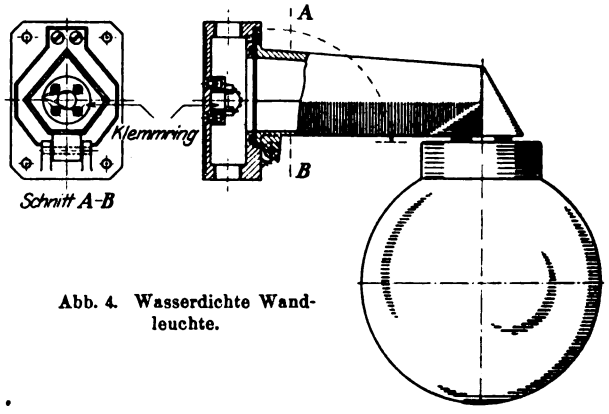


Abb. 4. Wasserdichte Wandleuchte.

gleichzeitig als Verteilungsdose ausgebildet sind und mit einer rückseitigen und bis zu vier seitlichen Einführungen für Stahlpanzerrohr oder Anthygronleitung versehen werden können. Der in der Wandplatte untergebrachte Klemmenring ermöglicht ein schnelles und sauberes Anschließen und Verteilen der Leitung. Der Ausleger ist mittels Scharniers an der Wandplatte befestigt und läßt sich bis zu einem vorgesehenen Anschlag herunterklappen, bleibt also auch in geöffneter Stellung an der Wandplatte befestigt. Dadurch werden Leerlaufarbeit vermieden und Hilfskräfte beim Anbringen der Wandarme erspart. Die Leuchten eignen sich u. a. für Schaufenster, Hauseingänge, Balkone, Maschinenhäuser und Unterführungen. *ft*

Lichttechnische Gewerbeförderung in Österreich. — Unter Führung des Gewerbeförderungsdienstes des Handelsministeriums hat sich eine Arbeitsgemeinschaft gebildet, der verschiedene Ämter und private Vereinigungen angehören. Sie bezweckt Gewerbeförderung durch Verbreitung der für die richtige Beleuchtung gewerblicher Betriebe maßgebenden Grundsätze und will auf der einen Seite diesen Betrieben neue Kunden gewinnen, anderseits die elektrotechnischen Unternehmungen, die auch unter der Wirtschaftskrise leiden, fördern. Dies erreicht sie durch Aufklärungsvorträge und Beratung der Handwer-

[1] Vgl. Geyger, Arch. El. Bd. 19, S. 133/134 u. 136/137 (1927).

[2] Nach DRP. 245 360. Vgl. auch Skirl, Meßgeräte und Schaltungen für Wechselstrom-Leistungsmessungen, S. 28; Verlag Julius Springer, Berlin 1920. Keinath, Die Technik elektrischer Meßgeräte, 3. Aufl., Bd. 1, S. 255; Verlag R. Oldenbourg, Berlin 1928.

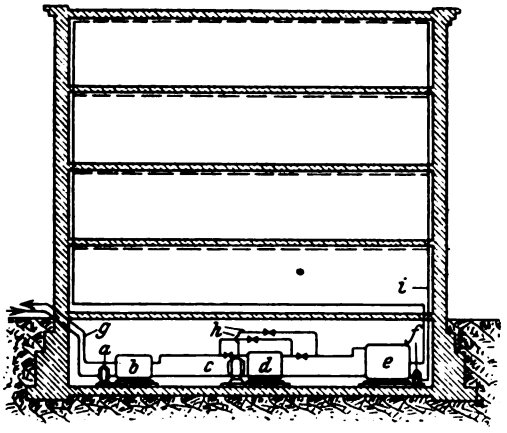
Digitized by Google

kerkreise, Schulung der Installateure sowie durch Propaganda, Einrichtung einer neutralen Beratungsstelle, Schaustellung modern beleuchteter Musterwerkstätten usw. Der Organisationsplan ist von der Zentrale der österreichischen Lichtwerbung in Wien ausgearbeitet worden. *Hgn.*

Heizung. Öfen.

Wirtschaftlichkeit der elektrischen Heizung mittels Wärmepumpen. — Die allgemein gebräuchlichen elektrischen Heizvorrichtungen beruhen auf Widerstandserhitzung, geben daher nur das Wärmeäquivalent der zugeführten Energie ohne Rücksicht auf die Höhe der Temperatur. Abweichend hiervon ermöglichen Wärmepumpen Heizleistungen, die das zugeführte Äquivalent übersteigen. Wärmepumpen entsprechen in ihrer Wirkungsweise den gebräuchlichen Kühlmaschinen[1]. Die Heizleistung steigt mit sinkendem Temperaturunterschied und kann ein Vielfaches der Antriebsenergie erreichen. Bei verlustfreier Umsetzung besteht für das Verhältnis von Heizwärme Q_1 zum Wärmeäquivalent der Antriebsenergie Q die Beziehung $\frac{Q_1}{Q} = \frac{T_1}{T_1 - T_2}$ (T_1 obere, T_2 untere Temperatur). Das Verhältnis kann als idealer Heizwirkungsgrad bezeichnet werden. Der effektive Wirkungsgrad beträgt durchschnittlich 55 % des Idealwirkungsgrades.

Die erforderliche Heizwärme kann entweder der Außenluft oder vorhandenen Wasserläufen entzogen werden. Luft als Wärmeträger bedingt jedoch große und teure Wärmeaufnehmer. Bei Anwendung der Rückführungsheizung auf Raumheizung wird Frischluft durch die der abströmenden Luft entzogene Wärme geheizt. Der zu bewältigende Temperaturunterschied kann dann niedrig gehalten werden. Günstige Verhältnisse ergeben sich bei möglicher gleichzeitiger Ausnutzung von Heiz- und Kühlwirkung. Abb. 5 zeigt die Heizanordnung für ein großes



a	Pumpe	*e*	Kondensator	*h*	Umschaltventile
b	Verdampfer	*f*	Heißwasserpumpe	*i*	Leitungen zu den Heizkörpern
c	Motor	*g*	Kaltwasserzufluß und -abfluß		
d	Kompressor				

Abb. 5. Heiz- und Kühlanlage für ein Gebäude.

Gebäude, wobei Wasserzufluß für die Wärmeentnahme vorausgesetzt ist. Zur Ermöglichung einer Raumkühlung während der heißen Jahreszeit sind Umschaltventile vorgesehen. Unter Annahme eines erreichbaren Heizwirkungsgrades von 3 ... 4 errechnet sich für große Gebäude eine Verminderung der Stromkosten von 30 ... 50 % gegenüber Speicherheizung mit halbem Strompreis. — Günstige Aussichten für Wärmepumpen bieten große Badeanstalten, wobei die Rückführungsheizung ohne Schwierigkeit anwendbar ist. Wirkungsgrade bis zu 7 liegen dann im Bereich der Möglichkeit. Eine vergleichende Kostenberechnung für Kohlen- und elektrische Heizung ergibt für den elektrischen Betrieb eine Ersparnis von rd. 30 %.

Stellungnahme des Berichters: Ein abschließendes Urteil über die Wirtschaftlichkeit läßt sich aus den veröffentlichten Versuchen nicht ziehen. Sie erweisen jedoch die praktische Brauchbarkeit für Raumheizung unter passenden Verhältnissen. Von einer umfassenden Anwendbarkeit kann keineswegs gesprochen werden, wie dies auch vom Verfasser hervorgehoben wird. Einerseits sind die erforderlichen günstigen Bedingungen für die Wärmeentnahme nicht überall gegeben, anderseits kommt die Bewältigung größerer Temperaturunterschiede mit Rücksicht auf den geringen Wirkungsgrad nicht in Frage. Sichere Grundlagen für die Beurteilung werden sich erst nach geeigneter Durchbildung des Systems gewinnen lassen, die vorerst noch fehlt. Außer Zweifel steht jedoch die Überlegenheit hinsichtlich der Möglichkeit einer Raumkühlung, die in vielen Fällen wesentlicher sein kann, als gewisse Nachteile der Heizeinrichtung. (T. G. N. Haldane, J. Inst. El. Engs. London Bd. 68, S. 666.) *O. G.*

[1] Vgl. ETZ 1928, S. 1437.

Fernmeldetechnik.

Entwicklung eines piezoelektrischen Kristalls als ein Frequenzstandard. — Es wurde untersucht, welche Frequenzgenauigkeit mit einem Quarzkristall erreicht werden kann bzw. wie dieselbe beeinflußt wird durch die verschiedenen hier in Betracht kommenden Faktoren. Bei Anbringung des Kristalls in einem evakuierten Gefäß und Schutz aller Schaltungsteile, insbesondere der Gitterableitungen gegen Feuchtigkeit, war die Frequenzkonstanz etwa 0,13 auf 10^6 Hz. Der Einfluß von Änderungen der Anoden- und Heizspannungen war hier geringer als bei einem Stimmgabeloszillator. Die Frequenz zweier Kristallsender von annähernd 50 000 Hz wurde durch Frequenzerniedrigung in den bekannten Anordnungen auf 500 bzw. 505 Hz gebracht. Durch Schwebung dieser beiden Frequenzen wurde ein Zeitstandard von 5 Hz erhalten. (H. J. Lucas, Vortrag im Inst. El. Engs., London 1930.) *A. M.*

Die Ausnutzungsmöglichkeiten einer Fernkabelader für Telegraphie. — In einer Mitteilung aus dem Telegraphentechnischen Reichsamt bespricht H. Stahl die verschiedenen Möglichkeiten, eine Fernkabelader für Telegraphenzwecke auszunutzen unter Wahrung weitgehender Betriebsicherheit, Schnelligkeit und Wirtschaftlichkeit. Die Darlegungen beziehen sich nicht auf Reihentelegraphen (die nach vorhergehender Aufspeicherung der Telegraphierleistung durch Sendebeamte alle Telegramme der Reihe nach mit schnell arbeitenden maschinellen Sendern in die Leitung geben), sondern lediglich auf die Vielfachausnutzung der Leitung, bei der diese durch besondere mechanische oder elektrische Mittel in Einzelkanäle aufgeteilt und so betrieben wird, daß sich die Arbeit an jedem Einzelapparat nicht vom Betriebe einer Leitung mit Einfachapparaten unterscheidet. Die Auflösung der Leitung in Einzelkanäle kann entweder mechanisch durch umlaufende Verteiler geschehen (wie z. B. im Baudot-Telegraphen), oder man benutzt elektrische Siebketten (wie bei der Tonfrequenztelegraphie); endlich können auch Siebketten zusammen mit umlaufenden Verteilern verwendet werden. Stets muß im Interesse sicherer Übertragung gefordert werden, daß die Telegraphierzeichen durch die Leitung möglichst nicht verzerrt werden; für das zur Übertragung benutzte Frequenzband müssen daher die Widerstände der Sende- und Empfangsapparate dem Wellenwiderstand der Leitung angepaßt sein (Vermeidung von Reflexionen), ferner muß die Amplitudenverzerrung so weit ausgeglichen sein, daß die Amplitudenunterschiede rd. 30 % (entsprechend einer Restdämpfungschwankung von 0,35 Neper) nicht überschreiten, und endlich muß auch die aus der Frequenzabhängigkeit der Phasenlaufzeit entspringende Phasenverzerrung so weit ausgeglichen sein, daß auch nicht ein Einzelimpuls mit einem längeren Zeichen zusammenfließen kann.

Zur gründlichen Ausnutzung einer Fernkabelader durch Verteiler allein könnte man die Umlaufgeschwindigkeit des Verteilers so weit treiben, daß die Frequenz der Telegraphierwechsel rd. 1500 Hz erreicht. Bei Zugrundelegung einer Leistung von 300 Fünferzeichen/min (entsprechend einer Grundfrequenz von 12,5 Hz) ergäbe eine einzige Leitung dann 1500 : 12,5 = 120 Einzelkanäle. Der mechanische Aufbau eines derart schnell laufenden Verteilers wäre an sich ausführbar, ebenso die Innehaltung einer gewissen Gleichlaufgenauigkeit, doch nur mit verwickelten technischen Mitteln, gegen die vom Standpunkt der Betriebsicherheit Bedenken bestehen. Schwerer als diese Bedenken aber wiegen die nahezu unerfüllbaren Anforderungen, die ein solcher Schnellverteilerbetrieb an die Fernkabelleitung stellen würde. Zunächst müßte der Widerstand der Sende- und Empfangsapparate dem Wellenwiderstand der Leitung über einen großen Frequenzbereich angepaßt werden; das gelingt leicht für Frequenzen von 300 ... 2000 Hz, ist aber schwer für die Frequenzen von 0 ... 300 Hz, für die der Betrag des Wellenwiderstands schnell von hohen auf niedrige Werte sinkt. Weitere Schwierigkeiten macht die Beseitigung der Amplitudenverzerrung im Frequenzgebiet von

Digitized by Google

0 ... 300 Hz, die einen großen Aufwand an Entzerrungsmitteln besonderer Art bedingen würde, und am schwierigsten würde es sein, die Laufzeiten der verschiedenen am Zeichenaufbau beteiligten Frequenzen so weit auszugleichen, daß der Laufzeitunterschied kleiner als ± 0,15 ms ist (entsprechend der Zeit, die der Verteiler für das Überstreichen eines halben Segments braucht). — Ein Schnellverteilerbetrieb der gekennzeichneten Art würde also einen großen Aufwand an technischen Mitteln erfordern, dabei aber nur von geringer Betriebsicherheit sein; es ist überdies fraglich, ob ein Verkehrsbedürfnis für 120 Einzelkanäle überhaupt vorliegt. Dazu kommt, daß die Zusammenballung einer so großen Zahl von Einzelkanälen in einer einzigen Leitung bei einer etwaigen Störung dieser Leitung einen bedenklich großen Ausfall an Absatzwegen mit sich bringen würde.

Der Verfasser untersucht weiter die Frage der Ausnutzung einer Fernkabelader durch Wechselstrom-Telegraphierkanäle in Verbindung mit Verteilern. Verschiebt man die Telegraphierzeichen in das Frequenzgebiet von 300 ... 2000 Hz, indem man eine geeignete Trägerfrequenz im Takte von Telegraphierzeichen der Grundfrequenz durch ein Senderelais ein- und ausschaltet, so erzielt man den Vorteil, von dem Frequenzgebiet 0 ... 300 Hz freizukommen, in dem Übermittlungschwierigkeiten durch den sehr ungleichmäßigen Verlauf von Wellenwiderstand und Dämpfung der Fernkabelader entstehen. Bei der Modulation der Trägerfrequenz durch die Grundfrequenz der Telegraphierzeichen ergibt sich indessen ein Frequenzgemisch, in dem die Trägerfrequenz die größte Amplitude besitzt, und in dem eine große Zahl von Teilschwingungen höherer und niedrigerer Frequenz enthalten ist, deren Amplituden beiderseits der Trägerfrequenz langsam abfallen. Diese Teilschwingungen sind nicht alle zur Zeichenbildung notwendig; es ist also möglich, durch eine Sendesiebkette zwischen Senderelais und Leitung die entbehrlichen Teilschwingungen zu unterdrücken, d. h. das zu übermittelnde Frequenzband schmaler zu gestalten, so daß die Abstände zwischen den verschiedenen auf einer gemeinsamen Leitung betriebenen Trägerfrequenzkanälen kleiner gehalten werden können. Auch auf der Empfangseite sind Siebketten nötig zur Trennung der verschiedenen Trägerfrequenzen für die Empfänger, und ihre Durchlaßbreite w ist von größter Bedeutung für den guten Empfang der Telegraphierzeichen. Zwischen Durchlaßbreite w und Einschwingzeit T der Siebkette besteht die Beziehung $T = 0{,}8/w$; da ferner im Interesse guter Zeichenbildung am Empfangsende der Leitung die Einschwingzeit T nur etwa ⅔ der Dauer des kürzesten Telegraphierzeichens ($1/S$ bei S Stromstritten/s) betragen soll, so ergibt sich die Durchlaßbreite w der Siebkette in Abhängigkeit von der Telegraphiergeschwindigkeit S (in Bauds) zu $w = 1{,}2\,S$ oder $w = {}^1/_{10}$ der Zahl der Fünferzeichen/min. Ein Springschreiberbetrieb mit 6 Zeichen zu je 7 Stromschritten, also mit 42 Bauds/s, erfordert demnach eine Durchlaßbreite von $w = 50$ Hz, während ein Vierfachverteiler mit $4 \cdot 300$ Fünferzeichen/min eine Durchlaßbreite von $w = 120$ Hz bedingt. Der Übertragungsbereich der Leitung ist mit derartigen Sieben indessen nicht restlos zur Bildung von Telegraphierkanälen ausnutzbar, weil die Dämpfung der Siebketten (infolge von Verlusten in den zum Aufbau benutzten Spulen und Kondensatoren) an den Durchlaßgrenzen nicht senkrecht ansteigt, und daher der Abstand d zweier benachbarten Trägerfrequenzen größer als die Durchlaßbreite w einer Siebkette sein muß, so daß ein Frequenzbandverlust $d - w$ entsteht. Bei Verwendung normaler Pupinspulen und Papierkondensatoren ist das Verhältnis d/w bei $w = 50$ Hz rd. 1,44, bei $w = 120$ Hz rd. 1,34; im ersteren Falle bleiben also 44 %, im letzteren Falle 34 % des Übertragungsbereichs unausgenutzt. Da man bei Verwendung schmaler Bänder ($w = 50$ Hz) zweckmäßig mit Einzelapparaten, bei Verwendung breiter Bänder ($w = 120$ Hz) mit Mehrfachapparaten arbeitet, so käme hier im Interesse bester Leitungsausnutzung der Mehrfachbetrieb in Frage. Legt man das als betriebsicher erprobte Vierfachsystem zugrunde mit einer Leistung von $4 \cdot 300 = 1200$ Fünferzeichen/min, so müßte die Durchlaßbreite der Empfangsiebe 120 Hz betragen, und der Trägerfrequenzabstand wäre $d = 1{,}34 \cdot 120 \approx 160$ Hz, so daß auf dem verfügbaren Übertragungsbereich der Leitung rd. 10 Trägerwellen mit je 4 Telegraphierkanälen, also 40 Telegraphierwege, betrieben werden könnten.

Gegen diese Betriebsweise, deren elektrische und mechanische Anforderungen an Leitung und Apparate an sich ohne weiteres erfüllbar sind, bestehen indessen betriebliche Bedenken. So wird im allgemeinen nur selten ein Bedürfnis vorliegen, die 4 Kanäle einer Trägerwelle amtsendigend zu betreiben; müssen die Kanäle aber verlängert werden, so entstehen Schwierigkeiten für die Synchronisierung zwischen Verteiler und fernstehendem Endapparat. Dazu kommt die dem Verteilerbetrieb anhaftende Notwendigkeit, die Zeichen in genauem Takt in die Leitung zu geben, was zu einer Komplizierung der Einrichtung führt. Diese Schwierigkeiten werden vermieden, wenn auf den Verteilerbetrieb verzichtet und die Leitung mit Springschreibern in Trägerstromkanälen betrieben wird, da die Anforderungen an die Gleichlaufgenauigkeit des Antriebmotors so gering sind, daß der Springschreiber praktisch einen Gleichlauf nicht nötig hat. Allerdings ist die Leitungsausnutzung bei dieser Betriebsweise geringer als beim Verteilerbetrieb, denn bei der Telegraphiergeschwindigkeit von 42 Bauds muß die Durchlaßbreite der Empfangsiebe 50 oder besser 55 Hz betragen, so daß sich innerhalb des verfügbaren Frequenzbereichs von 1600 Hz nur $\frac{1600}{1{,}44 \cdot 55} = 20$ Springschreiber-Telegraphierkanäle bilden lassen. Die Reichweite dieser schmalen Kanäle ist dabei etwas größer als beim Verteilerbetrieb. Die ganzen Vorteile dieser Betriebsweise werden erst dann in die Erscheinung treten, wenn Banken, Industriekonzerne usw. durch Springschreiber in ähnlicher Weise telegraphisch miteinander verkehren, wie sie es jetzt schon telephonisch tun.

Obwohl eine Gegenüberstellung der erörterten drei Betriebsweisen zeigt, daß die Leitungsausnutzung bei reinem Verteilerbetrieb mit 120 Kanälen am größten ist, bei Trägerstrombetrieb mit Verteilern bereits auf 40 Kanäle herabsinkt und bei verteilerlosem Springschreiberbetrieb nur 20 Kanäle ergibt, ist letztere Betriebsweise allen anderen vorzuziehen, da sie am einfachsten und betriebssichersten ist. Daß sie die geringste Leitungsausnutzung mit sich bringt, ist für die Wirtschaftlichkeit des Betriebs unwesentlich, weil von den Unkostenanteilen einer Telegraphierverbindung nicht die Leitungs- und Apparatkosten, sondern die Bedienungskosten ausschlaggebend sind. Der Verfasser kommt daher zu dem Schluß, daß für Länder mit gut ausgebautem Fernkabelnetz die Vielfrequenztelegraphie mit Springschreibern — ergänzt durch die Unterlagerungstelegraphie auf Zubringerleitungen und schwach belasteten längeren Leitungen — das beste Telegraphiersystem ist. (H. Stahl, Tel. u. Fernspr.-Techn. Bd. 18, S. 95.) *Bur.*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

Aperiodische Verstärkung sowie Richtverstärkung unter Ausnutzung des vollen Verstärkungsfaktors von Elektronenröhren. — Bei aperiodischer Spannungsverstärkung durch Elektronenröhren in Widerstands-Verstärkungschaltung ist der ideale Verstärkungsfaktor, der reziproke Wert des Durchgriffs, nicht zu erreichen. Durch Einschalten einer Glühkathodenröhre mit Sättigungs-Charakter in den Anodenkreis an Stelle eines Widerstandes kann man dahin gelangen, daß die Anodenstromstärke von der zu verstärkenden Gitterspannung nicht beeinflußt wird, so daß ein Spannungsverlust durch den inneren Widerstand der Verstärkerröhre nicht auftreten kann. Jeder Änderung der Gitterspannung entspricht dann eine mit dem Reziproken des Durchgriffs vervielfachte Änderung der Spannung an der Begrenzerröhre. Bei dieser „Methode des konstanten Anodenstromes" wird also bei aperiodischer Verstärkung von Gleich- und Wechselspannungen der ideale Verstärkungsfaktor erzielt. — Durch passende Wahl der Gittervorspannung der Verstärkerröhre läßt es sich erreichen, daß bei Wechselspannungen die eine Halbwelle wirkungslos bleibt, die andere jedoch kurvengetreu verstärkt wird.

Führt man die Spannung der Begrenzerröhre einer weiteren Verstärkerröhre zu, so kann man, sofern letztere im geradlinigen Teil ihrer Kennlinie arbeitet, aus der Anodenstromänderung auf den arithmetischen Mittelwert der angelegten Wechselspannung schließen. Gleichzeitige Messung des Effektivwertes der verstärkten Halbwelle mittels eines elektrostatischen Instrumentes ermöglicht die Bestimmung des Formfaktors einer kleinen Wechselspannung ohne Stromentnahme. Die Vorzüge dieser Verstärkerschaltung treten besonders bei Anwendung von Schirmgitterröhren mit sehr kleinem Durchgriff zutage, wobei Versuche in Übereinstimmung mit dem aus den Kennlinien festgestellten Durchgriff Verstärkungsziffern von über 400 in einer Stufe ergaben. — Bei der Methode des konstanten Anodenstromes ist die Verstärkungsziffer durch die zur Anwendung gelangende Röhrentype unveränderlich gegeben; sie unterliegt in sehr weiten Grenzen keiner Veränderung durch die Heizstromstärke usw., was bei der Verwendung in der Meßtechnik einen bedeutenden Fortschritt darstellen dürfte. (H. Rudolph, Arch. El. Bd. 24, H. 1, S. 1.)

Digitized by Google

Über punktweise Aufnahme quasistationärer Vorgänge. — Bei gewissen Meßmethoden zur punktweisen Aufnahme periodischer Vorgänge ist die Erzeugung kurzdauernder Spannungs- oder Stromstöße erforderlich, deren zeitliche Abstände untereinander der Periodendauer des aufzunehmenden Vorganges entsprechen. Zur Erzeugung dieser Stöße wird eine mit loser transformatorischer Rückkopplung hochfrequent schwingende Röhre benutzt, an deren Gitter in Reihe mit der hochfrequenten Spannung eine niederfrequente von der Periodenzahl des aufzunehmenden Vorganges liegt. Von den bei dieser Anordnung auftretenden beiden Schwingungseinsätzen (einer bei jedem Nulldurchgang der niederfrequenten Gitterspannung) wird der eine dadurch unterdrückt, daß als Anodenspannung ebenfalls eine Wechselspannung verwendet wird, die die gleiche Frequenz besitzt wie die niederfrequente Gitterspannung, gegen diese jedoch in der Phase verschoben ist. Die Breite des während einer Periode der Niederfrequenz auftretenden Schwingbereiches hängt von der Steilheit der zusätzlichen niederfrequenten Gitterspannung im Nulldurchgang ab. Um diese bei gleichem Maximalwert möglichst weit zu erhöhen, wird eine trapezförmige Spannungskurve benutzt, die durch Belastung der Gitterspannungsquelle mit einer Glimmlampe erhalten wird.

Bei der punktweisen Aufnahme nichtperiodischer Vorgänge werden nur solche betrachtet, die in gleicher Form zu beliebiger Zeit willkürlich wiederholt werden können. Ihre Aufnahme erfolgt dadurch, daß eine dem aufzunehmenden Strom proportionale Spannung an das Gitter einer Dreielektrodenröhre gelegt wird, die konstante negative Anodenspannung besitzt. Dieser negativen Anodenspannung wird ein kurzdauernder positiver Spannungsstoß überlagert. Der ballistische Ausschlag des Anodenamperemeters dient als Maß für den Momentanwert der aufzunehmenden Gitterspannung. Durch eine geeignete Zusammenschaltung von Dreielektrodenröhre, Kondensator und Glimmlampe kann der zeitliche Abstand zwischen dem Auftreten des kurzdauernden positiven Anodenspannungsstoßes und dem Einlegen eines einpoligen Schalters willkürlich geändert werden. Da mit demselben einpoligen Schalter der aufzunehmende Vorgang eingeschaltet wird, können also die Werte des Vorganges, wie sie vorgeschriebenen Zeiten entsprechen, ermittelt werden. (M. Büge, Arch. El. Bd. 24, H. 1, S. 44.)

Scherung von Magnetisierungskurven. — Die Scherung von Magnetisierungskurven, die mit einer Jochmessung aufgenommen sind, wird von Kettner nach folgendem Grundgedanken durchgeführt. Die analytische Bestimmung des Scherungsgliedes läßt sich auf eine Formel mit nur 2 Unbekannten reduzieren, der Permeabilität des Joches und einer der Übergangsfeldstärke an den Stabenden äquivalenten Stablänge. Diese Unbekannten werden durch Messung an 2 Stäben mit bekannten Magnetisierungskurven experimentell bestimmt für einige Induktionen und einige zugehörige Werte der gemessenen Feldstärke. Auf Grund dieser Ermittlung läßt sich ein Diagramm mit Linien $\mathfrak{H}$ = konst. abhängig von der Induktion und der gemessenen Feldstärke aufzeichnen, das für jedes Material die Korrektion bzw. gleich die absolute Feldstärke abzulesen gestattet. (K. Kettner, Arch. El. Bd. 24, H. 1, S. 52.)

Verschiedenes.

Vorlesungen im Haus der Technik, Köln. — Die Gesellschaft für technisch-wissenschaftliche Fortbildung in Köln gibt den Vortragsplan für das vom 3. XI. bis 6. III. dauernde Wintersemester 1930/31 bekannt. Die z. T. mit Übungen verbundenen Vorlesungen finden in den Abendstunden im Haus der Technik, Köln, Ubierring 48, statt und behandeln neben zahlreichen anderen Gebieten auch die Elektrotechnik (7 Vorlesungsreihen). Hörerkarten können im Geschäftszimmer der staatlichen vereinigten Maschinenbauschulen, Köln, Ubierring 48, gelöst werden.

Schweizerischer technisch-wissenschaftlicher Quellennachweis. — An der Eidgenössischen Techn. Hochschule in Zürich soll im Jahre 1931 ein Quellennachweis eröffnet werden, ähnlich wie dies in Deutschland durch den Deutschen Verband Technisch-Wissenschaftlicher Vereine bereits geschehen ist[1]. Während aber die deutsche Stelle nur vermittelnd tätig ist, soll der schweizerische Nachweis die Auswertung des Zeitschriftenmaterials selbst in die Hand nehmen. Um alle mit der Literaturbeschaffung und dem Quellennachweis zusammenhängenden Fragen genau kennen zu lernen, ist am Betriebswissenschaftlichen Institut der T. H. Zürich (Vorstand Prof. Dr. Böhler) eine Studiengruppe aus bibliothekarischen und technischen Fachleuten gebildet worden, deren Arbeitsergebnisse als Grundlage für die zu errichtende Nachweisstelle dienen sollen. *Jck.*

Gesellschaft Deutscher Ingenieurinnen. — Nach einer Reihe von Vorbesprechungen wurde im Juni d. J. in Berlin die „Gesellschaft Deutscher Ingenieurinnen" (G.D.I.) gegründet; die „Gemeinschaft der T.-H.-Studentinnen" in Berlin hat sich der G.D.I. als außerordentliches Mitglied angeschlossen. Zum erstenmal trat die G.D.I. am 19. VI. anläßlich der 2. Weltkraftkonferenz an die Öffentlichkeit[1], wo sie einen Empfangstee im Ingenieurhaus veranstaltete, zu dem 15 Ingenieurinnen aus dem In- und Auslande erschienen. Nach einleitenden Begrüßungsworten von Frau Dipl.-Ing. Ilse Knott-ter Meer, der ersten Vorsitzenden der G.D.I., sprach Miss Caroline Haslett, eine der bekanntesten Ingenieurinnen Englands, die Direktorin der „Electrical Association for Women" und Schriftführerin der „Womens Engineering Society". Sie gab zunächst ihrer Freude darüber Ausdruck, daß sich nun nach England auch in Deutschland ein Zusammenschluß der Ingenieurinnen gebildet habe; sie hoffe, daß die mit den deutschen Kolleginnen angeknüpften freundschaftlichen Beziehungen weiter ausgebaut und zu einer gedeihlichen Zusamenarbeit führen würden. Weiter berichtete Miss Haslett über ihre Tätigkeit als Direktorin der „Electrical Association for Women", einer Vereinigung, die vor einigen Jahren in England unter Mitwirkung der Ingenieurinnen ins Leben gerufen wurde, um alle Hausfrauen mit der Elektrotechnik und ihrer Anwendung in Heim und Haushalt vertraut zu machen.

Diese letzteren Ausführungen fanden um so mehr Interesse, als sich bekanntlich gerade in der letzten Zeit auch in Deutschland Bestrebungen geltend gemacht haben, eine ähnliche Organisation ins Leben zu rufen. Der G.D.I. wird hierbei als Bindeglied zwischen den Hausfrauen einerseits und der Industrie bzw. den Elektrizitätswerken anderseits eine wichtige Rolle zufallen.

Es ist beabsichtigt, im Laufe des Winters einige Vortragsabende stattfinden zu lassen.

Dipl.-Ing. I. Knott-ter Meer.

Energiewirtschaft.

Erzeugung und Verteilung elektrischer Arbeit in Frankreich 1927[2]. — Einem von E. Genissieu veröffentlichten Kommentar zu der Statistik für 1927 entnehmen wir die nachstehenden Angaben:

Erzeugung	Dampfkraftwerke	Wasserkraftwerke	Summe
Installierte Leistung . . Mill kVA	4,502	1,933	6,435
Verfügbare Leistung . Mill kW	3,424	0,957	4,381
Erzeugung . . . . . Mill kWh	6 331,227	5 056,757	11 387,984
Benutzungsdauer der installierten Leistung . . . . . h	1408	2616	1709
Benutzungsdauer der verfügbaren Leistung . . . . . h	1849	5272	2560

Bei der Wertung der Ziffern im Vergleich mit den Ergebnissen des Vorjahres muß zunächst der Umstand berücksichtigt werden, daß das Berichtsjahr im Zeichen der Stabilisierungskrise stand, welche in Frankreich damals erst zur vollen Auswirkung gelangte. Hierauf und ferner auch auf den Umstand, daß als Folge der Rationalisierungsbestrebungen viele kleine Anlagen stillgelegt und deren Abnehmer an leistungsfähigere und billiger arbeitende Großkraftwerke angeschlossen wurden, ist der verhältnismäßig geringe Zuwachs in der Leistung zurückzuführen. Er betrug gegenüber 1926 nur 2 % bei der installierten, bzw. 5,2 % bei der verfügbaren Gesamtleistung und entfiel fast ausschließlich auf die Wasserkraftanlagen. Die Erzeugung in den thermischen Kraftwerken zeigt sogar eine Abnahme um 3 %, wogegen die Produktion der Wasserkraftanlagen nur um 6 % zugenommen hat, obwohl die in letzteren verfügbare Leistung um 15 % größer war. Diese Erscheinung findet ihre Erklärung in den ausgesprochen ungünstigen Wasserführungsverhältnissen, die im Berichtsjahr geherrscht haben. Die Gesamterzeugung ist, verglichen mit dem Vorjahr, nur um 1 % gestiegen.

[1] ETZ 1930, S. 23; s. a. ETZ 1929, S. 1600.

[1] ETZ 1930, S. 823.
[2] Vgl. ETZ 1929, S. 1742.

Digitized by Google

während sie 1924 eine Erhöhung von 21 %, 1925 von 13 % und 1926 von 10 % aufwies. Allerdings handelt es sich hier nur um eine vorübergehende, durch die Wirtschaftskrise herbeigeführte Erscheinung, wie die für die folgenden Jahre bereits vorliegenden Gesamtziffern zeigen, welche für 1928 eine Zunahme um 13 % und für 1929 sogar um 15 % ergeben. Von der Gesamterzeugung entfielen auf die Waserkraftanlagen 44 % (42 % i. V.).

Gegenüber einer Stromeinfuhr von 467 Mill kWh betrug die Ausfuhr 61 Mill kWh, so daß für den Inlandbedarf 11,794 Mrd kWh zur Verfügung standen, welche wie folgt verwendet wurden:

Abnehmer	Verbrauch in Mill kWh		%
Niederspannungsabnehmer	Licht, Hausbedarf	1 004	8,5
	Kraft	857	7,3
Hochspannungsabnehmer	Elektrochemie und Elektrometallurgie	2 151	18,2
	Verkehr	770	6,5
	Sonstige	5 350	45,3
Summe		10 132	85,8
Verluste		1 662	14,2

Auch diese Verbrauchsziffern zeigen die Auswirkung der ungünstigen Konjunktur; während der Absatz für Licht und Bahnen die übliche Zunahme aufweist, ist jener der elektrometallurgischen und elektrochemischen Industrie fast auf der Vorjahrshöhe geblieben, der sonstiger Hochspannungsabnehmer etwas gesunken.

Von einer außerordentlich starken Bautätigkeit zeugen die Angaben über den Zuwachs an Leitungen. Ende des Berichtsjahres betrug die Streckenlänge:

der Niederspannungsleitungen 84 221 km (Zuwachs 23%)
der Mittelspannungsleitungen 104 292 „ („ 20 „)
der Höchstspannungsleitungen 9 483 „ („ 38 „)

Von den insgesamt 41 Mill Einwohnern waren Ende 1927 noch rd. 8 Millionen unversorgt, die 16 843 Gemeinden bewohnten. Allerdings zeigt sich in den folgenden Jahren eine rasche Abnahme der unversorgten Gebiete, denn die betreffenden Zahlen haben sich bis Ende 1928 auf 6,3 Mill Einwohner in 13 433 Gemeinden, bis Ende 1929 auf 4,83 Mill Seelen in 10 450 Gemeinden verringert.

Über den spezifischen Verbrauch geben folgende Zahlen Auskunft:

Je Einwohner stellte sich die Gesamterzeugung auf	288	kWh
In das Übertragungsnetz wurden geliefert je Einwohner (mit Ausschluß der unmittelbar von den Sammelschienen an Großabnehmer gelieferten Arbeit)	158	„
Verbraucht wurden ohne den für Verkehrs-, elektrochemische und elektrometallurgische Zwecke verwendeten Strom je Einwohner	128	„

Der Verbrauch der nach dem Lichttarif versorgten Gebiete stellte sich je Einwohner auf 30,6 kWh, in welcher Ziffer auch der sonstige Haushaltskonsum enthalten ist; für Kraftzwecke, soweit die Stromentnahme aus dem Niederspannungsverteilungsnetz erfolgte, betrug er 56,8 kWh. (Rev. Gén. de l'El. Bd. 27, 1930, S. 543.) *Bp.*

Aus der deutschen Elektrizitätswirtschaft[1]. — Der Vorstand der Elektrizitäts-AG. vorm. W. Lahmeyer & Co., Frankfurt a. M., gibt in seinem Bericht für 1929/30 anläßlich der Vollendung des 40. Geschäftsjahres dieses Unternehmens einen beachtenswerten Überblick über dessen Entwicklung und damit auch über charakteristische Abschnitte im Werden der deutschen Elektrizitätswirtschaft, an deren Ausbau die Lahmeyer-Gesellschaft unter Führung ihres Generaldirektors, Prof. Dr. B. Salomon, ja intensiv mitwirkt. Im Anschluß an diese Erinnerung heißt es dann weiter: „Der Schluß des vierzigsten Geschäftsjahres unserer Gesellschaft fällt in eine Zeit wirtschaftlichen Niederganges und Tiefstandes, wie er in diesem ganzen langen Zeitraum nicht zu verzeichnen war. Diese Krise, die ja eine Weltkrisis ist, bleibt selbstverständlich auch nicht ohne Einfluß auf die Unternehmungen, welche wir verwalten und betreiben oder an denen wir nennenswert mit Kapital beteiligt sind. Wie aus der weiter unten folgenden Aufstellung ersichtlich, hat im Jahre 1929 zwar die Stromabgabe im Mittel noch um 10,3 % zugenommen gegen 16 % im Vorjahre; dagegen haben die Verkehrsunternehmungen schon einen durchschnittlichen Rückgang von 1,8 % und ohne Straßenbahn Gotha von 3,5 % zu verzeichnen, der, wie allgemein bekannt, im laufenden Jahre bei allen Verkehrsunternehmungen sich weiter fortgesetzt hat. Auch die Stromerzeugung bzw. der Stromverkauf hat neuerdings bei vielen Elektrizitätsunternehmungen einen Rückgang zu verzeichnen, u. zw. besonders bei denjenigen, welche den größten Teil ihrer Energiemengen an die Industrie abgeben, während der Verbrauch für Beleuchtung und Haushaltungszwecke im allgemeinen noch weiter wächst. Die Gründe für diesen Rückgang sind bekannt und in erster Linie durch die Verschlechterung der allgemeinen Wirtschaftslage bedingt. Bei den Verkehrsunternehmungen macht sich eine Veränderung der Wirtschaftsverhältnisse meist sehr schnell fühlbar, während die Stromlieferung gewöhnlich mit einer gewissen zeitlichen Verschiebung der Verschlechterung der allgemeinen Geschäftslage folgt, solange noch die angeschlossenen Industriewerke mit der Aufarbeitung der Auftragsbestände beschäftigt sind. Ob dieser Rückgang schon zum Stillstand gekommen ist, läßt sich z. Z. noch nicht übersehen. Hierdurch werden naturgemäß auch die finanziellen Erträgnisse der Unternehmungen, u. zw. nicht nur der privatwirtschaftlichen, ungünstig beeinflußt, so daß im laufenden Jahre voraussichtlich auch einzelne Gewinnergebnisse zurückgehen werden, da die Mindereinnahmen nicht allenthalben durch äußerste Ersparnismaßnahmen ausgeglichen werden können, besonders solange die allgemeinen und steuerlichen Belastungen, die ja gerade bei Elektrizitätsunternehmungen sich außerordentlich fühlbar machen, nicht gemildert werden können. Die weitere Folge dieser Verhältnisse ist auch, daß bei der Investierung neuer Mittel, insbesondere für die Vergrößerung der Stromerzeugungsanlagen, die größte Zurückhaltung geübt werden muß und hiedurch der engere Zusammenschluß der Werke behufs Stromaustausch zweifellos eine gewisse Förderung erfahren wird, wenn auch einzelne Werke sich immer noch dieser Notwendigkeit verschließen. Wir beziehen uns hierbei auf die in unserem vorjährigen Geschäftsbericht gemachten Ausführungen[1], die auch heute noch als zutreffend erachtet werden dürfen. Andererseits darf angenommen werden, daß die stetige Weiterentwicklung all' dieser Betriebe, die bis zum Jahre 1928/29 zu verzeichnen war, wieder einsetzen wird, wenn die allgemeine Wirtschaftslage sich bessert und hebt. Die Wirtschaftlichkeit großer neuer Unternehmungen wird allerdings außer von der notwendig erscheinenden Senkung der Herstellungskosten wesentlich davon abhängen, ob und wann der Kapitalzins sich wieder den Vorkriegsverhältnissen annähert." Der Anschlußwert der Unternehmungen, an denen die Berichterstatterin beteiligt ist, hat sich gegen das Vorjahr von 479 704 auf 505 616 kW, mithin um rd. 5,4 % und deren nutzbarer Arbeitsabsatz von 470,474 auf 519,1 Mill kWh, d. h. um 10,3 % erhöht. Die Bauabteilung war unverändert gut beschäftigt; das Pumpspeicherwerk Herdecke des RWE ist anstandslos in Betrieb gekommen, und auch das Vermuntwerk der Vorarlberger Illwerke hat den Dienst provisorisch aufgenommen, doch wird die Staumauer voraussichtlich erst im kommenden Jahr endgültig fertig werden. Mit der Gesamtbauleitung des Wasserkraftwerks Klingnau der Aarewerke AG., Aarau, ist Lahmeyer beschäftigt. Der Leitungsbau, für den noch nennenswerte Aufträge vorliegen, dürfte unter Umständen eine gewisse Abschwächung erfahren, wenn nicht die Weiterentwicklung der Elektrizitätswerke alsbald wieder einsetzt. Geschäftsgewinn: 5 768 084 RM (5 391 988 i. V.), Reingewinn mit Vortrag: 2 451 817 RM (2 440 139 i. V.). Dividende: wieder 12 % auf 18 Mill RM Stammaktienkapital.

Das Städt. Elektrizitätswerk Pirmasens verfügte 1929/30 unverändert über 5850 kW und verzeichnet für das Jahresende einen Gesamtanschlußwert von 14 169 kW (13 106 i. V.) bzw. von 305 W je Einwohner. Produziert wurden in Biebermühle 12,173 Mill kWh, d. s. rd. 9 % mehr als im Vorjahr (11,147 Mill kWh), bei einer Höchstbelastung von 4200 kW (3750 i. V.). Verkauft hat das Werk 10,382 Mill kWh (9,838 i. V.) oder rd. 223 kWh je Kopf der Bevölkerung (216 i. V.). Die Benutzungsdauer der Höchstlast betrug 2898 h (2971 i. V.) und der Kohlenverbrauch je 1 erzeugte kWh 0,994 kg (0,986 i. V.)..

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 1562.

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1706.

Digitized by Google

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Jahresbeitrag der inländischen Mitglieder für 1931.

Der Mitgliedsbeitrag für das Jahr 1931 beträgt:

I.	für persönliche inländische Mitglieder	30 RM
	für Jungmitglieder	15 „
II.	für körperschaftliche inländische Mitglieder:	
	1. Behörden, Schulen, wissenschaftl. Vereine usw.	36 „
	2. Sonstige körperschaftliche Mitglieder, städt. und staatl. Betriebe, auch Eltwerke, Privatfirmen, offene Handelsgesellschaften, Gesellschaften mit beschränkter Haftung, Aktiengesellschaften usw., die beschäftigen:	
	a) bis 50 Angestellte und Arbeiter	50 „
	b) von 51 bis 100 Angestellte und Arbeiter	75 „
	c) von 101 bis 250 Angestellte und Arbeiter	120 „
	d) von 251 bis 500 Angestellte und Arbeiter	150 „
	e) von 501 bis 1000 Angestellte und Arbeiter	300 „
	f) von 1001 bis 2500 Angestellte und Arbeiter	450 „
	g) von 2501 bis 5000 Angestellte und Arbeiter	600 „
	h) von 5001 bis 10 000 Angestellte und Arbeiter	900 „
	i) von 10 001 bis 20 000 Angestellte und Arbeiter	1500 „
	k) über 20 000 Angestellte und Arbeiter	2400 „

Die Beiträge werden bis spätestens 15. November 1930 auf das Postscheckkonto: Elektrotechnischer Verein, Berlin Nr. 133 02 erbeten, da sonst die ordnungsmäßige Zustellung der ETZ über den 1. Januar 1931 hinaus nicht gewährleistet werden kann. Unsere ausländischen Mitglieder erhalten besondere Mitteilung.

Elektrotechnischer Verein.

Der Vorsitzende:

Dr. Feyerabend.

Einladung

zur Fachsitzung für Installationstechnik (EVI) am Dienstag, dem 11. November 1930, 7½ Uhr abends, im Großen Vortragsaal des Langenbeck-Virchow-Hauses, Berlin NW 6, Luisenstr. 58/59.

Tagesordnung:

Vortrag des Herrn Obering. Kirstein über das Thema: „Die Elektrizität in der Landwirtschaft unter besonderer Berücksichtigung von Neuerungen", mit Filmvorführungen.

Inhaltsangabe:

Der Vortragende wird darüber berichten, welche Erfahrungen in den letzten Jahren mit Neuerungen auf dem Gebiete der Anwendung der Elektrizität in der Landwirtschaft gemacht worden sind.

Gäste willkommen!

Fachausschuß für Installationstechnik.

Der Vorsitzende:

Baumann.

Einladung

zu einer gemeinsamen Festsitzung des Elektrotechnischen Vereins e. V. und der Heinrich-Hertz-Gesellschaft zur Förderung des Funkwesens e. V. am Dienstag, dem 18. November 1930, abends 7½ Uhr, im Großen Sitzungssaal des ehemaligen Herrenhauses in Berlin W 9, Leipziger Straße 3.

Tagesordnung:

1. Verleihung der Heinrich-Hertz-Medaille.
2. Vortrag des Herrn Prof. Dr. E. Regener, Stuttgart, über das Thema: „Durchdringende Höhenstrahlung und kosmisches Geschehen".

Mit Rücksicht auf die beschränkte Zahl von Plätzen in dem Sitzungsaal ist der Zutritt nur gegen besondere Eintrittskarten gestattet, die in der Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins in Berlin W 35 Potsdamer Str. 118 a II, erhältlich sind.

Die Mitgliedskarten berechtigen allein nicht zum Zutritt.

Im Anschluß an die Festsitzung findet ein „Zwangloses Beisammensein" (bei kaltem Büfett mit Bier) im Speisesaal und in der anschließenden Wandelhalle des Landtagsgebäudes statt. Die Eintrittskarte in den Speisesaal, die zur Beteiligung am Büfett (ohne Getränke) berechtigt, kostet 3,50 RM und ist bis spätestens 14. November, mittags, ebenfalls von der Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins zu beziehen (Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02). Ein Verkauf von Teilnehmerkarten am Festabend findet nicht statt.

Dunkler Anzug erbeten.

Die Garderobengebühr trägt der Elektrotechnische Verein.

Heinrich-Hertz-Gesellschaft zur Förderung des Funkwesens e. V.	Elektrotechnischer Verein e. V.
Der Vorsitzende:	Der Vorsitzende:
K. W. Wagner.	Dr. Feyerabend.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

XXXV. Jahresversammlung des VDE in Frankfurt a. M.

vom 21. bis 23. Juni 1931

gemeinsam mit der

„Vereinigung der Elektrizitätswerke".

Vorläufiger Zeitplan:

Sonntag, den 21. Juni 1931:
- 10.00 Uhr: Vorstandsitzung des VDE,
- 15.30 „ Ausschußsitzung des VDE,
- 20.00 „ Begrüßungsabend für VDE und „Vereinigung der Elektrizitätswerke".

Montag, den 22. Juni 1931:
- 9.30 Uhr: I. Verbandsversammlung,
  - a) Geschäftsitzung des VDE (Mitgliederversammlung),
  - b) Gemeinsame Sitzung des VDE und der „Vereinigung der Elektrizitätswerke".

  Begrüßungen und Vortrag.
- 15.00 Uhr: Fachberichte des VDE und Besichtigungen,
- abends: Theaterbesuch gemeinsam mit der „Vereinigung der Elektrizitätswerke".

Dienstag, den 23. Juni 1931:
- 10.00 Uhr: II. Verbandsversammlung des VDE, Vorträge und Diskussionen,
- 15.00 „ Fachberichte des VDE und Besichtigungen,
- abends: Zwangloses Zusammensein.

Die **„Elektrotechnische Gesellschaft zu Frankfurt a. M."** begeht

Sonnabend, den 20. Juni 1931

ihr 50-jähriges Bestehen und die 40-jährige Wiederkehr der Elektrotechnischen Ausstellung zu Frankfurt a. M. sowie die 40-jährige Wiederkehr des internationalen Elektrikerkongresses zu Frankfurt a. M.

und veranstaltet am

Mittwoch, den 24. Juni 1931

voraussichtlich einen Ausflug.

Digitized by Google

Bekanntmachung.

Kommission für Hochfrequenztechnik.

In ETZ 1930, S. 950, war eine von der Unterkommission „Innenanlagen" ausgearbeitete Erweiterung zu § 7 der

„Vorschriften für Rundfunkgeräte, die mit Starkstromanlagen (-netzen) in Verbindung stehen V.R.G./1929"

veröffentlicht. Diese Erweiterung erstreckte sich auf die Festlegung der Ausführung spannungsumschaltbarer Geräte.

Gegen den an der vorgenannten Stelle veröffentlichten Entwurf sind innerhalb der gestellten Frist keine Einwände eingegangen.

Die Erweiterung von § 7 der V.R.G./1929 wird daher der Jahresversammlung 1931 zur Beschlußfassung und Inkraftsetzung mit dem 1. Juli 1931 vorgelegt werden.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

SITZUNGSKALENDER.

Elektrotechn. Verein Chemnitz. 13. XI. 1930, abds. 7½ h, Staatl. Akademie für Technik, Eingang Bahnhofseite, Hörsaal 199: Vortrag Obering, Wallich, „Zeitlupen-Aufnahmen (1500 Aufnahmen/s) von Lichtbogenüberschlägen großer Leistung".

Elektrotechn. Verein, Duisburg. 12. XI. 1930, abds. 7½ h, Saal der Börsengesellschaft: Vortrag Obering. E. Fr. Russ, „El. Industrieöfen".

Elektrotechn. Verein München. 19. XI. 1930, abds. 8 h, Hörsaal 848 der T. H.: Lichtbildervortrag Ing. Th. Gruber, „Das Problem der el. Energieaufspeicherung in Überlandwerken und Städten".

Deutsche Gesellschaft für technische Physik und Deutsche Physikalische Gesellschaft zu Berlin. 14. XI. 1930, abds. 7½ h, gr. Hörsaal des Phys. Inst. der T. H.: Vortrag O. Eisenhut, „Beugungsuntersuchungen mit schnellen Elektronen".

Schiffbautechnische Gesellschaft, Berlin. 19. bis 22. XI. 1930: 31. Hauptversammlung in der Aula der T. H., Berlin, mit 11 Vorträgen und Besichtigungen. Anmeldung und Weiteres bei der Geschäftstelle: Berlin W 8, Kanonierstr. 1.

PERSÖNLICHES.

G. Liss †. Am 23. X. d. J. starb plötzlich an einem Schlaganfall in Hoerde (Dortmund) Herr Dr.-Ing. Georg Liss, Direktor der Vereinigten Stahlwerke AG., Abt. Hoerder Verein, 1. Vorsitzender des „Elektrotechnischen Vereins des rheinisch-westfälischen Industriebezirks zu Dortmund E.V.". Der VDE verliert in dem Dahingeschiedenen einen erfolgreichen und wertvollen Mitarbeiter sowie ein treues Mitglied.

Hochschulnachrichten. — Ing. J. C. van Staveren, Direktor des Zentralbüros der Vereeniging van Directeuren van Electriciteitsbedrijven in Nederland, wurde als a. o. Professor der Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften an der Universität Utrecht auf den dort neugeschaffenen Lehrstuhl für technische Physik berufen. Prof. van Staveren hat die Berufung angenommen und wird besonders über physikalische Fragen der Elektrotechnik lesen.

LITERATUR.

Besprechungen.

Elektrische Ausgleichsvorgänge und Operatorenrechnung. Von J. R. Carson. Erw. dt. Bearb. von F. Ollendorff u. K. Pohlhausen. Mit 39 Abb. i. Text u. 1 Taf., IX u. 186 S. in 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1929. Preis geh. 16,50 RM, geb. 18 RM.

Die geniale Methode der „Operatorenrechnung", die Heaviside zur Untersuchung von elektromagnetischen Ausgleichvorgängen anwandte, hat nur langsam Anerkennung gefunden. Heaviside hatte in seinen Schriften die Methode sehr undurchsichtig dargestellt, so daß der Eindruck entstand, daß sie die Lösungen auf Grund von Analogieschlüssen liefert, deren Richtigkeit in jedem Fall bezweifelt werden kann. Von den Versuchen, die Rechenweise Heavisides deduktiv zu begründen und die Grenzen für ihre Anwendbarkeit aufzusuchen, ist besonders der von K. W. Wagner geführte exakte Beweis der Heavisideschen Entwicklungsformel nach Eigenfunktionen zu nennen. In den letzten Jahren hat J. R. Carson in einer Reihe von Veröffentlichungen gezeigt, daß die von Heaviside verwendeten Rechenverfahren in äußerst eleganter Weise mit Hilfe einer Laplaceschen Integralgleichung abgeleitet und diskutiert werden können. Diese Integralgleichung drückt zwar im Grunde genommen nichts weiter aus als die Darstellung der Lösung durch das Fouriersche Integral; der Umweg über die Integralgleichung liefert aber außerordentlich anschaulich alle Regeln der Operatorenrechnung und darüber hinaus noch eine Reihe von interessanten Folgerungen.

Das vorliegende Buch von Carson stellt eine Zusammenfassung und Erweiterung dieser Arbeiten dar; es gibt einen vollständigen Lehrgang der Berechnung von Ausgleichvorgängen mit Hilfe der beträchtlich erweiterten Heavisideschen Methoden. Die deutsche Ausgabe des Buches von Ollendorff und Pohlhausen ist wesentlich mehr als eine Übersetzung. Durch eine Reihe von Ergänzungen sowohl der mathematischen Beweise als auch der technischen Beispiele hat das Buch an Vollständigkeit und Systematik erheblich gewonnen; es gibt so einen guten Überblick über die Vielseitigkeit und die Anwendbarkeit der Operatorenrechnung auf allen Gebieten der Elektrotechnik.

Die Operatorenrechnung ist ihren Voraussetzungen gemäß auf lineare Systeme zugeschnitten; als Hauptanwendungsgebiete kommen daher die Leitungen und Kettenleiter sowie elektrische Netzwerke mit spannungs- und stromunabhängigen Eigenschaften in Betracht. Aus dem gleichen Grund verspricht die Operatorenrechnung aber auch auf anderen Gebieten der Physik Vorteile, z. B. bei den mechanischen und akustischen Schwingungsvorgängen und bei der Wärmeleitung. Nicht nur der forschende Ingenieur, sondern auch der Physiker findet daher hier ein wertvolles Hilfsmittel.

Eine wesentliche Vereinfachung der Operatorenrechnung, von der auch in dem vorliegenden Buch zum Teil Gebrauch gemacht wird, besteht darin, daß man Tafeln für die verschiedenen Operatorengleichungen aufstellt oder, anders ausgedrückt, Tafeln für Fouriersche Integrale. Auf die Zweckmäßigkeit solcher Tafeln für die Berechnung von Ausgleichvorgängen ist kürzlich von G. A. Campbell hingewiesen worden, der auch bereits eine große Zahl von Beispielen für eine derartige Tafel gegeben hat. Die Mitverarbeitung der Campbellschen Tafeln würde bei einer Neuauflage des vorliegenden Buches eine wertvolle Ergänzung geben. Küpfmüller.

Die technische Entwicklung der Motoren und ihre Steuerungen für aussetzenden Betrieb. Herausg. v. Elektrotechnischen Verein des rheinisch-westfälischen Industriebezirkes zu Dortmund E. V., Dortmund, Kaiserstr. 5. Vorträge, gehalten am 10. IV. 1929 im Börsenhaussaal zu Duisburg anläßlich der 221. Vereinsversammlung. Mit Abb., 30 S. in 2°. Preis 1 RM.

Das Heft, das die im April 1929 im Elektrotechnischen Verein zu Dortmund gehaltenen Vorträge nebst der anschließenden Diskussion enthält, gibt zunächst in zwei Arbeiten die für die richtige Projektierung von aussetzend betriebenen Anlagen notwendigen theoretischen Unterlagen. An Hand praktischer Kurven und Zahlentafeln wird von Ritz die Auswahl sowohl der Motoren als des Zubehörs von Steuer- und Widerstandsgeräten sowie von Bremslüftern besprochen. Die vier folgenden Beiträge, die von Schiebeler-Schultze, Behne, Gettert und Gossow stammen, behandeln im speziellen einige für das Gebiet der Förder- und Hebezeugtechnik wichtigen Neuerungen und Verbesserungen, wie den Doppelkranmotor der AEG, eine Universalsteuerung der Bergmann-Elektricitätswerke AG. und die Déristeuerung der Brown, Boveri & Cie AG. sowie zwei neue, von der Sachsenwerk Licht- und Kraft AG. entworfene Drehstrom-Kranschaltungen. Lesenswert wie die Vorträge selbst ist auch die Diskussion, die die einzelnen Vorträge verbindet, indem sie die vorgetragenen Neuerungen kritisch betrachtet und auf Grund von Erfahrungen und daraus abgeleiteten Schlüssen miteinander vergleicht, ein Umstand, der manchem das Heft vielleicht besonders wertvoll erscheinen läßt. Hammerer.

Die Wirtschaftlichkeit der Energiespeicherung für Elektrizitätswerke. Eine energiewirtschaftliche Studie von Dr.-Ing. L. Musil. Mit

Digitized by Google

89 Textabb., X u. 143 S. in gr. 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1930. Preis kart. 18 RM.

Die vorliegende Arbeit stellt einen sehr beachtlichen Versuch dar, die wirtschaftlichen Verhältnisse der verschiedenen Methoden der Energiespeicherung auf vorwiegend mathematischer Grundlage umfassend zu behandeln. Sie gliedert sich, abgesehen von Einleitung und Schlußteil, in drei Hauptabschnitte, die den Gang der Untersuchung klar erkennen lassen.

In dem ersten Teil werden die gegebenen Grundlagen — einerseits der Anfall der Rohenergie, anderseits der Energieverbrauch — in ihren charakteristischen Eigenschaften festgestellt. Es werden die Kennlinien des Wasserkraftanfalles, unterschieden in Hoch- und Mittelgebirgswasserkräfte, und der verschiedenen Verbraucherkategorien in ihrer typischen Form vorgeführt. Auf diesen Grundlagen wird die Wirtschaftlichkeitsgleichung eines Versorgungsgebietes ohne Speicherung entwickelt. Diese Gleichung wird dann in dem zweiten Abschnitt auf Systeme mit Speicherung erweitert und den verschiedenen Methoden der Speicherung angepaßt. Die Behandlung des Problemes ist recht gründlich und umfaßt: die Speicherung der Rohenergie (hydraulische Speicherung), der Energie in einem Zwischenstadium der Umwandlung (Wärmespeicherung) und der bereits veredelten, d. h. im Kraftwerk umgeformten, Energie (Pump-, Wärme- und Akkumulatorenspeicherung) in ihren wichtigsten Ausführungen. Besonders interessant sind die Untersuchungen über das Verhältnis der Speicherkapazität zur Ausbauleistung der Speichermaschinen in seiner Abhängigkeit von Form und Größe der zu deckenden Spitzen und ihrer Änderung im Laufe der Zeit. Das Verlustproblem ist zwar nicht exakt, aber doch sehr geschickt und für den vorliegenden Zweck genügend genau behandelt. Den im dritten Hauptteil durchgeführten Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen werden die einzelnen Kostengrößen jeweils in ihren oberen und unteren Grenzwerten zugrunde gelegt, so daß eine gute Übersicht über alle praktisch vorkommenden Fälle gegeben ist. Auf technische Einzelheiten ist nur insoweit eingegangen, als sie für die Wirtschaftlichkeit ausschlaggebend sein können. Der Verfasser erbringt hier auch den Nachweis, daß für die Wirtschaftlichkeit i. a. nur der Kapitalaufwand entscheidend ist. Als Maßstab für die Wirtschaftlichkeit wird nicht nur die Kostenersparnis eingeführt, sondern auch die Überverzinsung, d. h. das Verhältnis der erzielten Ersparnis zum notwendigen Kapitalaufwand für die Errichtung einer Speicheranlage, herangezogen. Die Ergebnisse sind in Diagrammen und Zusammenfassungen übersichtlich dargestellt.

Der Verbreitung, die der Arbeit zu wünschen wäre, wird sich leider der große Aufwand an mathematischen Ableitungen — vor allem auch die Fülle von Formelzeichen — in erster Linie bei dem Praktiker hindernd entgegenstellen. Erschwert wird das Lesen der Arbeit durch die Einführung von fast durchweg ungewohnten Symbolen. Für den aber, der sich eingehend mit den Grundlagen vertraut macht, bringt das Buch wertvolle Anregungen, so daß jedem, der in irgendeiner Form an diesem wichtigen Problem der Elektrizitätswirtschaft interessiert ist, sein Studium nur empfohlen werden kann. R. Schneider, Darmstadt.

Meyers Lexikon. 7. Aufl. i. vollst. neuer Bearb. Mit etwa 5000 Textabb. u. über 1000 Taf. Karten u. Textbeil. Bd. 10: Rechnung — Seefedern. Mit zahlr. Abb., Taf. u. 1723 S. in gr. 8°. Verlag Bibliographisches Institut, Leipzig 1929. Preis geb. 30 RM.

Der 10. Band von Meyers Lexikon stellt sich mit seinen zahlreichen vorzüglichen Abbildungen und Karten sowie farbenprächtigen Tafeln den bisher erschienenen Bänden würdig an die Seite. Aus dem Inhalt seien nur die Stichworte „Reklamekunst", „Relativitätstheorie", „Röntgenstrahlen", „Rohrpost", „Rundfunk", „Schmelzsicherungen", „Schraube", „Schrift", „Schwingungen" hervorgehoben. Über das Leben und Wirken hervorragender Männer wie Reuleaux, Riedler, Röntgen, Ruhmkorff, Rutherford, Schuckert u. a. sind die Hauptdaten angegeben. Der Inhalt ist so reichhaltig und die Darstellung selbst schwieriger Themata und spröder Stoffe so treffend und übersichtlich, daß auch der kritische Elektrotechniker nur wenige und geringe Mängel entdeckt. Unter den Stichworten vermißt man „Repulsionsmotor", „Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk", „Schütz (elektrisch)" und „Scottsche Schaltung". Bezüglich des Schleuderbetons sei bemerkt, daß dies Material für die Herstellung von Masten eine so große Rolle spielt, daß die Angabe, es diene hauptsächlich zu Ausbesserungszwecken, nicht zutrifft. Im übrigen kann man sagen, daß auch der vorliegende Meyer-Band die gewiß nicht leichte Aufgabe, einen allgemeinverständlichen Ausschnitt aus dem heutigen Weltbild zu bieten, recht gut gelöst hat. W. Kraska.

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Elektrotechnischer Außenhandel der V. S. Amerika[1]. — Die Ausfuhr elektrischer Maschinen, Apparate und Zubehörteile hatte im Juli 1930 einen Wert von 9 550 395 $ und war damit um 3 164 043 $ oder 25 % geringer als im Parallelmonat des Vorjahres (12 714 438 $). Diese beträchtliche Abnahme betraf im wesentlichen kleinere Gleichstromgeneratoren (von 500 kW an ist der Export merklich gewachsen), gewisse Primärbatterien, Krafttransformatoren von 500 kVA und mehr, Gleichrichter, Motorgeneratoren usw., stationäre Motoren bis 200 PS und Teile von Motoren, Taschenlampengehäuse, Waschmaschinen für den Haushalt, Lautsprecher sowie Empfangszubehör, Fernsprecher und Einrichtungen für solche (außer Schalttafeln), nicht näher bezeichnete elektrotechnische Apparate, schließlich auch isoliertes Leitungsmaterial aus Kupfer. Während der abgelaufenen sieben Monate ist der Ausfuhrwert von 83 029 437 $ in 1929 auf 81 218 625 $, also um 1 810 812 $ bzw. rd. 2 % zurückgegangen.

Aus der Geschäftswelt. — Die Deutschen Elektrizitäts-Werke zu Aachen, Garbe, Lahmeyer & Co. AG., Aachen, hatten nach der Frankf. Zg. 1929/30 einen Rohgewinn mit Vortrag von 2 490 150 RM (2 657 377 i. V.) und gegenüber 284 704 RM Reingewinn i. V. einen Verlust von 34 246 RM, der vorgetragen wurde. Es fehlten namentlich Bestellungen der staatlichen und kommunalen Behörden, doch war es möglich, diesen Ausfall teilweise durch Einführung von Spezialkonstruktionen für die Bedürfnisse der Industrie auszugleichen. Bei 3 Mill RM Aktienkapital ist eine Dividende wieder nicht verteilt worden. — Wie der Berl. Börs.-Cour. berichtet, hat der Aufsichtsrat der Bayerischen Elektricitäts-Werke, München-Landshut, beschlossen, die Fabrikation elektrischer Maschinen, Transformatoren usw. in Landshut am Jahresende stillzulegen. Die weitere Herstellung der Spezialmaschinen haben die SSW übernommen. Der Betrieb der Elektrizitätswerke sowie die Bau- und Installationsabteilung werden hierdurch nicht berührt.

In das Handelsregister wurden eingetragen: Boberkraftwerk G. m. b. H., Berlin (20 000 RM): Errichtung, Erwerb und Betrieb von Kraftwerken, insbesondere Ausnutzung der Wasserkräfte des Bober; Ritscher Elektro-Großhandels-G. m. b. H., Chemnitz (30 000 RM): Großhandel mit elektro- und radiotechnischen Halb- und Fertigfabrikaten sowie deren Erzeugung.

Deutschlands elektrotechnischer Außenhandel[2]. — Im September 1930 verteilte sich der Außenhandel innerhalb des Tarifunterabschnitts 18 B wie folgt:

Waren	Mengen dz		Werte 1000 RM	
	September	Jan./Sept.	September	Jan./Sept.
Einfuhr				
Elektrische Maschinen (einschl. Teile)	2 956	24 029	767	7 285
Elektrot. Erzeugnisse	3 545	28 262	3 354	24 198
Ausfuhr				
Elektrische Maschinen (einschl. Teile)	30 288	301 254	8 918	84 464
Elektrot. Erzeugnisse	1: 0 884	9.6 442	44 518	341 861

Für die Einfuhr ergibt der Vergleich mit dem Vormonat (5298 dz bzw. 3,139 Mill RM) eine Zunahme um 1203 dz (23 %) und 0,982 Mill RM (31 %). Mengenmäßig ist der Import auch gegen den Parallelmonat des Vorjahres (6219 dz bzw. 4,167 Mill RM) gewachsen, u. zw. um 282 dz, während er wertlich um 0,046 Mill RM abgenommen hat. Die Ausfuhr zeigt gegen den August (159 326 dz bzw. 48 903 Mill RM) eine Steigerung um 1846 dz (1 %) und 4,533 Mill RM (9 %) sowie, verglichen mit dem September 1929 (139 502 dz bzw. 48,094 Mill RM), eine Erhöhung um 21 670 dz (15,5 %) und 5,342 Mill RM (11 %). Sie umfaßte an Reparationssachlieferungen nach den Angaben des Statistischen Reichsamts 23 976 dz im Wert von 4,699 Mill RM. In den abgelaufenen neun Monaten weist die Einfuhr gegen den gleichen Zeitabschnitt des Vorjahres eine Verringerung um 19 182 dz (27 %) und 6,543 Mill RM (17 %) auf. Deutschland hat in dieser Periode 4016 Lichtmaschinen (9337 i. V.), 70 822 Dynamos, Elektromotoren usw. (169 819 i. V.), 7758 Bogen- usw. Lampen (4453 i. V.), 4,552 Mill Metalldrahtlampen (3,918 i. V.) und 0,169 Mill Kohlefaden- usw. Lampen (0,08 i. V.) vom Ausland bezogen. Der Export war um 32 412 dz (3 %) und 10,990 Mill RM (3 %) größer als in den entsprechenden Monaten von 1929; seine Beträge schließen an Reparationssachlieferungen 104 317 dz bzw. 28,130 Mill RM ein. Über die

[1] El. World, Bd. 96, 1930, S. 667. Vgl. ETZ 1929, S. 1644.
[2] Vgl. ETZ 1929, S. 1683; 1930, S. 1443.

Digitized by Google

Stat. Nr.	Erzeugnisse	Einfuhr in dz			Ausfuhr in dz		
		September	Januar/September		September	Januar/September	
		1930	1930	1929	1930	1930	1929
907 a	Lichtmaschinen und Lichtzündmaschinen für Motorfahrzeuge; Anlaßmotoren für Verbrennungsmotoren	9	363	712	399*	5 676*	6 348*
907 b/g	Dynamomaschinen, Elektromotoren, Umformer; Transformatoren und Drosselspulen[1]	2 849	22 518	26 293	27 524*	277 334*	232 101*
907 h	Fertig gearbeitete Anker, Kollektoren[2]	98	1 148	1 566	2 365*	18 244*	14 337*
908 a, b	Elektrizitätssammler, deren Ersatzplatten (Elektroden)	86	1 904	4 557	4 538	37 779*	39 292*
909	Kabel zur Leitung elektrischer Ströme, zur Verlegung in Wasser oder Erde geeignet	1 065	6 597	[9] 14 120	70 398*	434 835*	443 101*
910 a/c	Bogenlampen, Quecksilberdampf-, Quarz- und ähnliche Lampen; Gehäuse dafür mit Glasglocken; Scheinwerfer, Reflektoren[3]	39	246	151	111	2 046*	3 240*
911 a	Metallfadenlampen	404	2 072	1 822	1 407	9 381	9 684*
911 b	Kohlenfaden-, Nernst- und andere Glühlampen	13	87	52	26	224	316*
912 A1	Telegraphenwerke; Bestandteile davon	5	97	114	39	302*	198*
912 A2	Fernsprecher, Fernsprech-, Wand- und Tischstationen, Fernsprechvermittlungseinrichtungen; Bestandteile davon	19	285	815	2 713*	18 430*	14 343*
912 A3	Vorrichtungen für die drahtlose Telegraphie und Telephonie; Bestandteile davon	456	3 655	4 788	6 202*	43 007*	38 463*
912 A4	Meß-, Zähl- und Registriervorrichtungen, auch in Verbindung mit Uhrwerken; Bestandteile davon	179	1 455	1 545	2 123*	22 095*	25 360*
912 B	Bügeleisen; in der Ausfuhr auch Bestandteile davon	26	54	17	924	6 719	5 990*
912 C	Heiz-, Koch- und sonstige Wärmeapparate; in der Ausfuhr auch Bestandteile davon	263	1 677	1 568	2 117*	12 618*	11 512*
912 D	Röntgenröhren; in der Ausfuhr auch Bestandteile davon	2	24	19	25	213*	151*
912 E	Magnetzündapparate und sonstige elektrische Zündsysteme sowie Teile davon (ausgenommen Magnete); elektrotechnisches Zubehör für Motorfahrzeuge	140	1 551	2 395	1 744*	18 725*	20 002*
912 F1	Sicherungs- und Signalapparate; Läutewerke; Bestandteile davon	22	133	173	703*	9 427*	9 709*
912 F2	Vorrichtungen für Beleuchtung, Kraftübertragung, Elektrolyse; Vorschalte- und Nebenschlußwiderstände; sonst. a. n. g. Vorrichtungen; Bestandteile davon[4]	735	7 151	9 712	26 026*	236 374*	238 644*
912 F3	Vorrichtungen für ärztliche oder zahnärztliche Zwecke; Bestandteile davon (ausgenommen 912 D)	52	553	526	1 428	12 038*	13 585*
912 F4	Galvanische (auch Trocken-) Elemente, elektr. u. galvanische Batterien; Thermoelemente; Bestandteile davon	11	220	301	7 360	47 015*	51 104
912 F5	Isolationsrollen, -glocken, -knöpfe, Spulen, Taster, Schalter usw. aus Steingut, Porzellan oder Glas (ausgenommen 733 a)	26	493	161	6	6	6
912 F6	Isolationsgegenstände aus Asbest, Asbestpappe, Glimmer oder Mikanit für die Elektrotechnik (Schutzkasten usw.)	2	8	66	52	506	451*
912 F7	Isolierröhren für elektr. Leitungen aus Papier oder Pappe; Verbindungsstücke dafür[5]	.	.	.	2 945*	24 699*	27 347*
—	Elektrotechnische Erzeugnisse, unvollständig angemeldet	—	—	—	3	9	6
	Summe von Tarifunterabschnitt 18B: Menge in dz	6 501	52 291	71 473	161 172*	1 237 696*	1 205 284*
	Summe von Tarifunterabschnitt 18B: Wert in 1000 RM	*4 121*	*31 483*	*38 026*	*53 436**	*426 325**	*415 335**
648 a	Vorgepreßte Blöcke, Platten und Stangen aus Kohle für elektrotechnische Zwecke	32	253	288	1 449	10 288	8 352
648 b	Kohlenbürsten, Mikrophonkohlen usw.; Kohlenfäden für elektr. Beleuchtungskörper oder dgl., auch in Verbindung mit Platin	3	42	58	89	713*	647*
648 c	Brennstifte für Bogenlampen	5	604	1 243	497	5 884	5 944
648 d	Elektroden	80	3 009	4 325	18 070	188 199	208 583
733 a	Porzellanisolatoren für Telegraphen- oder Fernsprechleitungen[7]	—	2	180	6 522*	54 979*	61 745*
740 a	Glühlampenkolben	33	205	361	985	11 798	12 914
783 c	Bearbeitete Teile von elektrischen Maschinen der Nrn. 907 a/g und von Erzeugnissen der Nrn. 907 h/911 b aus nicht schmiedbarem Gußeisen	89	865	1 574	[8]	[8]	[8]
799 c	dsgl. aus schmiedbarem Eisen	160	1 157	713			
890 a	Isolierter Draht aus unedlen Metallen für die Elektrotechnik	741	2 977	1 802	12 354*	109 524*	103 131*

Grenzen versandt wurden 61 802 Lichtmaschinen (68 183 i. V.), 550 447 Dynamos, Elektromotoren usw. (524 221 i. V.), 21 133 Bogen- usw. Lampen (30 333 i. V.), 58,684 Mill Metalldrahtlampen (55,679 i. V.) und 0,732 Mill Kohlefaden- usw. Lampen (0,9 i. V.). Der Überschuß der Ausfuhr stellte sich auf 1 185 405 dz bzw. 394,842 Mill RM (1 133 811 dz bzw. 377,309 Mill RM i. V.).

[1] Die Ausfuhr von Quecksilberumformern ist in Nr. 912 F 2 enthalten. — [2] Die Ausfuhr umfaßt auch andere Teile von nicht vollständigen elektrischen Maschinen. — [3] Die Ausfuhr umfaßt auch Teile von Bogenlampen außer Brennstiften (648 c). — [4] Die Ausfuhr umfaßt auch Quecksilberumformer aus Nr. 907 b/g und Isolationsgegenstände, auch aus Ambroid, Hartkautschuk usw., der Nr. 912 F 5 außer Isolationsglocken (733 a). — [5] Einfuhr nach Beschaffenheit. — [6] Isolationsglocken unter 733 a, andere Waren, auch aus Ambroid, Hartkautschuk usw., unter 912 F 2. — [7] Die Ausfuhr umfaßt Isolatoren aller Art aus Steingut oder Porzellan. — [8] Für die Ausfuhr gelten die im Unterabschnitt 18 B bei den Maschinen angegebenen stat. Nrn. — [9] Berichtigte Zahl.
* Einschließlich der Reparationssachlieferungen.

Bezugsquellenverzeichnis.

Die Anfragen sind an die Schriftleitung der ETZ Berlin W 9, Linkstr. 23/24, zu richten. Anfragen ohne Rückporto bleiben unbeantwortet.

Frage 45: Wer stellt Funkenstrecken, Kondensatoren usw. für Diathermie-Apparate her?

Frage 46: Wer fertigt einen flexiblen Metallschlauch an, der aus zwei ineinander liegenden Einzelschläuchen besteht, und der in einer bestimmten Lage dadurch fixiert werden kann, daß der äußere Schlauch gegen den inneren durch Verdrehen angepreßt wird?

Abschluß des Heftes: 1. November 1930.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

51. Jahrgang | Berlin, 13. November 1930 | Heft 46

Neuere Entwicklung von Betrieb und Technik im amerikanischen Fernsprech-Weitverkehr*.

Von Ministerialrat K. Höpfner, Berlin.

Übersicht. Verfasser schildert die Entwicklung von Betrieb und Technik des Fernsprech-Weitverkehrs auf Drahtleitungen und im Funkverkehr in den V. S. Amerika und streift dabei auch den Rundfunkbetrieb. Die wesentlichsten Merkmale der Entwicklung sind die Ausführung der Mehrzahl aller Ferngespräche fast unmittelbar nach ihrer Anmeldung, die Ausdehnung des Weitverkehrs auf alle Sprechstellen, die Bauart der Fernsprechleitungen und Verstärker, die Anforderungen an die Güte der Verständigung im Fernsprechverkehr, die Gestaltung des Leitungsnetzes für den Austausch von Rundfunkdarbietungen auf Leitungen, die Erhöhung der Sendeleistung amerikanischer Rundfunksender und die Verschärfung der Anforderungen an letztere, die Entwicklung der Rundfunkempfangstechnik und der Kurzwellentechnik im Telegraphen- und Fernsprechbetriebe.

Entwicklung des Fernsprechbetriebs.

Der Fernsprechbetrieb in den V. S. Amerika, begünstigt durch die gute Geschäftslage und gefördert durch die Gebührenpolitik und durch den Grundsatz des Dienstes am Kunden, den die amerikanischen Fernsprech-Betriebsgesellschaften, die American Telephone & Telegraph Co. (ATT) und die mit ihr verbundenen und mit ihr zusammenwirkenden örtlichen Gesellschaften sorgfältig befolgen, hat sich besonders in den letzten Jahren kräftig weiter entwickelt. Die jährliche Zunahme der Fernsprechstellen im Bereich der Bell-Gesellschaften und der ihnen betriebsmäßig angelehnten Gesellschaften betrug im Laufe der letzten 10 Jahre etwa ¾ Mill. Insgesamt sind gegenwärtig etwa 20 Mill Sprechstellen vorhanden. Auf jeden 6. Amerikaner entfällt jetzt eine Fernsprechstelle. Die ATT und die von ihr beherrschten und ihr angelehnten Gesellschaften gehen jetzt dazu über, einen neuen Fernsprechapparat einzuführen, der im Gegensatz zu der früheren amerikanischen Praxis Mikrophon und Fernhörer in einem Handapparat vereinigt. In den Ortsfernsprechämtern geht man in steigendem Umfang zum Selbstanschlußbetrieb über. Man hofft 1933 ebensoviel handvermittelte Fernsprechstellen wie selbstanschlußmäßig vermittelte Fernsprechstellen zu haben. Das Strowger-Schrittschaltsystem, das die Deutsche Reichspost allgemein verwendet, wird auch in Amerika in großem Umfange benutzt. es ist im Betrieb in etwa 194 Ämtern mit etwa 1,6 Mill Sprechstellen. In besonders großen Städten wird das sog. panel-switch-System mit 500teiligen Wählern verwendet, z. B. in New York, Chicago, Philadelphia, Cleveland u. a. m., insgesamt in 128 Ämtern mit etwa 1,6 Mill Sprechstellen. Man geht jetzt dazu über, kleinere Ortsämter nach dem Strowger-System bis zu 800 Anschlüssen ohne dauernde Wartung und mit Fernverkehrsanschluß über ein benachbartes größeres Amt einzurichten, entsprechend unseren Landzentralen mit Selbstanschlußbetrieb.

Auch der Fernverkehr im Bereich der ATT hat in den Jahren 1925 ... 1929 eine besonders große Steigerung erfahren. Die Gesamtzahl aller Fernverbindungen mit Einschluß des Nahverkehrs, der in Amerika auf Entfernungen bis 50 km, teilweise sogar bis 100 km ausgedehnt wird, ist im Laufe der 5 Jahre von 600 Mill Verbindungen auf fast 1100 Mill gestiegen, hat sich also nahezu verdoppelt. An dieser Steigerung ist auch der eigentliche Fernverkehr, also der Fernverkehr über 100 km hinaus, stark beteiligt. Die Zunahme war am stärksten im transkontinentalen Verkehr, der sich in den letzten 3 Jahren mehr als verdreifacht hat. Voraussetzung und Folge dieser Verkehrssteigerung war eine beträchtliche Vergrößerung der Fernverkehrsanlagen. 1929 sind 200 Mill Dollar für den Ausbau der Fernverkehrsanlagen ausgegeben worden gegenüber 100 und 120 Mill Dollar in den Jahren 1927 und 1928. Das Jahresprogramm für die Auslegung neuer Fernkabel beträgt jetzt 5000 Meilen (8000 km), das später noch auf etwa 10 000 km gesteigert werden soll. Dementsprechend soll die Verstärkerausrüstung der Fernkabel, die 1925 2400 Verstärker umfaßte, 1930 auf etwa 36 000 Verstärker gebracht werden. Neben dem Ausbau des Kabelnetzes soll auch im oberirdischen Leitungsnetz die Mehrfachausnutzung der Freileitungen mit Hilfe des Hochfrequenz-Fernsprechens weitgehend gefördert werden. Um dem starken Anwachsen der Teilnehmerzahl gerecht zu werden, ist man in Amerika damit beschäftigt, auch die Ortskabelanlagen großzügig zu erweitern und neue Gebäude für die Aufnahme der Vermittlungseinrichtungen zu schaffen. Gebäude, die imstande sind, die Vermittlungsanlagen für 8 große Selbstanschlußämter zu je 10 000 ... 12 000 Teilnehmern aufzunehmen, sind nichts Seltenes mehr in Amerika.

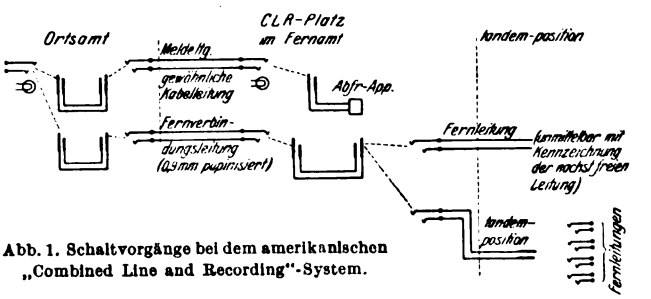


Abb. 1. Schaltvorgänge bei dem amerikanischen „Combined Line and Recording"-System.

Die Gründe für die starke Zunahme des Fernverkehrs sind abgesehen von der guten Geschäftslage die Herabsetzung der Gebühren besonders im Weitverkehr und namentlich die Verbesserung der Betriebsweise der Fernleitungen.

Die ATT geht jetzt allgemein dazu über, die Betriebstechnik ihrer Fernämter dahin zu ändern, daß der Teilnehmer seine Verbindung sogleich nach der Anmeldung erhält. Man wendet auf den eigentlichen Weitverkehr ein ähnliches Verfahren an wie im Nahverkehr. Während der Teilnehmer noch vor wenigen Jahren ebenso wie in unserem Betrieb sein Ferngespräch bei einer Meldebeamtin anmeldete, die die Anmeldung auf einem Gesprächszettel vermerkte, der dann mittels einer Rohrpost an eine Fernbeamtin weitergeleitet wurde, wird der Teilnehmer jetzt unmittelbar nach der Anmeldung von derselben Beamtin, bei der er die Anmeldung vermerken läßt, mit dem gewünschten Teilnehmer verbunden. Abb. 1 zeigt schematisch, wie eine Verbindung nach dem neuen amerikanischen Verfahren, das CLR (Combined Line and Recording) genannt wird, zustande kommt. Der Teilnehmer wird beim Handamtsbetrieb von seinem Ortsamt über eine freie Meldeleitung mit dem Fernamt verbunden oder er wählt im SA-Betrieb das Fernamt. Der Anruf läuft in einer bestimmten Ortsämtern zugewiesenen Gruppe von CLR-Plätzen ein. Eine gerade freie Beamtin beantwortet den Anruf, vermerkt die Anmeldung und ruft dann, den Teilnehmer

* Vortrag, gehalten im Elektrotechnischen Verein am 6. V. 1930.

Digitized by Google

in der Meldeleitung belassend, über eine freie im Vielfachfeld ihres Platzes erreichbare Fernleitung das ferne Amt und den fernen Teilnehmer über ein besonderes Schnurpaar an. Inzwischen läßt sie den anrufenden Teilnehmer von der Meldeleitung auf eine für den Fernverkehr geeignete Fernvermittlungsleitung umlegen und stellt die Fernverbindung her. Die Methoden des Ortsverkehrs sind hier also auf den Fernverkehr übertragen. 70 % aller Fernverbindungen werden in dieser Weise hergestellt. Die nicht sofort ausführbaren Verbindungen werden an besonderen Plätzen für verzögerten Verkehr hergestellt, denen bestimmte Fernleitungen zur Bedienung zugewiesen werden. Die Wartezeit für die Herstellung von Verbindungen im Fernverkehr einschließlich des Nahverkehrs beträgt jetzt 1,2 min im Mittel. Im Weitverkehr allein beträgt die Wartezeit im Mittel etwa 3 min, im Verkehr zwischen New York und San Francisco etwa 10 min. Die Weitverkehrsleitungen sind im Mittel täglich mit 35 ... 50 Gesprächen belastet. In der Stunde werden 13 Gespräche von Sprechstelle zu Sprechstelle oder 6 Gespräche von Person zu Person hergestellt, wenn letztere bei der Anmeldung angegeben werden.

Die ATT hat der Wegweisung für Weitverkehrsverbindungen zwischen Orten, die nicht durch unmittelbare Leitungen miteinander verbunden sind, besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Jede Beamtin ist entweder unmittelbar oder mittelbar durch Befragung einer mit handlichen Karteien ausgerüsteten Dienststelle in der Lage, in wenigen Sekunden den besten Leitweg festzustellen. Der Leitweg wird im voraus von der Abteilung für lange Linien der ATT festgelegt. Ähnlich wie bei uns sind in Amerika mehrere Ortsämter ohne Fernbetrieb einem Endfernamt (toll center) zugeteilt, bei dem die Teilnehmer Anschluß an das Weitverkehrsnetz erhalten. Die Endfernämter wiederum sind in einem bestimmten Umkreis einem Verteilerfernamt (primary outlet) zugeteilt, das seinerseits mit einem oder mehreren der 8 großen Durchgangsfernämter (regional centers) verbunden ist. Diese Durchgangsämter sind durch leistungsfähige Vierdraht- oder Hochfrequenzleitungen untereinander verbunden. Die ATT verfolgt mit dieser Organisation das Ziel, die Zahl der Umschaltungen auf ein Mindestmaß zu beschränken, die Übertragungsgüte zu verbessern und den Sprechverkehr zwischen allen Sprechstellen der ATT, der mit ihr verbundenen oder betriebsmäßig mit ihr zusammenarbeitenden Gesellschaften zu ermöglichen. 80 % aller Verbindungen werden unmittelbar ohne eine Zwischenschaltstelle hergestellt, 17 % über eine Zwischenschaltstelle und 3 % über mehr als eine Zwischenschaltstelle.

Technik des Fernsprech-Weitverkehrs.

Die ATT bedient sich für die Abwicklung des Fernsprech-Weitverkehrs nach wie vor hauptsächlich der Vierdrahtleitungen und vorzugsweise in schwach pupinisierten Adern von 0.9 mm Dmr. Zweidrahtleitungen werden jetzt in etwas größerem Umfange betrieben, nachdem man dazu übergegangen ist, hierfür schwach pupinisierte Adern zu verwenden. Für den Durchgangsverkehr werden schwach pupinisierte Zweidrahtleitungen bis zu einer Länge von 400 km (250 miles) mit 4 Zwischen- und 2 Endverstärkern verwendet; für den Endverkehr werden schwach pupinisierte Zweidrahtleitungen bis zu einer Länge von 640 km (400 miles) mit 7 Zwischenverstärkern geschaltet. Man hat allerdings einige (3) schwach pupinisierte Zweidrahtleitungen größerer Länge, z. B. zwischen New York und Chicago etwa 1500 km, im Betrieb. Diese mit Echosperren ausgerüsteten Leitungen werden jedoch nur als Versuchsleitungen betrachtet; es ist nicht beabsichtigt, neue Zweidrahtleitungen dieser Länge im Betrieb zu verwenden. Zweidrahtleitungen unter Verwendung mittelstark belasteter Adern von 1,29 mm Drahtstärke werden im Durchgangsverkehr nur bis zu Längen von 160 km (100 miles), also ohne Zwischenverstärker, jedoch mit Endverstärkern betrieben, im Endverkehr bis zu Längen von 280 km (175 miles), also mit 1 Zwischenverstärker. Phasenentzerrung wird in Amerika bis jetzt nur wenig verwendet. Nur in besonderen Fällen, z. B. für Bildtelegraphie und Musikübertragungen, bedient man sich des Phasenausgleichs, wie im Abschnitt über Rundfunkleitungen ausgeführt ist. Alle Leitungen größerer Länge werden in schwacher Pupinisierung durchgebracht; in naher Zukunft will man die mittelstarke Pupinisierung überhaupt aufgeben und nur noch schwach pupinisieren.

Die Gründe, aus denen heraus die ATT sich entschlossen hat, die schwache Pupinisierung allgemein einzuführen, sind u. a. die Verbesserung des Zweidrahtbetriebs, die Vermeidung der Verzerrungen, die bei der mittelstarken Pupinisierung besonders hervortreten, z. B. Phasenverzerrung, sowie 2 Gesichtspunkte, auf die ich näher eingehen möchte. Die Amerikaner sind der Ansicht, daß man im Weitverkehr keine allzu große Übertragungsdauer des gesprochenen Worts zulassen dürfe. Eine Übertragungszeit von ½ s und mehr für die Frage des einen Teilnehmers und ½ s und mehr für die Antwort des andern Teilnehmers erschwere die Unterhaltung. Aus diesem Grunde müsse man u. U. für sehr große Entfernungen zu einer noch schwächeren Pupinisierung als bisher übergehen; man müsse daran denken, daß im Weitverkehr künftig Entfernungen überbrückt werden müssen, die 10 000 km übersteigen. Ein anderer Grund ist die Breite des Frequenzbandes. Die ATT ist der Ansicht, daß die Weiterentwicklung der Sprechstellenapparate allmählich dahin führe, daß an das von der Leitung übertragene Frequenzband höhere Anforderungen gestellt werden müssen; die ATT richtet ihre Leitungen so ein, daß sie ein Frequenzband von 250 ... 2750 Hz übertragen können. Die ATT verfolgt beharrlich das Ziel, die Güte der Fernsprechübertragung immer weiter zu verbessern, um die mehr oder minder große Nervenanstrengung beim Fernsprechen zu verringern.

Angesichts dieser Entwicklung scheint das Vorgehen der deutschen Technik, die die schwache Pupinisierung glaubt entbehren zu können, abwegig zu sein. Dem ist aber nicht so. Die Deutsche Reichspost (DRP) hat eine neue Pupinisierungsmethode angenommen, bei der die frühere mittelstarke Pupinisierung abgeschwächt worden ist, aber nicht so sehr wie in Amerika. Die DRP glaubt, durch Erhöhung der Grenzfrequenz von 2750 auf 3450 Hz der Pupinleitung und durch Vereinheitlichung des tatsächlich übertragenen Frequenzbandes auf 300 bis etwa 2400 oder 2500 Hz statt 300 ... 2000 Hz früher sowie durch Beseitigung der Phasenverzerrung mit Hilfe der Küpfmüllerschen Phasenentzerrung ein System geschaffen zu haben, das die schwache Pupinisierung entbehren kann und eine gleichmäßig gute Verständigung für alle Entfernungen bis etwa äußerstenfalls 6000 km ermöglicht, was für europäische Verhältnisse ausreichen dürfte. Diesen Nachweis hat die DRP durch ausgedehnte Versuche an einem nach der neuen Methode pupinisierten Kabel in Gegenwart eines Sonderausschusses des Internationalen Beratenden Ausschusses für den Fernsprechweitverkehr erbracht. Die DRP ist der Ansicht, daß dieses Ziel mit dem geringsten Aufwand an finanziellen Mitteln erreicht worden ist. Der amerikanische Plan ist zweifellos kostspieliger. Die deutsche Technik ist aber mit der amerikanischen Technik darin einig, daß der Weitverkehr auf ganz große Entfernungen eine Leitungsart mit größerer Fortpflanzungsgeschwindigkeit verlangt, und sieht demzufolge in jedem neuen Fernkabel einige schwach pupinisierte Viererseile von 1,4 mm mit Fortpflanzungsgeschwindigkeiten von 40 000 bis 50 000 km vor. Was nun die Frequenzbandbreite betrifft, so ist die deutsche Technik der Ansicht, daß es für die verbesserten neuen Sprechstellenapparate keinen merklichen Gewinn bringt, das Frequenzband über 2400 Hz auszudehnen, und daß es sich empfiehlt, der Verbesserung der Sprechstellenapparate erhöhte Beachtung zu widmen.

In oberirdischen Leitungen des Weitverkehrs geht die ATT in steigendem Umfang zum Mehrfachsprechbetrieb über; sie verwendet hierfür ein System, das gestattet, auf jede Doppelleitung drei Hochfrequenzgespräche zu legen. Durch eine neue Anordnung der Drähte am Gestänge und durch Einführung neuer besonderer Kreuzungs- und Platzwechsel sowie durch Verwendung zweier Frequenzverteilungen ist es möglich, alle 20 Doppelleitungen einer Linie mit 5 Querträgern mit je 3 Hochfrequenzgesprächen zu besetzen. Die wesentlichsten Kennzeichen des Systems sind Unterdrückung der Trägerfrequenz und eines Seitenbandes, Zusammenfassung der drei Trägerfrequenzen für jede Sprechrichtung in eine untere (Frequenzband bis 4 kHz) und eine obere Gruppe (bis 28 kHz), Verwendung von Hochfrequenz-Zwischenverstärkern mit einem Bandpaßfilter und einem Verstärker für jede der beiden Frequenzgruppen, endlich Einrichtung eines Steuerweges innerhalb jeder Frequenzgruppe und selbsttätige Pegelanzeiger. Neben diesem System gibt es noch ein System mit nur einem Zusatzgespräch ohne Hochfrequenz-Zwischenverstärkung (Trägerfrequenzen unterhalb 10 000 Hz).

An die Lautstärke der Übertragung im Orts- und Fernverkehr stellt der amerikanische Fernsprechbetrieb ziemlich hohe Anforderungen. In der hier folgenden Übersicht sind die Grenzwerte der Dämpfung amerikanischer Orts- und Fernleitungen zusammengestellt, soweit sie aus Unterhaltungen mit den Übertragungs-Ingenieuren der ATT und aus Veröffentlichungen haben entnommen werden können:

Digitized by Google

Grenzwerte der Dämpfung amerikanischer Orts- und Fernleitungen.

I. Ortsverkehr.

a) Sprechstelle—Sprechstelle°:

1. Geschäftsprechstellen untereinander	1,8 ... 2,0 Neper
2. Wohnungsprechstellen untereinander	bis zu einer Entfernung von 23 km: 2,3 Neper; darüber hinaus: 2,6 Neper
3. Geschäftsprechstellen mit Wohnungsprechstellen	

b) Ortsamt—Sprechstelle*:

1. für Geschäftsprechstellen	etwa 0,4 Neper
2. für Wohnungsprechstellen	„ 0,6 „
c) Ortsverbindungsleitungen	1 ... 1,4 Neper

II. Fernverkehr.

1. Sprechstelle—Fernleitung—Sprechstelle°	2,8 Neper (2,5 ... 3,5)
2. A-B-Verkehr°	2,7 „
3. Fernverkehr (im engeren Sinn):	
α) auf Vierdrahtleitungen	0,6 ... 1 Neper im Endverkehr
β) auf Zweidrahtleitungen	0,9 ... 1,2 „ im Endverkehr
γ) für Zwei- und Vierdrahtleitungen	0,3 ... 0,4 Neper im Durchgangsverkehr
4. Fernamt—Sprechstelle*	0,8 Neper
5. Fernverbindungsleitungen	0,2 ... 0,4 Neper

Die durch * gekennzeichneten Angaben stellen den Mittelwert aus den Dämpfungsziffern für abgehende und ankommende Sprechrichtung dar; ebenso wie die durch ° gekennzeichneten Angaben enthalten sie die Verluste der Speisestromverminderung sowie die Bezugsdämpfung des Mikrophons und des Fernhörers im Vergleich zum Ureichkreis.

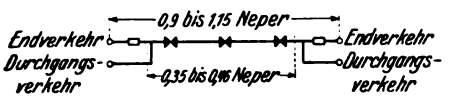


Abb. 2. Endverstärkerschaltung der ATT.

Auffällig sind die verhältnismäßig geringen Verluste in den Teilnehmerleitungen. Die Amerikaner legen großen Wert darauf, die Dämpfung in diesen Leitungen in bestimmten engen Grenzen zu halten. Bei der Bemessung der Kupferquerschnitte müssen sie auf den Strombedarf für die Mikrophone acht geben, der erheblich größer ist als bei uns und daher größere Speisestromverluste (current supply losses) bedingt.

An die Fernvermittlungsleitungen werden ebenso wie bei der DRP höhere Anforderungen gestellt als an die Ortsverbindungsleitungen. Besonders auffällig ist der verhältnismäßig geringe Verlust von 0,8 Neper in den Verbindungen vom Fernamt bis zum Teilnehmer, wobei zu beachten ist, daß diese Ziffer auch die Speisestromverluste und die Bezugsdämpfung der Sprechstellenapparate zum Ureichkreis enthält.

Allgemein gewinnt man in Amerika den Eindruck, daß der Begriff der Übertragungsgüte, der „transmission", drüben viel tiefer eingedrungen ist als hier. In Chicago z. B. ist je ein „transmission-engineer" vorhanden für die langen Fernleitungen, für die Fernleitungen der Associated Comp. der Illinois Bell Telephone Co. und für das Ortsnetz Chicago. Jeder Amtstechniker und jeder im Leitungsbau tätige Techniker ist über den Begriff der Übertragungsgüte unterrichtet und läßt sich die Rücksicht auf die Übertragungsgüte bei all seinen Arbeiten stets als Richtschnur dienen.

Endverstärker an Stelle von Schnurverstärkern.

Die ATT verwendet in neuen Ämtern (z. B. Chicago, Cleveland, künftig auch in New York u. a. m.) Endverstärker anstatt der Schnurverstärker; sie schließt die Leitungen durch Endverstärker ab und ergänzt die Leitung amtsseitig durch Verlängerungsleitungen von etwa 3 Dezibel, die bei Durchgangschaltungen selbsttätig ausgeschaltet werden. Der Verstärkungsgrad der Endverstärker wird so eingestellt, daß die ganze Leitung in der Endschaltung eine Restdämpfung von 3 Dezibel hat (Abb. 2).

Wird die Leitung mit einer gleichartig eingerichteten Leitung verbunden, so werden die Verlängerungsleitungen an der Schaltstelle selbsttätig ausgeschaltet. Bei beiderseitiger Durchschaltung hat die Leitung einen Pegelunterschied von nur 3 ... 4 Dezibel. Die beiden Verstärker zunächst der Schaltstelle liegen nach der Durchschaltung unmittelbar hintereinander (Abb. 3). x und y sind sog. compromise networks — angenäherte Nachbildungen. Die Nachbildungen x und y müssen bei der Durchgangschaltung auch den Scheinwiderstand der gegenüberliegenden Verstärker nachbilden. Jede Verbindungstelle erhöht die Restdämpfung der gesamten Fernleitungsverbindung um 3 Dezibel, so daß sie bei einer Verbindung zweier Leitungen 12 Dezibel, bei einer Verbindung dreier Leitungen 15 Dezibel beträgt.

Man könnte die Leitungen ähnlich wie bei Vierdrahtleitungen miteinander verbinden (Abb. 4). Hierdurch ließe sich erreichen, daß der Verstärkungsgrad beider Verstärker zusammen wieder annähernd gleich der Dämpfung jedes der beiden angrenzenden Verstärkerfelder ist; außerdem fallen die angenäherten Nachbildungen x und y weg, wenn die Leitungen durchgeschaltet werden. Grundsätzlich ist die Ausrüstung einer Zweidrahtleitung mit Endverstärkern nichts anderes als die Ausgestaltung der Zweidrahtleitung am Ende zu einer vierdrahtähnlichen Endschaltung (Abb. 4 b). Damit besteht die Möglichkeit, Vierdrahtleitungen und Zweidrahtleitungen beliebig untereinander einheitlich in gleicher Weise ohne Schnurverstärker zu verbinden.

Die sich hieraus für die Amtstechnik ergebenden Vorteile sind: Vereinfachung der Durchgangsplätze, voraussichtlich Wegfall der Schwächungswiderstände, bessere Überwachung der Güte der Nachbildungen der Zweidrahtleitungen und erhöhte Betriebsicherheit. Im Vierdraht-Durchgangsverkehr verwendet die DRP den Gedanken der schnurverstärkerfreien Durchschaltung bereits seit langem. Die DRP war dazu auch eher in der Lage als die ATT, weil sie im Vierdrahtbetrieb schon immer mit einem

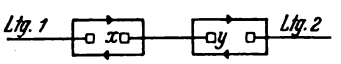


Abb. 3.

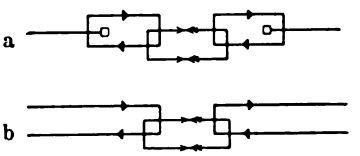


Abb. 4.

Verstärkungsüberschuß beim Endamt gearbeitet hat, der für die schnurverstärkerfreie Verbindung zweier Vierdrahtleitungen nutzbar gemacht werden konnte.

Verstärkeramtsbau.

Die innere Einrichtung eines amerikanischen Verstärkeramts unterscheidet sich bezüglich der Bauart der Gestelle und ihrer Anordnung nicht wesentlich von der deutschen Praxis. Im amerikanischen Verstärkeramtsbau werden ebenso wie bei uns Normalgestelle aus Winkeleisen verwendet, auf denen die Verstärker in regelmäßiger systematischer Anordnung befestigt sind. Abb. 5 zeigt eine Reihe von Verstärkergestellen mit insgesamt 30 Vierdrahtverstärkern, die in Gruppen von 3 Verstärkern unterteilt sind. Jede Gruppe besteht aus den beiden Verstärkern für die beiden Stammleitungen und dem Verstärker für die Viererleitung. Zweck dieser Anordnung ist, die Neben-

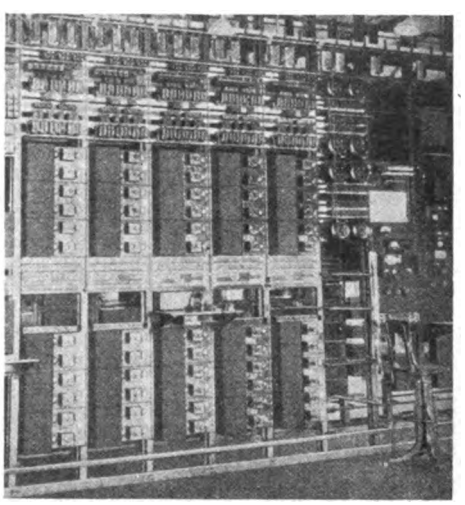


Abb. 5. Amerikanische Verstärkergestelle.

Digitized by Google

sprecherscheinungen auf ein Mindestmaß zu beschränken, wie man überhaupt der Nebensprechfreiheit der Verstärkereinrichtungen in Amerika besonders große Aufmerksamkeit widmet. Man geht dabei sogar so weit, daß man von der Zentralisierung der Batterien für das Gitterpotential absieht und jedem Vierdrahtverstärker eine besondere Gitterbatterie in Gestalt von Trockenelementen gibt. Auch der Geräuschfreiheit der Verstärkeranlagen wird besondere Beachtung gewidmet. Um die beim Pufferbetrieb von den Lademaschinen ausgehenden Ströme von den Verstärkern fernzuhalten, schaltet man zwischen Zentralbatterie und Verstärkeramt Starkstrom-Tiefpaßfilter, bestehend aus elektrolytischen Aluminiumkondensatoren (etwa 1000 µF) und Drosselspulen. Die ATT hat eine neue Verstärkerröhre eingeführt, deren Heizstrom und Heizleistung etwa nur halb so groß sind wie bei den älteren Röhren, deren sonstige Eigenschaften aber ungeändert geblieben sind. Die Heizstromstärke ist jetzt 0,5 A, die Heizleistung 2 W. Die ATT war bei dem starken Anwachsen der Zahl der Verstärker in ihren Ämtern dazu gezwungen, um die Batterien nicht allzu groß werden zu lassen. Die Heizfäden der Röhren verschiedener Verstärker werden weitgehend hintereinander geschaltet. In Zweidrahtleitungen werden Verstärker mit einer Röhre für jede Richtung verwendet, in Vierdrahtleitungen ein zweistufiger Verstärker für jede Richtung.

Die umfangreiche Ausnutzung der Fernsprechleitungen zur Telegraphie bringt in die amerikanischen Verstärkerämter eine ausgedehnte Apparatur zur Überwachung des Telegraphenbetriebs, ein Zustand, der bei weiterer Einführung der Unterlagerungs- und Wechselstromtelegraphie auch bei der DRP sich bald einstellen wird.

Die amerikanischen Verstärkerhäuser sind flachdachige Häuser, die so gebaut sind, daß sie nach allen Seiten durch Aufbauten und Anbauten leicht erweitert werden können. Einige im Bau begriffene Verstärkerämter sind für eine äußerste Aufnahmefähigkeit von 10 000 Verstärkern entworfen worden.

Unterhaltung des Leitungsnetzes.

Der Unterhaltung des Leitungsnetzes wird größte Sorgfalt gewidmet. Die Amerikaner tun in dieser Beziehung noch mehr als die DRP; sie messen ihre Leitungen in den Betriebspausen, vorzugsweise in der Nacht, noch häufiger als wir und halten hierfür ziemlich viel Personal. Aus den Wahrnehmungen in verschiedenen Verstärkerämtern kann geschlossen werden, daß auf etwa 30 ... 50 Verstärker 1 Angestellter entfällt, wobei allerdings zu beachten ist, daß diesen Angestellten die Sorge nicht nur für die Verstärker und die zugehörigen Leitungen, sondern auch für die Telegrapheneinrichtungen und für die Überwachung der Kabel zufällt.

Sonderbetriebe auf amerikanischen Fernleitungen.

Telegraphie.

Der Bell-Konzern befaßt sich an und für sich nicht mit Telegraphenbetrieb, dagegen vermietet er bekanntlich Telegraphenstromkreise zum Privatgebrauch von Personen und Gesellschaften sowie für Regierungszwecke. Mehr als 2 Mill km solcher Stromkreise sind im Gebrauch, davon ein Drittel für Zeitungen und Nachrichteninstitute. Zwischen New York und Chicago z. B. sind 300 Stromkreise im Betrieb.

Die Telegraphenstromkreise werden als Vierfachsimultankanäle, als Unterlagerungskanäle, als Hochfrequenz-Telegraphierkanäle auf oberirdischen Leitungen gewonnen. Zwei Telegraphiergeschwindigkeiten werden angeboten, 40 und 60 Wörter/min. Als Telegraphenapparat wird vorwiegend der Morsetelegraph verwendet; man geht aber neuerdings zum Ferndruckerbetrieb über. Fast ein Drittel der gesamten Leitungen werden mit Ferndruckern von Morkrum-Kleinschmidt betrieben. Gezeigt wurde u. a. der Betrieb in einer Börsenleitung New York—Chicago—San Francisco mit Abzweigungen nach Tacoma und Los Angeles, in der 242 Börsenblattdrucker gleichzeitig betätigt werden, davon 124 allein in Chicago. Besondere Aufmerksamkeit wird der Instandhaltung dieser Anlagen gewidmet. In Chicago z. B. steht stets ein Kraftwagen mit gutem Apparat bereit, um schnell schadhafte Apparate auszuwechseln. Der Ferndrucker von Morkrum-Kleinschmidt[1], teilweise als Streifendrucker und als Blattdrucker, wird immer mehr der Universal-Telegraphenapparat in Amerika. Man findet ihn nicht nur bei der ATT, sondern auch bei der Western Union Telegraph, bei der Postal Telegraph Co., im Eisenbahnbetrieb, im inneren Betrieb der Zeitungen und großer Hotels, im Betriebe der Feuerwehr u. a. m. Die Morkrum-Kleinschmidt-Gesellschaft in Chicago, jetzt Teletype Corporation genannt, hat ihre Fabrikanlagen so ausgebaut, daß sie imstande ist, monatlich 4000 ... 5000 Ferndrucker verschiedener Bauart zu liefern[2].

[1] ETZ 1929, S. 1043; 1930, S. 1323.

Privat-Fernsprechleitungen.

Ebenso wie bei der DRP werden Fernsprechleitungen dauernd oder zeitweilig an Private vermietet. 2 Mill Stromkreiskilometer und -stunden sind gegenwärtig während eines Werktages vermietet, drei Viertel dieser Leitungen sind täglich 12 h vermietet, fast der ganze Rest wird dauernd vermietet; ein kleiner Teil wird auch für kürzere Zeit vermietet. Es ist auch möglich, sog. Fernanschlüsse herzustellen; ferner besteht die Möglichkeit, daß ein Teilnehmer sich dauernd durch eine Fernleitung an ein fernes Amt anschließen läßt. 1000 Leitungen dieser Art sind im Betrieb, meistens auf kürzere Entfernungen, die längste auf 900 km, New York—Cleveland.

Nicht unerwähnt mögen die Bemühungen bleiben, auch Fliegern die Möglichkeit zu geben, mit den Fernsprechstellen in Verbindung zu treten, ferner der Wettermeldedienst für Flugplätze, der Fernsprechbetrieb mit fahrenden Schiffen, fahrenden Zügen u. a. m.

Rundfunk über Leitungen.

Die Übertragung von Rundfunkdarbietungen über Leitungen ist in den V. S. Amerika technisch gut durchgebildet und vorbildlich organisiert. Dem amerikanischen Rundfunk steht ein ausgedehntes, von der American Telephone and Telegraph Co. eingerichtetes und betriebenes Netz von Rundfunkleitungen zur Verfügung. Gegenwärtig besteht dieses Netz mit einer Leitungslänge von insgesamt rd. 50 000 km noch vorwiegend aus Freileitungen, in geringerem Umfang aus Kabelleitungen. Erst neuerdings geht man dazu über, Kabelleitungen mit verbesserten Eigenschaften in größerem Maßstab für Rundfunkzwecke bereitzustellen.

Das amerikanische Leitungsnetz für Rundfunkzwecke ist aus einer großen Zahl von Leitungsketten zusammengesetzt, die von den einzelnen Rundfunkgesellschaften täglich betrieben werden. Die „rote" Leitungskette der National Broadcasting Co. z. B. mit einer Leitungslänge von 16 600 km verbindet 41 Rundfunksender untereinander. Gelegentlich werden die verschiedenen Leitungsketten zu einem einzigen Netz zusammengeschaltet. So z. B. waren beim Edison-Jubiläum am 21. X. etwa 140 Sender mit dem Festsaal in Dearborn bei Detroit verbunden. In New York waren die Vorgänge bei der Feierlichkeit, Sprache und Musik, so gut zu hören, daß man glauben konnte, die Feier ginge in New York selbst vor sich.

Dieser vorzügliche Eindruck ließ eine Untersuchung der Frage erwünscht erscheinen, wie die Amerikaner zu diesem hohen Gütegrad bei der Übertragung von Rundfunk über Freileitungen gelangt sind. Es unterliegt keinem Zweifel, daß die amerikanischen Freileitungen für den Rundfunkbetrieb besser geeignet sind als die deutschen. Die Linien der ATT sind häufig fern von allen störenden Einwirkungen, fern von Baumpflanzungen frei durch das Gelände geführt. Die Linien verlaufen meistens in der Talsohle, fern von der Straße, quer über bewaldete Höhenzüge nach Niederlegung des Waldes links und rechts der Linie auf etwa 30 m. Der Drahtabstand ist in horizontaler Richtung im allgemeinen 30 cm, in senkrechter Richtung von Querträger zu Querträger etwa 60 cm.

Eigenschaften der Rundfunkleitungen. — In den amerikanischen Rundfunkleitungen wird gegenwärtig ein Frequenzband von 100 ... 5000 Hz übertragen. Erst neuerdings schickt man sich an, das Frequenzband auf den Bereich von 30 ... 8000 Hz auszudehnen, worüber weiter unten noch eingehender berichtet werden wird.

Die Ausrüstung einer amerikanischen Rundfunkleitung unterscheidet sich nicht wesentlich von der einer Rundfunkleitung bei der DRP. Die mit normalen Röhren für eine unverzerrte Leistungsabgabe von etwa 60 mW ausgerüsteten Verstärker werden so angeordnet, daß der Übertragungspegel am Verstärkerausgang etwa + 1,15 Neper beträgt, am Eingang der Verstärker in der Leitung — 0,6 Neper jedoch nicht unterschreitet.

In amerikanischen Rundfunkleitungen wird ein Lautstärkenbereich von etwa 3,4 Neper übertragen, d. h. während der Fortissimo-Stellen der Darbietung ist die über-

[2] Die Teletype Corporation ist inzwischen in den Besitz der American Telephone and Telegraph Co. bzw. der Western Electric Co übergegangen.

Digitized by Google

tragene Lautstärke etwa 30 mal so groß wie die während der Pianissimo-Stellen meßbare Lautstärke.

Rundfunk-Zwischenverstärker werden in oberirdischen Leitungen in Abständen eingeschaltet, deren Dämpfung etwa 1,0 Neper beträgt, d. i. in 4,2 mm starken Hartkupferleitungen, die vorwiegend für Rundfunkübertragungen benutzt werden, eine Leitungslänge von 300 km. Jeder Verstärkerabschnitt wird im Bereich von 100 ... 5000 Hz entzerrt.

In beschränktem Umfange werden leicht pupinisierte Fernkabelleitungen anstatt der oberirdischen Leitungen als Übertragungsleitungen verwendet und mit Vierdrahtverstärkern und mit besonderen Entzerrern, entsprechend dem vergrößerten Übertragungsbereich, ausgerüstet.

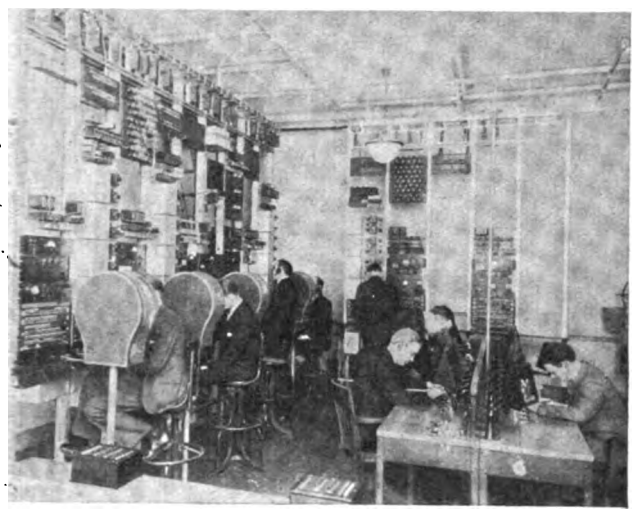


Abb. 6. Umschalt- und Überwachungstelle im amerikanischen Rundfunk-Leitungsnetz.

Neuerdings geht man dazu über, das Frequenzband weiter auszudehnen, nach unten bis 30 Hz und noch tiefer, und nach oben bis etwa 8000 Hz. Zu dem Zweck werden im Fernkabelnetz besonders schwach pupinisierte Kabelleitungen für Rundfunkübertragungen bereitgestellt. In jedem neuen Fernkabel sind 6 nicht gevierterte Doppelleitungen von 1,29 mm Drahtdurchmesser vorgesehen; sie sind metallisch nicht abgeschirmt und über die verschiedenen Lagen der Kabelstrecke so verteilt, daß eine Gefahr störenden Nebensprechens nicht besteht. Pupinisiert werden sie in Abständen von etwa 1 km mit Spulen von 22 mH; die Grenzfrequenz beträgt etwa 11 000 Hz; das entspricht in der Endwirkung etwa der Pupinisierung unserer Musikleitungen. Man schaltet in Abständen von 80 km Verstärker ein, die mit Dämpfungs- und Phasenentzerrern sowie mit Regeleinrichtungen ausgerüstet sind, die den Einfluß der Temperatur auf Dämpfung und Verzerrung kompensieren sollen. Übertragen wird ein Frequenzband von 30 ... 8000 Hz. An einer etwa 3000 km langen zweimal hin und zurück geschalteten Versuchsschleife New York—Pittsburgh wurde gezeigt, daß die Übertragung von Musik über diese Schleife nicht zu unterscheiden war von der über eine verzerrungsfreie künstliche Leitung. Die ATT ist der Ansicht, daß ein Unterschied in der Laufzeit der höchsten Frequenzen im Übertragungsbereich im Vergleich zu den mittleren Frequenzen mit der geringsten Laufzeit von 30 ms, wie ihn das CCI noch als zulässig bezeichnet hat, zu groß ist. Man ist der Ansicht, daß man nicht über 5 ms hinausgehen solle.

Zur Überwachung des Zustandes der Rundfunkleitungen sind vier Überwachungstellen eingerichtet, die an den Hauptumschaltestellen des Leitungsnetzes liegen. Gegenwärtig sind es New York für die östlichen Landesteile, Chicago für den westlichen Landesteil, Cincinnati für die südlichen Teile und San Francisco für die am Stillen Ozean gelegenen Landesteile. Abb. 6 zeigt die innere Einrichtung einer solchen Umschalt- und Überwachungstelle. Man erkennt auf dem Bild mehrere Überwachungsplätze, die mit Lautsprechern, Lautstärkeanzeigern und Schalt- und Meßeinrichtungen ausgestattet sind. Die Überwachungstellen sind mit allen Verstärkerämtern und Sendern ihres Bezirks durch Telegraphendienstleitungen (Klopferbetrieb) verbunden. Außerdem sind die Überwachungstellen untereinander verbunden, so daß die Zentralstelle im New-Yorker Fernamt mit jedem Sender in unmittelbare telegraphische Verbindung treten kann. Etwa 300 Angestellte sind im amerikanischen Rundfunknetz mit der Überwachung, der Umschaltung und mit den Messungen beschäftigt; in Chicago waren es etwa 25 Angestellte insgesamt.

In den Rundfunk-Aufnahmeräumen der Rundfunkgesellschaft sind die Verstärker für die Mikrophone zentralisiert. Auch diese Dienststellen sind durch Telegraphendienstleitungen mit allen Sendern verbunden, auf die übertragen werden kann. Auch hier sind Lautstärkeanzeiger vorhanden, an denen festgestellt werden kann, ob an den Leitungen der ATT die vorgeschriebene Höchstleistung abgegeben wird. Messungen über das ganze Frequenzband und über die vollständige Rundfunkleitung bis zum Sender werden vom Rundfunk-Aufnahmeraum nicht ausgeführt. Solche Messungen werden vom ersten Verstärkeramt der Rundfunkleitung aus unter Vorschaltung einer Kunstleitung vorgenommen, die so zu bemessen ist, daß am Ausgang des ersten Verstärkers derselbe Pegel von + 1,15 Hz herrscht.

Im Anschluß an die Behandlung des Rundfunks auf Leitungen sei nun die Frage der Rundfunksender behandelt. Gegenwärtig ist 50 kW die Höchstleistung der amerikanischen Rundfunksender. Solche Sender stehen in Bellmore (Long Island), Sender WEAF, Chicago, South Schenectady WGY, Mason (Ohio), Cleveland, Pittsburg (KDKA). Man plant die Vergrößerung der Leistung der Rundfunksender, die von der Regierung genehmigt werden muß. Der Rf-Sender in South Schenectady WGY wird bereits mit 100 kW-Röhren versuchsweise betrieben.

Die Anforderungen an Rundfunksender sind folgende:

1. Geradlinige Frequenzcharakteristik zwischen 30 und 10 000 Hz.
2. Genaue Proportionalität zwischen niederfrequenter Eingangsleistung und hochfrequenter Seitenband-Ausgangsleistung, d. h. geringe nichtlineare Verzerrung. Wenn eine sinusförmige Spannung dem Sender zugeführt wird, so dürfen die durch Nichtlinearität des Senders entstehenden Harmonischen nur 5 % der Grundschwingung ausmachen.
3. Ferner ist man bemüht, das Verhältnis der Nutzleistung zur Störleistung möglichst groß zu machen. Man will das Übertragungsniveau noch weiter über den Störspiegel hinausheben. Das ist der wesentlichste Grund für die Erhöhung der Sendeleistung. Dieselbe Übertragung hat auch dahin geführt, den Grad der Aussteuerung der Sender immer weiter zu steigern und sich der 100 %-Grenze möglichst zu nähern. Man ist der Ansicht, daß es vorteilhafter ist, den Grad der Aussteuerung zu erhöhen als nur etwa zu 50 % auszusteuern. Um gleichwertige Seitenbänder zu erzielen, müßte bei nur 50prozentiger Aussteuerung die Trägeramplitude verdoppelt, die Leistung vervierfacht werden. Durch Übergang zur 100prozentigen Modulation wird ohne Erhöhung der Leistung das Verhältnis von Nutz- zu Geräuschleistung verdoppelt, das für die Reichweite eines Rf-Senders maßgebend ist.
4. Ein anderer wesentlicher Faktor für die Ausnutzung eines Frequenzbandes ist die Konstanz der Frequenz. Man ist der Ansicht, daß mit den heutigen Mitteln der Kristallsteuerung eine Frequenzkonstanz auf ± 50 Hz selbst für den Gleichwellenrundfunk ausreichend und durchführbar ist.
5. An die Oberschwingungenfreiheit der hochfrequenten Trägerwelle stellt man die Forderung, daß die Harmonischen nur 0,5 ‰ der Trägerwelle betragen sollen.

In den amerikanischen Rf-Sendern wird durchweg die Kristallsteuerung verwendet. Moduliert wird in der Regel bei relativ niedrigem Pegel, gewöhnlich in der zweiten oder dritten Stufe der Frequenzvervielfältiger, in denen Röhren von 5, 50 und 250 W aufeinander folgen. Die Niederfrequenz wird gewöhnlich in 2 relativ großen Röhren verstärkt, um jede Verzerrung zu vermeiden; die letzte Niederfrequenzröhre ist z. B. eine 250 W-Röhre. Die Hochfrequenzröhren sind bis etwa zu 750 W als Schirmgitterröhren gebaut. Hinter der Modulationstufe folgen dann gewöhnlich 2 ... 3 im Gegentakt arbeitende Kraftverstärker, von denen die beiden letzten aus wassergekühlten Röhren bestehen. In der letzten Stufe sind es bei einem 50 kW-Sender 6 in Gegentaktschaltung arbeitende Röhren, von denen jede fähig sein muß, eine Spitzenleistung von 50 kW herzugeben. In Schenectady waren versuchsweise zwei 100 kW-Röhren in der letzten Stufe wirksam. Dies sind Röhren mit einer Heizleistung von $33\ V \times 210\ A \approx 7\ kW$, mit einer Anodenspannung von 17 500 V und einem mittleren Anodenstrom von 3 A. Die äußeren Abmessungen sind 1,5 m Höhe, 20 cm Dmr.

Digitized by Google

Die Anodenspannung wird in Amerika fast durchweg über Gleichrichter erzeugt, zum Teil Hochvakuumventile, zum Teil Ventile mit Oxydkathode und Quecksilberdampffüllung. Die Oxydkathodenventile zeichnen sich durch große Lebensdauer aus.

Abb. 7. Antennenanlage für das Kurzwellen-Fernsprechen in Lawrenceville.

In der Rf-Empfängertechnik beherrscht die Schirmgitterröhre das Feld. Diese Röhrenart wird zunächst nur für die Hochfrequenzverstärkung verwendet; für niederfrequente Verstärkung ist die Schirmgitterröhre in Vorbereitung. Angesichts der zunehmenden Einführung der 100-prozentigen Modulation geht man mehr und mehr zu linear wirkenden Detektoren für größere Spannungen über. Noch vor 2 Jahren besaß der marktgängige Rundfunkempfänger einen Detektor mit Gitterableitung und Gitterkondensator. Dieser Empfänger sollte auf Spannungen bis 0,1 V ansprechen. In dem Rf-Empfänger 1929/30 dagegen findet man durchweg Hochleistungsdetektoren mit Gittervorspannung, die befähigt sind, auf Hochfrequenzspannungen bis zu mehreren Volt anzusprechen, ohne Harmonische zu erzeugen, die im ursprünglichen Hochfrequenzsignal nicht vorhanden sind. Die linear wirkenden Detektoren verlangen dagegen eine größere Hochfrequenzverstärkung, die mit Hilfe der Schirmgitterröhren leichter zu erzielen ist als mit den 3 Elektroden-Röhren der älteren Technik.

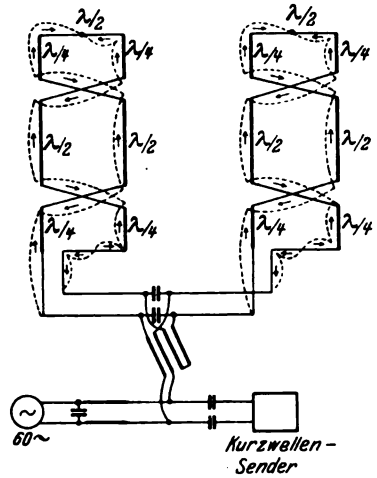


Abb. 8. Grundelement eines Strahlwerfers in Lawrenceville.

Bemerkenswert wäre noch die zunehmende Verwendung von Bandpaßfiltern im Hochfrequenzkreis amerikanischer Rf-Empfänger, wodurch eine größere Störungsfreiheit erzielt wird.

Funktechnik.

Fernsprechen auf Kurzwellen bei der American Telephone and Telegraph Co.

Die ATT hat im vergangenen Sommer die Kurzwellen-Sendestation in Lawrenceville in Betrieb genommen; sie dient zusammen mit der Kurzwellen-Empfangsanlage in Netcong (beide im Staate New Jersey) dem Fernsprechverkehr nach England und nach Südamerika (Buenos Aires).

Antennen. — Die Sendestation Lawrenceville ist für 4 Fernsprechkanäle eingerichtet, davon 3 für den Verkehr mit England und 1 für den Verkehr mit Südamerika. Vorgesehen sind 3 Wellenlängen von etwa 16, 22 und 33 m. Da jeder der 4 Sender auf irgendeiner der 3 Wellenlängen arbeiten sollte, sind insgesamt 12 unabhängige Antennen erforderlich. Jede Antenne wird von 3 Türmen getragen. Für die 3 nach Europa arbeitenden Sender sind unter der genannten Voraussetzung 9 Antennen erforderlich, die in einer zur Übertragungsrichtung senkrecht stehenden Reihe angeordnet sind, mit insgesamt 19 Türmen, die etwa 60 m hoch sind und voneinander je 75 m entfernt stehen (Abb. 7); die Reihe ist also $18 \cdot 75 = 1350$ m lang. Die zweite schräg zur ersten stehende Reihe von 7 Türmen mit der Orientierung nach Südamerika trägt die 3 Antennen für den Verkehr mit Buenos Aires. Die 4 Sender sind auf 2 Gebäude verteilt, die so angeordnet sind, daß jeder Sender möglichst zentral zu seinen 3 Antennen liegt. Diese Anordnung gewährleistet besonders für den Europaverkehr eine große Betriebsicherheit gegen Antennenbruch.

Abb. 9. Kurzwellen-Senderöhre der ATT.

Jede Antenne besteht aus einer Strahler- und einer Reflektorebene, die um ¼ Wellenlänge voneinander entfernt sind. Die Form der von 2 benachbarten Türmen getragenen Antennengebilde wird durch Abb. 8 gekennzeichnet. Mit Rücksicht auf die im östlichen Teil der V. S. Amerika auftretende Eisbildung an Drähten ist die Antenne so eingerichtet, daß sie neben der Hochfrequenz auch von einem 60periodigen Starkstrom (1000 V, 150 A) durchflossen wird, der den Eisansatz beseitigt. Alle Teile der Antenne liegen für die Niederfrequenz in Reihe; die vertikalen Drähte werden jedoch gleichphasig durchlaufen. Die ATT rechnet mit einer Verbesserung der Lautwirkung durch die Verwendung der Richtantenne beim Sender von 2,3 Neper, verglichen mit einem einfachen Dipol ohne ausgesprochene Richtwirkung, was einer Erhöhung der Leistung um das 100fache entspricht.

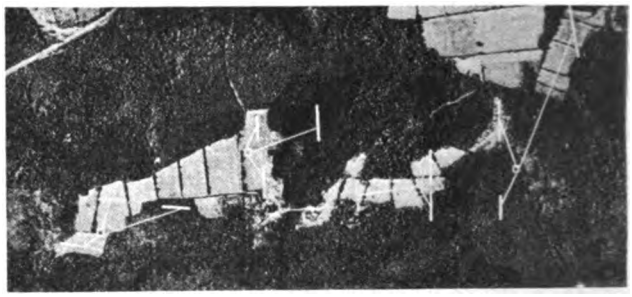


Abb. 10. Räumliche Anordnung der Kurzwellen-Empfangsantennen in Netcong.

Als Speiseleitungen (feeder) zwischen Sender und Antenne werden blanke oberirdische Doppelleitungen mit dem Wellenwiderstand 600 Ω verwendet; an diese werden die Antennen sorgfältig nach Phase und Betrag angepaßt, so daß der Scheinwiderstand der Antennen vom Sender aus gesehen ein reiner ohmscher Widerstand von 600 Ω ist.

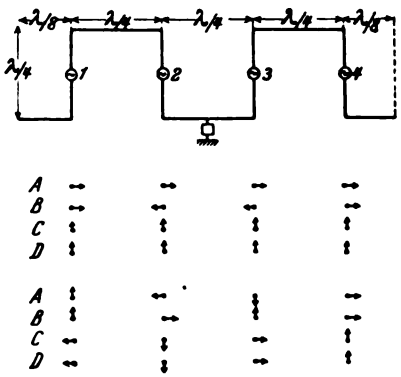


Abb. 11. Antennenform der Kurzwellen-Empfangsanlage in Netcong.

Die Sender sind durchweg kristallgesteuert. In der letzten Stufe des Senders sind sechs 10 kW-Röhren (Abb. 9). Die Heizleistung jeder einzelnen Röhre beträgt 40 A × 24 V, die Anodenspannung ist 10 000 V. Die abgegebene Leistung des Senders beträgt in nicht moduliertem Zustand 15 kW.

Digitized by Google

Bei der gegenwärtigen Art der Modulation, die auch im Rundfunkbetrieb verwendet wird, entspricht dies einer Spitzenleistung von 60 kW bei 100prozentiger Modulation, d. h. ein 15 kW-Telephoniesender dieses Typs könnte bei geeigneter Stromversorgung auf 60 kW als Telegraphiersender gebracht werden. Die Lebensdauer der 10 kW-Röhren beträgt im Mittel 2000 h (1000 h werden von der WEC gewährleistet). Der Anodenstrom wird für jeden Sender aus einem Sechsphasengleichrichter entnommen, bestehend aus 6 Hochvakuum-Ventilröhren. Jeder Sender hat seine eigene Wasserkühlung der Gleichrichterröhren und Senderöhren.

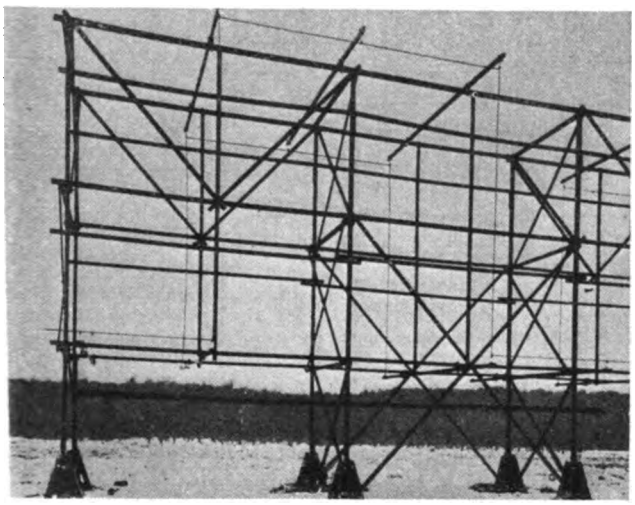


Abb. 12. Trägergestell für die Kurzwellen-Empfangsantennen in Netcong.

Die Kurzwellenempfänger für den Fernsprechverkehr mit England und Südamerika (Buenos Aires) stehen in Netcong (N. J.). Wie in Lawrenceville 4 Sender stehen, die auf jede von 3 Wellenlängen arbeiten, so sind in Netcong gleichfalls 4 Empfänger vorhanden, von denen jeder imstande sein muß, auf eine von 3 Wellenlängen im Bereich von 14 ... 33 m zu empfangen. Abb. 10 stellt die räumliche Anordnung der Antennen und der Empfänger dar. Es sind also 4 Einheiten vorhanden, jede bestehend aus einem Empfänger und 3 Antennen, die auf 3 verschiedene Wellenlängen abgestimmt sind. 3 Empfänger nehmen von England auf, 1 von Südamerika. Die 3 Antennen einer Einheit sind einige 100 m voneinander entfernt, so daß sie einander nicht stören. Jede Antenne wird über eine Röhrenspeiseleitung mit dem Empfänger verbunden. Der Empfänger hat 3 Antennenstromkreise, die an die Antenne und an die Gitter dreier Schutznetz-Hochfrequenzröhren dauernd angekoppelt sind. Der Anodenkreis jeder dieser 3 Röhren kann wahlweise über eine weitere Hochfrequenzstufe mit dem eigentlichen Empfänger verbunden werden.

Abb. 13. Technische Überwachung des transozeanischen Fernsprechverkehrs im Fernamt in New York.

Als Antenne wird eine Richtantenne mit einer Empfangs- und einer Reflektorfläche verwendet. Schematisch dargestellt ist das Antennengebilde in Abb. 11. Der Reflektor ist genau so eingerichtet und steht in einem Abstand von $\lambda/4$ hinter der Empfangsfläche. Jede Antenne hat symmetrisch zum Empfänger nach beiden Seiten je 4 ... 6 Wellenlängen und ist insgesamt 60 ... 120 m lang. Die Antennendrähte sind an einem Holzgestell (Abb. 12) befestigt, das etwa 20 m hoch ist. Die Empfangsantennen in Netcong geben, verglichen mit einer gewöhnlichen Dipolantenne, eine um 1,8 Neper größere Lautstärke.

Bemerkenswert sind die Mittel, die die ATT anwendet, um jegliches Maschinen-Fremdgeräusch vom Empfang fernzuhalten und um die Batteriespannungen konstant zu halten.

Um die von den Lademaschinen oder Gleichrichtern für die Batterien herrührenden Wechselstromkomponenten des Ladestroms von den Verstärkern fernzuhalten, werden wie in Fernsprech- und Verstärkerämtern Starkstromfilter aus Eisendrosselspulen und Aluminiumkondensatoren mit hoher Kapazität zwischen Lademaschinensatz und Batterie oder zwischen Batterie und Verbrauchstromkreis geschaltet. Die Batteriespannung wird durch selbsttätig wirkende Regler auf $\pm$ ¼ V gehalten.

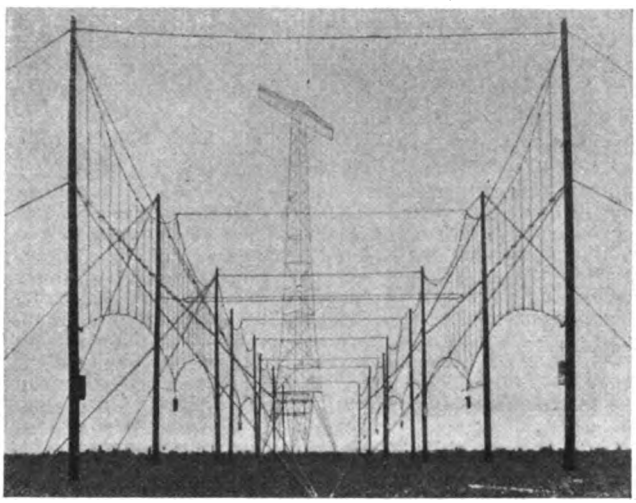


Abb. 14. Strahlwerfer der Radio Corporation in Rocky Point (Long Island).

Die Sende- und Empfangstellen in Lawrenceville und Netcong sind mit dem Fernamt in New York durch Kabelleitungen verbunden. Dort erfolgt die Vereinigung der Sende- und Empfangseinrichtung in einer Gabelschaltung; Rückkopplungs- und Echoeffekte werden durch die schon bekannten doppelseitig wirkenden Rückkopplungsperren unterdrückt, in denen, abweichend von unserer Praxis, mit Relais vom Hören auf Sprechen und umgekehrt umgeschaltet wird. Um die in der Relaisumschaltung begründete Verzögerung der Umschaltung zu kompensieren und damit das Abschneiden der ersten Wortteile zu vermeiden, werden umfangreiche elektrische Verzögerungsketten verwendet, deren Übertragungszeit der durch die Ansprech-Umschaltezeit bedingten Verzögerung angepaßt ist. Neuerdings ist man dazu übergegangen, akustische Verzögerungsglieder in Form von Röhren entsprechender Länge einzuschalten, die weniger Platz beanspruchen als die elektrischen Verzögerungsketten. An der Gabelstelle wird ferner die Lautstärke beider Übertragungsrichtungen von Hand so gleichmäßig wie möglich erhalten. Die Arbeitsplätze sind deshalb mit Lautstärkeanzeigern und Reglungsvorrichtungen ausgerüstet. Ferner verfügen diese Stellen über Übertragungsmeßgeräte, für die neuerdings Überlagerungsummer mit weitem Frequenzbereich verwendet werden. Abb. 13 gestattet einen Blick in die Technische Stelle für den transozeanischen Sprechverkehr. Ähnliche Einrichtungen zur Überwachung der Vorgänge in den Sprechwegen sind auch in Lawrenceville und Netcong getroffen worden.

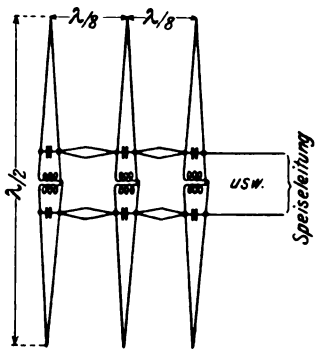


Abb. 15. Grundelemente der Strahlwerfer der Radio Corp. in Rocky Point.

Während die für Fernsprechzwecke benutzten Antennen der ATT ziemlich umfangreich sind und z. T. von hohen Stahltürmen getragen werden, sind die im Telegraphenbetrieb der Radio Corporation einfacher gebaut; insbesondere ist die Bauart der Empfangsantennen dieser Gesellschaft bemerkenswert. Die Sendeantennen in Rocky Point (Abb. 14) sind an 10 ... 20 m hohen Holzstangen befestigt; sie bestehen aus 2 Reihen von senkrecht ausge-

Digitized by Google

spannten Dipolen (Abb. 15). Die eine Reihe ist der Strahler, die andere in $^{3}/_{4}\lambda$ von der Strahlerebene stehende zweite Reihe ist der Reflektor. Jede Reihe besteht aus 1, 2 oder 4 Buchten, von denen jede eine Länge hat, die gleich 3 Wellenlängen ist. Die Anzahl der in jeder Bucht liegenden senkrechten Dipole und die Anzahl der Buchten sind maßgebend für die Richtfähigkeit der Antenne und für die mit ihr erreichbare Telegraphiergeschwindigkeit. Neueren Mitteilungen zufolge nimmt die Telegraphiergeschwindigkeit für eine bestimmte Antennenleistung, z. B. 20 kW, von 25 Wörter/min für eine Antenne ohne Richtwirkung auf 95, 125 und 155 Wörter/min zu, wenn eine 1buchtige, eine 2buchtige oder 4buchtige Antennne verwendet wird

Die Empfangsantennen in Riverhead sind in etwa 15 m Höhe über dem von allem Strauchwerk befreiten Erdboden ausgespannte fischgrätenartige Antennen (Abb. 16). Es sind Wellenantennen nach B e v e r a g e mit zahlreichen an die Beverage-Schleife angesetzten kleinen Antennen. Die Schleife ist in der Empfangsrichtung orientiert. Die Abstimmung der Antennen ist nicht scharf, so daß sie für verschiedene Wellenlängen, die aus derselben Richtung kommen, benutzt werden können. Drei solche Antennen sind in den Eckpunkten eines gleichseitigen Dreiecks mit der Seitenlänge 300 m angeordnet. Diese Anordnung ist gewählt worden aus der Erkenntnis heraus, daß die Fading-Erscheinungen sich schon bei in verhältnismäßig geringer Entfernung aufgestellten Antennen zeitlich verschieden bemerkbar machen. Jede Antenne hat ihren eigenen Empfänger; erst an der Gleichstromseite der Empfänger erfolgt die Zusammenschaltung. Diese Anordnung ermöglicht einen fast fadingfreien Telegraphierempfang. Während in jedem Einzelempfänger Fading-Erscheinungen wahrnehmbar sind, fehlen sie fast ganz in der Zusammenschaltung. Leider versagt dieses Empfangsprinzip beim Empfang von fernsprechmodulierten Kurzwellen. Auch in Riverhead werden anstatt der Röhren-Speiseleitungen zwischen Antenne und Empfänger oberirdische kapazitiv sorgfältig ausgeglichene Leitungen an Glasisolatoren verwendet, u. zw. 4 Drähte in Sternform angeordnet mit senkrecht sich

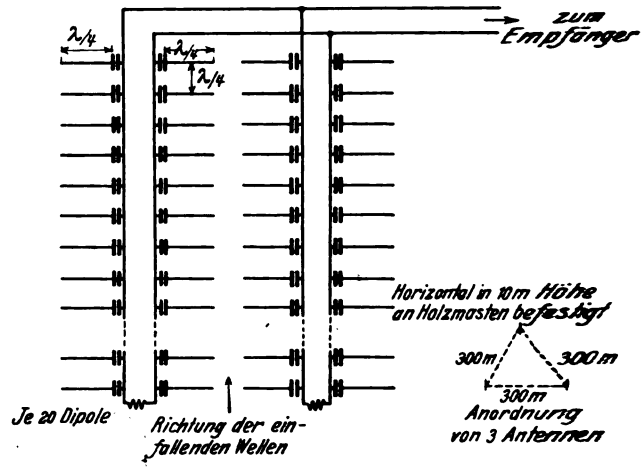


Abb. 16. Kurzwellen-Empfangsantenne der Radio Corp. in Riverhead (Long Island).

schneidenden Ebenen der für die Hinleitung und für die Rückführung benutzten Drahtpaare; diese Anordnung verhindert das Entstehen eines äußeren elektromagnetischen Feldes.

Beitrag zur Berechnung der stationären Erwärmung von Transformatorspulen.

Von G. Ghisler, Berlin.

Übersicht. Es werden Formeln entwickelt zur Berechnung der stationären Erwärmung von Flachdrahtspulen bei Öltransformatoren unter Berücksichtigung der Spulen-Stirnfläche. Der Einfluß der Stirnfläche wird in einfacher Weise graphisch in Abhängigkeit von verschiedenen Spulenabmessungen dargestellt.

1. Einleitung.

Die üblichen Berechnungen der stationären Erwärmung von Transformatorspulen stützen sich im allgemeinen auf die Annahme, daß eine Wärmeabgabe der Spule an das Kühlmittel auf der Stirnfläche der Spule nicht stattfindet[1], da die Stirnfläche relativ schmal ist (siehe Abb. 1 und 2). Bei verhältnismäßig größerer Stirnfläche wird zunächst auch in der üblichen Weise gerechnet und der sich ergebende mittlere Wärmesprung des Wicklungskupfers über Öl sodann in dem Maße reduziert[1], wie sich die Kühlfläche durch die Stirnfläche vergrößert.

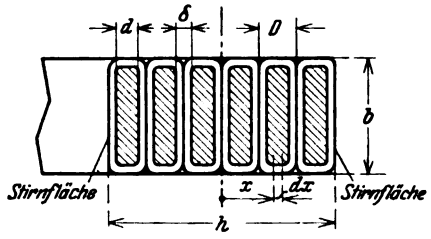


Abb. 1.

In der folgenden Entwicklung wird dieses angenäherte Berechnungsverfahren für Flachdrahtspulen verlassen und der Einfluß der Stirnfläche für die einfachsten Formen von Flachdrahtspulen, wie sie in Abb. 1 und 2 dargestellt sind, untersucht. Bei Abb. 1 handelt es sich um eine kreisrunde scheibenförmige Spule, die auf allen Seiten vom Öl benetzt ist. In Abb. 2 sind immer zwei Spulen durch eine Isolationscheibe getrennt und zu einer Spuleneinheit zusammengefaßt. Die Spulenformen der Abb. 1 und 2 bilden die Grundlage für die folgende Theorie der inneren Wärmeleitung einer Flachdrahtspule.

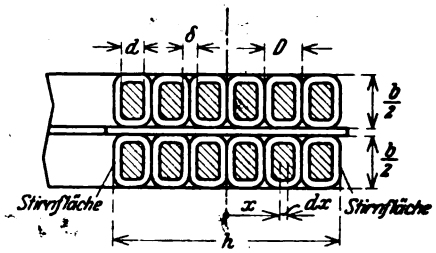


Abb. 2.

Theorie der inneren Wärmeleitung einer Flachdrahtspule.

Betrachtet man ein in der Entfernung x von der heißesten Zone befindliches Volumenelement $dv = b\,l\,dx$ (Abb. 1 u. 2), so ist die Änderung des Wärmestromes in Richtung x

$$dW_x = b\,l\,dx \cdot \gamma\,V - 2\,l\,dx \cdot \varkappa\,\vartheta_x; \quad \ldots \quad (1)$$

hierin bedeuten:

- γ spez. Gewicht der Spule einschließlich Isolation in g/cm³,
- V Verluste, auf die Gewichtseinheit bezogen, in Watt/g,
- ϑ_x Wärmesprung des Volumenelementes über Öl in °C,
- $\varkappa$ Wärmedurchgangszahl[2] in Watt auf 1 ° und 1 cm² bezogen,
- l mittlere Windungslänge in cm,
- b Drahtbreite einschließlich Isolation in cm.

[1] R. Küchler, ETZ 1923, S. 57.

[2] Vgl. Hütte Bd. 1, 22. Aufl., S. 385.

Digitized by Google

In Gl. (1) stellt $b\,l\,\mathrm{d}x \cdot \gamma V$ den im Volumenelement entwickelten Verlust und $2\,l\,\mathrm{d}x \cdot \varkappa\,\vartheta_x$ den durch die Oberfläche $2\,l\,\mathrm{d}x$ an das Öl abgegebenen Verlust dar. Der totale Wärmestrom in Richtung x ist

$$W_x = -\lambda \frac{\mathrm{d}\vartheta_x}{\mathrm{d}x}\, b\, l; \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

λ in Watt auf 1° und 1 cm bezogen bedeutet die Wärmeleitzahl des Spulenpaketes in Richtung x. Aus Gl. (2) folgt

$$\mathrm{d}\,W_x = -\lambda \frac{\mathrm{d}^2\vartheta_x}{\mathrm{d}x^2}\, b\, l\, \mathrm{d}x \ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

Gl. (1) und (3) kombiniert ergibt eine Differentialgleichung zweiter Ordnung mit einer Konstanten als Störungsfunktion[3]:

$$(-\lambda b)\frac{\mathrm{d}^2\vartheta_x}{\mathrm{d}x^2} + (2\varkappa)\,\vartheta_x = b\,\gamma\,V = \text{konst.} \quad \ldots \quad (4)$$

Die Lösung ist

$$\vartheta_x = \frac{b\,\gamma\,V}{2\varkappa}\left\{1 - c_1 \mathfrak{Cof}\sqrt{\frac{2\varkappa}{\lambda b}}\,(x - c_2)\right\}. \quad \ldots \quad (5)$$

Die Integrationskonstanten ergeben sich folgendermaßen aus den Grenzbedingungen:

Da die Temperatur in der Spulenmitte für $x = 0$ ein Maximum erreicht, so ist

$$\frac{\mathrm{d}\vartheta_x}{\mathrm{d}x} = 0$$

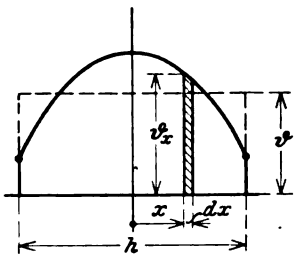


Abb. 3.

und mithin nach Differentiation von Gl. (5)

$$c_2 = 0.$$

Ferner muß das Temperaturgefälle an den Stirnflächen, also für $x = h/2$, der Wärmeabgabe der Stirnflächen entsprechen. Es ist also

$$-\lambda \frac{\mathrm{d}\vartheta_x}{\mathrm{d}x}\, b\, l = \varkappa\,\vartheta_x\, b\, l$$

oder

$$-\lambda \frac{\mathrm{d}\vartheta_x}{\mathrm{d}x} = \varkappa\,\vartheta_x.$$

Man setzt die Werte von $\frac{\mathrm{d}\vartheta_x}{\mathrm{d}x}$ und ϑ_x entsprechend Gl. (5) ein und erhält

$$c_1 = \frac{1}{\sqrt{\frac{2\lambda}{\varkappa b}}\,\mathfrak{Sin}\sqrt{\frac{2\varkappa}{\lambda b}}\,\frac{h}{2} + \mathfrak{Cof}\sqrt{\frac{2\varkappa}{\lambda b}}\,\frac{h}{2}}, \quad \ldots \quad (6)$$

wobei h die Spulenhöhe darstellt (Abb. 1 u. 2). Berücksichtigt man ferner, daß

$$\frac{b\,\gamma\,V}{2\varkappa} = \frac{b\,h\,l\,\gamma\,V}{2\,h\,l\,\varkappa}$$

ist, so stellt $b\,h\,l\,\gamma\,V = W$ den Verlust in Watt und $2\,h\,l = F$ die Spulenkühlfläche abzüglich Stirnfläche in cm² dar. Es ist also

$$\frac{b\,\gamma\,V}{2\varkappa} = \frac{W}{F}\,\frac{1}{\varkappa} = \frac{w}{\varkappa}.$$

$w = W/F$ ist der übliche als Wärmestromdichte oder Flächenbelastung bekannte Faktor in Watt/cm². Gl. (5) nimmt also die Form an:

$$\vartheta_x = \frac{w}{\varkappa}\left\{1 - c_1 \mathfrak{Cof}\sqrt{\frac{2\varkappa}{\lambda b}}\,x\right\}. \quad \ldots \quad (7)$$

Gl. (7) ermöglicht die Berechnung des Temperaturverlaufs von Lage zu Lage, was den Praktiker wohl nur in seltenen Fällen interessiert und durch Versuche nur mit Hilfe von eingebauten Thermoelementen nachgeprüft werden kann. Da bei Erwärmungsversuchen die Messung der Erwärmung der Spulen durch das Widerstandsverfahren durchgeführt wird und mithin Mittelwerte gemessen werden, so dürfte eine Formel, die den Mittelwert ϑ angibt, mehr interessieren. Nach Abb. 3 ist

$$\vartheta = \frac{2}{h}\int_0^{h/2} \vartheta_x\, \mathrm{d}x. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (8)$$

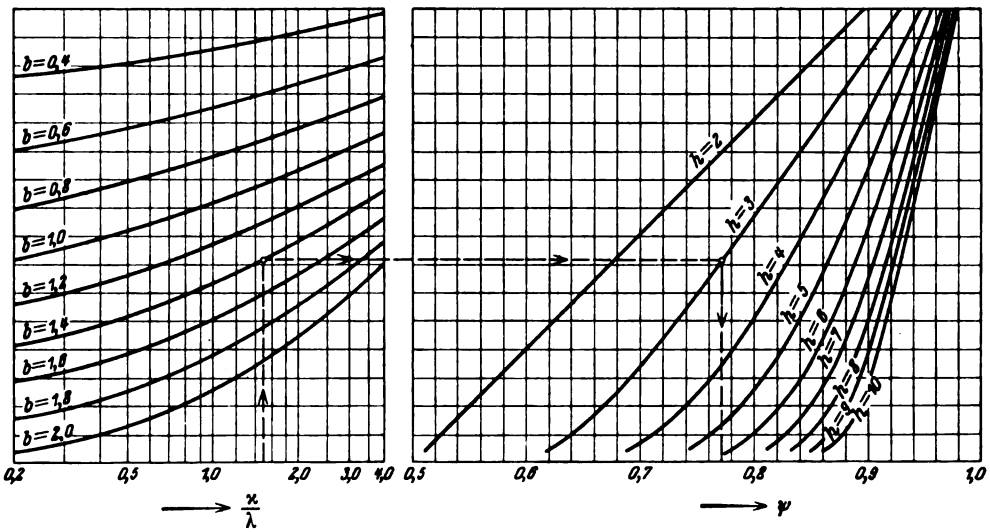


Abb. 4.

Durch Substitution von ϑ_x aus Gl. (7) und durch Integration findet man

$$\vartheta = \frac{w}{\varkappa}\left\{1 - \frac{c_1}{\sqrt{\frac{2\varkappa}{\lambda b}}\,\frac{h}{2}}\,\mathfrak{Sin}\sqrt{\frac{2\varkappa}{\lambda b}}\,\frac{h}{2}\right\}; \quad \ldots \quad (9)$$

c_1 ist entsprechend Gl. (6) einzusetzen. Der Klammerausdruck von Gl. (9) ist ein Maß für den Einfluß der Stirnfläche auf den mittleren Wärmesprung und sei mit ψ bezeichnet. Mithin ist

$$\vartheta = \frac{w}{\varkappa}\,\psi. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (10)$$

Abb. 4 stellt in Kurvenscharen den Faktor ψ in Funktion von $\varkappa/\lambda$, h, b dar. Die Kurvenscharen links wurden dadurch bestimmt, daß für $h = 2$ = konstant und für $b = 0{,}4$, 0,6, 0,8, ..., 2,0 der Faktor ψ als Ordinate in Abhängigkeit von verschiedenen Abszissenwerten $\varkappa/\lambda$ aufgetragen wurde. Die Kurvenscharen rechts ergaben sich dadurch, daß ψ (diesmal als Abszisse) für $h = 2, 3, 4, \ldots, 10$ aufgetragen wurde. Ein Zahlenbeispiel am Ende wird den Gebrauch der Tafel noch näher erläutern.

3. Bestimmung der Wärmedurchgangszahl $\varkappa$.

Die Wärmedurchgangszahl[4] $\varkappa$ errechnet sich aus

$$\varkappa = \frac{1}{\frac{1}{\alpha} + \frac{\delta}{2\lambda_i}}; \quad \ldots\ldots\ldots \quad (11)$$

[3] Ähnliche Entwicklung wie bei Schwarz, Die Theorie des Kühlblechs. Seine Anwendung und Bedeutung für den Trockentransformator (IV. Die Kühlung des Eisenkerns). El. u. Maschinenb. Bd. 41, S. 467 (1923).

[4] Siehe Fußnote 2.

Digitized by Google

spannten Dipolen (Abb. 15). Die eine Reihe ist der Strahler, die andere in $^6/_4\lambda$ von der Strahlerebene stehende zweite Reihe ist der Reflektor. Jede Reihe besteht aus 1, 2 oder 4 Buchten, von denen jede eine Länge hat, die gleich 3 Wellenlängen ist. Die Anzahl der in jeder Bucht liegenden senkrechten Dipole und die Anzahl der Buchten sind maßgebend für die Richtfähigkeit der Antenne und für die mit ihr erreichbare Telegraphiergeschwindigkeit. Neueren Mitteilungen zufolge nimmt die Telegraphiergeschwindigkeit für eine bestimmte Antennenleistung, z. B. 20 kW, von 25 Wörter/min für eine Antenne ohne Richtwirkung auf 95, 125 und 155 Wörter/min zu, wenn eine 1buchtige, eine 2buchtige oder 4buchtige Antennne verwendet wird

Die Empfangsantennen in Riverhead sind in etwa 15 m Höhe über dem von allem Strauchwerk befreiten Erdboden ausgespannte fischgrätenartige Antennen (Abb. 16). Es sind Wellenantennen nach B e v e r a g e mit zahlreichen an die Beverage-Schleife angesetzten kleinen Antennen. Die Schleife ist in der Empfangsrichtung orientiert. Die Abstimmung der Antennen ist nicht scharf, so daß sie für verschiedene Wellenlängen, die aus derselben Richtung kommen, benutzt werden können. Drei solche Antennen sind in den Eckpunkten eines gleichseitigen Dreiecks mit der Seitenlänge 300 m angeordnet. Diese Anordnung ist gewählt worden aus der Erkenntnis heraus, daß die Fading-Erscheinungen sich schon bei in verhältnismäßig geringer Entfernung aufgestellten Antennen zeitlich verschieden bemerkbar machen. Jede Antenne hat ihren eigenen Empfänger; erst an der Gleichstromseite der Empfänger erfolgt die Zusammenschaltung. Diese Anordnung ermöglicht einen fast fadingfreien Telegraphierempfang. Während in jedem Einzelempfänger Fading-Erscheinungen wahrnehmbar sind, fehlen sie fast ganz in der Zusammenschaltung. Leider versagt dieses Empfangsprinzip beim Empfang von fernsprechmodulierten Kurzwellen. Auch in Riverhead werden anstatt der Röhren-Speiseleitungen zwischen Antenne und Empfänger oberirdische kapazitiv sorgfältig ausgeglichene Leitungen an Glasisolatoren verwendet, u. zw. 4 Drähte in Sternform angeordnet mit senkrecht sich

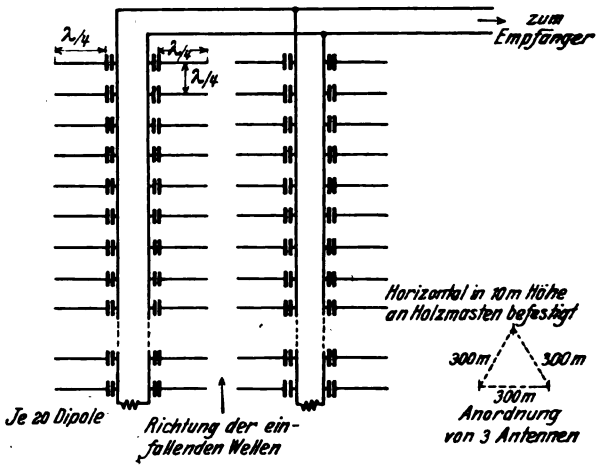


Abb. 16. Kurzwellen-Empfangsantenne der Radio Corp. in Riverhead (Long Island).

schneidenden Ebenen der für die Hinleitung und für die Rückführung benutzten Drahtpaare; diese Anordnung verhindert das Entstehen eines äußeren elektromagnetischen Feldes.

Beitrag zur Berechnung der stationären Erwärmung von Transformatorspulen.

Von G. Ghisler, Berlin.

Übersicht. Es werden Formeln entwickelt zur Berechnung der stationären Erwärmung von Flachdrahtspulen bei Öltransformatoren unter Berücksichtigung der Spulen-Stirnfläche. Der Einfluß der Stirnfläche wird in einfacher Weise graphisch in Abhängigkeit von verschiedenen Spulenabmessungen dargestellt.

1. Einleitung.

Die üblichen Berechnungen der stationären Erwärmung von Transformatorspulen stützen sich im allgemeinen auf die Annahme, daß eine Wärmeabgabe der Spule an das Kühlmittel auf der Stirnfläche der Spule nicht stattfindet[1], da die Stirnfläche relativ schmal ist (siehe Abb. 1 und 2). Bei verhältnismäßig größerer Stirnfläche wird zunächst auch in der üblichen Weise gerechnet und der sich ergebende mittlere Wärmesprung des Wicklungskupfers über Öl sodann in dem Maße reduziert[1], wie sich die Kühlfläche durch die Stirnfläche vergrößert.

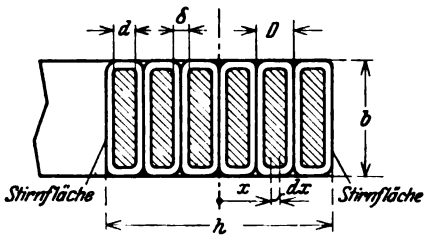


Abb. 1.

In der folgenden Entwicklung wird dieses angenäherte Berechnungsverfahren für Flachdrahtspulen verlassen und der Einfluß der Stirnfläche für die einfachsten Formen von Flachdrahtspulen, wie sie in Abb. 1 und 2 dargestellt sind, untersucht. Bei Abb. 1 handelt es sich um eine kreisrunde scheibenförmige Spule, die auf allen Seiten vom Öl benetzt ist. In Abb. 2 sind immer zwei Spulen durch eine Isolationscheibe getrennt und zu einer Spuleneinheit zusammengefaßt. Die Spulenformen der Abb. 1 und 2 bilden die Grundlage für die folgende Theorie der inneren Wärmeleitung einer Flachdrahtspule.

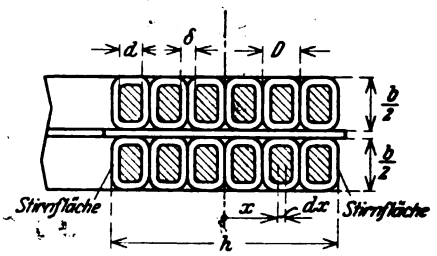


Abb. 2.

2. Theorie der inneren Wärmeleitung einer Flachdrahtspule.

Betrachtet man ein in der Entfernung x von der heißesten Zone befindliches Volumenelement $dv = b\,l\,dx$ (Abb. 1 u. 2), so ist die Änderung des Wärmestromes in Richtung x

$$dW_x = b\,l\,dx \cdot \gamma\,V - 2\,l\,dx \cdot \varkappa\,\vartheta_x; \quad \ldots \quad (1)$$

hierin bedeuten:

- γ spez. Gewicht der Spule einschließlich Isolation in g/cm³,
- V Verluste, auf die Gewichtseinheit bezogen, in Watt/g,
- ϑ_x Wärmesprung des Volumenelementes über Öl in ° C,
- $\varkappa$ Wärmedurchgangszahl[2] in Watt auf 1 ° und 1 cm² bezogen,
- l mittlere Windungslänge in cm,
- b Drahtbreite einschließlich Isolation in cm.

[1] R. Küchler, ETZ 1923, S. 57.

[2] Vgl. Hütte Bd. 1, 22. Aufl., S. 385.

Digitized by Google

In Gl. (1) stellt $b\,l\,\mathrm{d}x \cdot \gamma V$ den im Volumenelement entwickelten Verlust und $2\,l\,\mathrm{d}x \cdot \varkappa\,\vartheta_x$ den durch die Oberfläche $2\,l\,\mathrm{d}x$ an das Öl abgegebenen Verlust dar. Der totale Wärmestrom in Richtung x ist

$$W_x = -\lambda \frac{\mathrm{d}\vartheta_x}{\mathrm{d}x} b\,l; \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

λ in Watt auf 1° und 1 cm bezogen bedeutet die Wärmeleitzahl des Spulenpaketes in Richtung x. Aus Gl. (2) folgt

$$\mathrm{d}\,W_x = -\lambda \frac{\mathrm{d}^2\vartheta_x}{\mathrm{d}x^2} b\,l\,\mathrm{d}x \ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

Gl. (1) und (3) kombiniert ergibt eine Differentialgleichung zweiter Ordnung mit einer Konstanten als Störungsfunktion[3]:

$$(-\lambda\,b)\frac{\mathrm{d}^2\vartheta_x}{\mathrm{d}x^2} + (2\varkappa)\,\vartheta_x = b\,\gamma\,V = \text{konst.} \quad \ldots \quad (4)$$

Die Lösung ist

$$\vartheta_x = \frac{b\,\gamma\,V}{2\varkappa}\left\{1 - c_1 \mathfrak{Cof}\sqrt{\frac{2\varkappa}{\lambda\,b}}(x - c_2)\right\}. \quad \ldots \quad (5)$$

Die Integrationskonstanten ergeben sich folgendermaßen aus den Grenzbedingungen:

Da die Temperatur in der Spulenmitte für $x = 0$ ein Maximum erreicht, so ist

$$\frac{\mathrm{d}\vartheta_x}{\mathrm{d}x} = 0$$

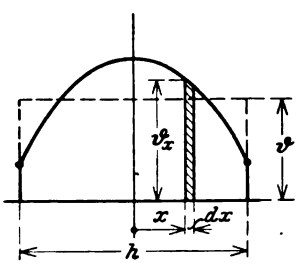


Abb. 8.

und mithin nach Differentiation von Gl. (5)

$$c_2 = 0.$$

Ferner muß das Temperaturgefälle an den Stirnflächen, also für $x = h/2$, der Wärmeabgabe der Stirnflächen entsprechen. Es ist also

$$-\lambda \frac{\mathrm{d}\vartheta_x}{\mathrm{d}x} b\,l = \varkappa\,\vartheta_x\,b\,l$$

oder

$$-\lambda \frac{\mathrm{d}\vartheta_x}{\mathrm{d}x} = \varkappa\,\vartheta_x.$$

Man setzt die Werte von $\frac{\mathrm{d}\vartheta_x}{\mathrm{d}x}$ und ϑ_x entsprechend Gl. (5) ein und erhält

$$c_1 = \frac{1}{\sqrt{\frac{2\lambda}{\varkappa b}}\,\mathfrak{Sin}\sqrt{\frac{2\varkappa}{\lambda b}}\frac{h}{2} + \mathfrak{Cof}\sqrt{\frac{2\varkappa}{\lambda b}}\frac{h}{2}}, \quad \ldots \quad (6)$$

wobei h die Spulenhöhe darstellt (Abb. 1 u. 2). Berücksichtigt man ferner, daß

$$\frac{b\,\gamma\,V}{2\varkappa} = \frac{b\,h\,l\,\gamma\,V}{2\,h\,l\,\varkappa}$$

ist, so stellt $b\,h\,l\,\gamma\,V = W$ den Verlust in Watt und $2\,h\,l = F$ die Spulenkühlfläche abzüglich Stirnfläche in cm² dar. Es ist also

$$\frac{b\,\gamma\,V}{2\varkappa} = \frac{W}{F}\frac{1}{\varkappa} = \frac{w}{\varkappa}.$$

$w = W/F$ ist der übliche als Wärmestromdichte oder Flächenbelastung bekannte Faktor in Watt/cm². Gl. (5) nimmt also die Form an:

$$\vartheta_x = \frac{w}{\varkappa}\left\{1 - c_1\,\mathfrak{Cof}\sqrt{\frac{2\varkappa}{\lambda b}}\,x\right\}. \quad \ldots\ldots \quad (7)$$

Gl. (7) ermöglicht die Berechnung des Temperaturverlaufs von Lage zu Lage, was den Praktiker wohl nur in seltenen Fällen interessiert und durch Versuche nur mit Hilfe von eingebauten Thermoelementen nachgeprüft werden kann. Da bei Erwärmungsversuchen die Messung der Erwärmung der Spulen durch das Widerstandsverfahren durchgeführt wird und mithin Mittelwerte gemessen werden, so dürfte eine Formel, die den Mittelwert ϑ angibt, mehr interessieren. Nach Abb. 3 ist

$$\vartheta = \frac{2}{h}\int_0^{h/2} \vartheta_x\,\mathrm{d}x. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (8)$$

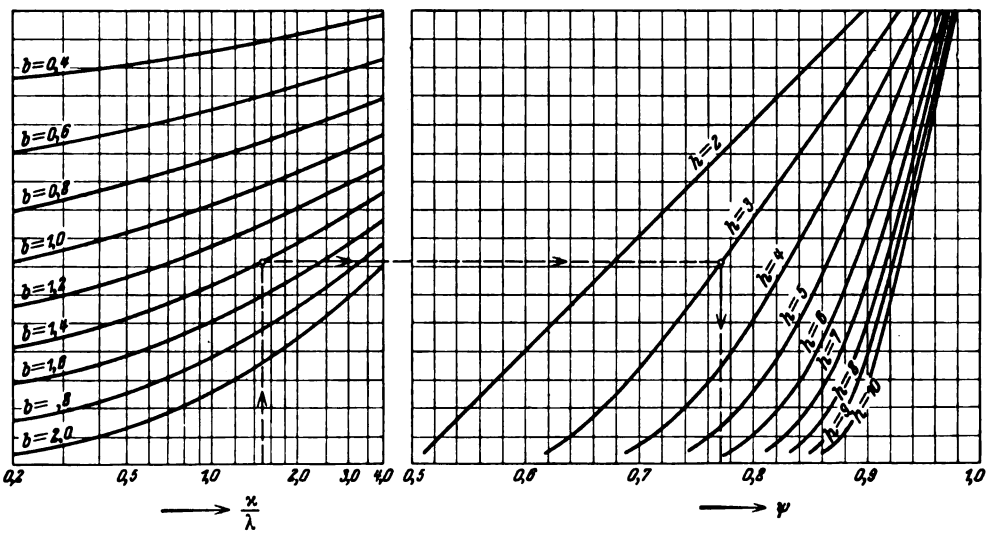


Abb. 4.

Durch Substitution von ϑ_x aus Gl. (7) und durch Integration findet man

$$\vartheta = \frac{w}{\varkappa}\left\{1 - \frac{c_1}{\sqrt{\frac{2\varkappa}{\lambda b}}\frac{h}{2}}\,\mathfrak{Sin}\sqrt{\frac{2\varkappa}{\lambda b}}\frac{h}{2}\right\}; \quad \ldots \quad (9)$$

c_1 ist entsprechend Gl. (6) einzusetzen. Der Klammerausdruck von Gl. (9) ist ein Maß für den Einfluß der Stirnfläche auf den mittleren Wärmesprung und sei mit ψ bezeichnet. Mithin ist

$$\vartheta = \frac{w}{\varkappa}\psi. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (10)$$

Abb. 4 stellt in Kurvenscharen den Faktor ψ in Funktion von $\varkappa/\lambda$, h, b dar. Die Kurvenscharen links wurden dadurch bestimmt, daß für $h = 2$ = konstant und für $b = 0{,}4$, 0,6, 0,8, ..., 2,0 der Faktor ψ als Ordinate in Abhängigkeit von verschiedenen Abszissenwerten $\varkappa/\lambda$ aufgetragen wurde. Die Kurvenscharen rechts ergaben sich dadurch, daß ψ (diesmal als Abszisse) für $h = 2, 3, 4, \ldots, 10$ aufgetragen wurde. Ein Zahlenbeispiel am Ende wird den Gebrauch der Tafel noch näher erläutern.

3. Bestimmung der Wärmedurchgangszahl $\varkappa$.

Die Wärmedurchgangszahl[4] $\varkappa$ errechnet sich aus

$$\varkappa = \frac{1}{\frac{1}{\alpha} + \frac{\delta}{2\lambda_i}}; \quad \ldots\ldots\ldots \quad (11)$$

[3] Ähnliche Entwicklung wie bei Schwarz, Die Theorie des Kühlblechs. Seine Anwendung und Bedeutung für den Trockentransformator (IV. Die Kühlung des Eisenkerns). El. u. Maschinenb. Bd. 41, S. 467 (1923).

[4] Siehe Fußnote 2.

Digitized by Google

hierin bedeuten:

- α Wärmeübergangszahl des Öles in Watt, auf 1° und 1 cm² bezogen,
- λ_i Wärmeleitzahl der Drahtisolation in Watt, auf 1° und 1 cm bezogen,
- δ gesamter Isolationsauftrag in cm (siehe Abb. 1 u. 2).

Nach einer kleinen für die Rechnung bequemeren Umformung ist

$$\varkappa = \frac{2\lambda_i}{\frac{2\lambda_i}{\alpha} + \delta}. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (12)$$

$\alpha = 0{,}009$ W für 1° und 1 cm² und $\lambda_i = 0{,}0015$ W für 1° und 1 cm können als zuverlässige Erfahrungszahlen[5] gelten. Folglich ist

$$\varkappa = \frac{0{,}003}{0{,}333 + \delta}. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (13)$$

Der nachstehenden Zahlentafel ist der Wert $\varkappa$ für verschiedene Isolationsaufträge zu entnehmen.

δ in cm . . .	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	0.24	0.28	0.32	0.36	0.40	0.44	0.48	0.52
$\varkappa$ in Watt für 1° und 1 cm²	0.007 65	0.007 25	0.006 95	0.006 65	0.006 35	0.006 10	0.005 85	0.005 65	0.005 25	0.004 90	0.004 60	0.004 35	0.004 10	0.003 90	0.003 70	0.003 50

4. Bestimmung der Wärmeleitzahl λ.

Da der gesamte Wärmewiderstand in Richtung x gleich der Summe der einzelnen Wärmewiderstände in Richtung x ist, so ist die Wärmeleitzahl λ des Spulenpaketes in Richtung x durch folgende Gleichung gegeben:

$$\frac{D}{\lambda} = \frac{d}{\lambda_k} + \frac{\delta}{\lambda_i}; \quad \ldots\ldots\ldots \quad (14)$$

hierin bedeuten:

- D Drahtdicke einschließlich Isolation in cm,
- d blanke Drahtdicke in cm (s. Abb. 1 u. 2),
- λ_k Wärmeleitzahl des Kupfers in Watt für 1° und 1 cm.

Da λ_k 2000mal größer ist als λ_i, so kann d/λ_k vernachlässigt werden. Folglich ist

$$\lambda = \lambda_i \frac{D}{\delta}; \quad \ldots\ldots\ldots \quad (15)$$

wird wieder $\lambda_i = 0{,}0015$ W für 1° und 1 cm gesetzt, so folgt

$$\lambda = 0{,}0015 \frac{D}{\delta}. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (16)$$

5. Bestimmung der Flächenbelastung w.

Aus der Entwicklung von Gl. (9) geht wie gesagt hervor, daß nur der Klammerausdruck ein Maß für den Einfluß der Stirnfläche ist. Die Flächenbelastung w bestimmt sich durch die Spulenkühlfläche $F = 2hl$, also abzüglich Stirnfläche. Es genügt daher, wenn man für die folgenden Betrachtungen nur einen Draht der Spule herausgreift. Die Kühlfläche in cm² für 1 cm mittlere Windungslänge ist dann für den Fall der Abb. 1:

$$F = 2D\beta;$$

hierin bedeutet β den Abdeckungsfaktor.

Die im Kupferdraht für 1 cm mittlere Windungslänge erzeugten Verluste sind in CGS-Einheiten:

$$W = I^2 R = q^2 \sigma^2 \varrho \frac{1}{q} = \varrho q \sigma^2.$$

Werden jedoch

- ϱ, der elektrische Widerstand des Kupfers, in Ohm für 1 m Länge und 1 mm² Querschnitt,
- q, der blanke Drahtquerschnitt, in mm²,
- σ, die mittlere Stromdichte, in A/mm²

ausgedrückt, so ist

$$W = \varrho q \sigma^2 . 10^{-2} \text{ Watt}.$$

[5] Nach Erfahrungen der AEG-Transformatorenfabrik.

Im betriebswarmen Zustande, also nach R. E. T./1930 bei 75°, ist[6] $\varrho = 0{,}0216\ \Omega$ für 1 m Länge und 1 mm² Querschnitt. Mithin ist

$$W = 2{,}16\, q \sigma^2 . 10^{-4} \text{ Watt}.$$

Für die Flächenbelastung in W/cm² folgt also:

$$w = 1{,}08 \frac{q\sigma^2}{D\beta} . 10^{-4}. \quad \ldots\ldots \quad (17)$$

$\beta = 0{,}75$ kann für Spulen nach Abb. 1 und 2 als zuverlässige Durchschnittszahl gelten. Mithin ist

$$w = 1{,}44 \frac{q\sigma^2}{D} . 10^{-4} [\text{W/cm}^2]. \quad \ldots \quad (18)$$

Für den Fall der Abb. 2 ist, da in diesem Falle $F = D\beta$ ist,

$$w = 2{,}88 \frac{q\sigma^2}{D} . 10^{-4} [\text{W/cm}^2]. \quad \ldots \quad (19)$$

6. Zahlenbeispiel.

Als Beispiel soll eine Spule mit sechs Lagen nach Abb. 1 behandelt werden. Der Draht habe folgende Abmessungen:

$0{,}3 \times 1{,}2$ cm blank,

$0{,}5 \times 1{,}4$ cm isoliert.

Mithin ist

Drahtdicke einschließlich Isolation $D = 0{,}5$ cm,
gesamter Isolationsauftrag $\delta = 0{,}2$ cm,
blanker Drahtquerschnitt $q = 36$ mm²,
Drahtbreite einschließlich Isolation $b = 1{,}4$ cm

Da die Lagenzahl 6 ist, so folgt die Spulenhöhe zu $h = 6 \cdot 0{,}5 = 3{,}0$ cm. Die Stromdichte sei zu $\sigma = 4{,}03$ A/mm² angenommen.

Nach Gl. (18) ist dann

$$w = 1{,}44 . \frac{36 . 4{,}03^2}{0{,}5} . 10^{-4}$$

$$\underline{w = 0{,}169 \text{ W/cm}^2}.$$

Aus der Zahlentafel ist für $\delta = 0{,}2$ cm

$$\underline{\varkappa = 0{,}005\,65 \text{ W für } 1° \text{ und } 1 \text{ cm}^2}$$

zu entnehmen. Nach Gl. (16) ist

$$\lambda = 0{,}0015 . \frac{0{,}5}{0{,}2} = 0{,}003\,75 \text{ W für } 1° \text{ und } 1 \text{ cm},$$

das Verhältnis

$$\frac{\varkappa}{\lambda} = \frac{0{,}005\,65}{0{,}003\,75} = 1{,}5.$$

Aus den Kurvenscharen der Abb. 4 folgt also für $b = 1{,}4$ und für $h = 3{,}0$ (siehe gestrichelte Linie)

$$\underline{\psi = 0{,}77}.$$

Nach Formel (10) ist dann schließlich

$$\vartheta = \frac{0{,}169}{0{,}005\,65} . 0{,}77$$

$$\underline{\underline{\vartheta = 23°}}.$$

[6] Nach internationalen Normen umgerechnet nach ETZ 1914, S. 366, und Hütte Bd. 2, 22. Aufl., S. 843.

Digitized by Google

Ein Wechselstromkompensator mit direktem Zeigerausschlag.

Von **Martin Wald**, Wien.

Übersicht. Es wird über einen Wechselstromkompensator berichtet. Im wesentlichen besteht derselbe aus zwei Dynamometern, deren Einstellung selbsttätig so erfolgt, daß die zu messende Wechselspannung kompensiert wird. Dadurch wird eine bequeme und rasche Messung ermöglicht, da kein Abgleichen notwendig ist, was besonders für größere Meßreihen ein außerordentlicher Vorzug ist. Die Wirkungsweise und Anwendung des Wechselstromkompensators zur Messung von Scheinwiderständen werden beschrieben.

Die vom Verfasser entwickelte Anordnung[1] zur Messung von Wechselspannungen nach der Kompensationsmethode bietet gegenüber den bekannten Kompensatoren den Vorteil, daß die Abgleichung des Hilfskreises auf Stromlosigkeit selbsttätig erfolgt und lediglich aus Ablesung zweier Ausschläge der Betrag und Phasenwinkel der zu messenden Wechselspannung sich ergeben.

1. Wirkungsweise.

Die Anordnung besteht im wesentlichen aus zwei Dynamometern, deren feste Spulen an die Wechselstromquelle, welche auch die zu messende Spannung erzeugt, derart angeschlossen werden, daß sie von Strömen durchflossen werden, die in der Phase gegeneinander um 90° verschoben sind. Die Drehspulen der beiden Dynamometer dürfen keine mechanische Richtkraft erhalten, so daß sie im stromlosen Zustande in jeder Stellung im Gleichgewicht sind. Die beiden Drehspulen werden in Reihe geschaltet und an die beiden Enden wird die zu messende Wechselspannung angelegt. Der Drehspulen-Stromkreis soll zunächst über einen Widerstand, der keine EMK enthält, geschlossen werden. Es ist klar, daß in der Stellung der Drehspulen, wo die Drehspulenebene parallel der Kraftlinienrichtung des von der entsprechenden festen Spule erzeugten Wechselfeldes verläuft, keine EMK in den Spulen induziert wird; sie führen in dieser Stellung, die des weiteren als Nullage bezeichnet werden soll, keinen Strom und sind daher im Gleichgewicht. Zur Feststellung der Stabilität dieser Gleichgewichtslage wird man am einfachsten der einen Drehspule mittels einer mechanischen Kraft eine virtuelle Verschiebung um einen kleinen Winkel α erteilen. Es entsteht dann ein Induktionstrom, welcher dem Betrag nach proportional dem Winkel α ist und auch einen Ausschlag der zweiten Drehspule bewirkt, und zwar derart, daß der resultierende Induktionstrom gegen das Wechselfeld Φ_2, in welchem die zweite Drehspule sich befindet, um 90° phasenverschoben ist, denn dann ist die elektrodynamische Kraft auf die zweite Drehspule Null. Diese Verhältnisse sind in den Vektordiagrammen Abb. 1 und 2 dargestellt. In Abb. 1 ist der Blindwiderstand des Drehspulen-Stromkreises kapazitiv, in Abb. 2 induktiv vorausgesetzt. Es sollen bedeuten:

- Φ_1 u. Φ_2 Wechselfelder, von den festen Spulen erzeugt, Φ_2 gegen Φ_1 um 90° voreilend angenommen,
- e_1 in der Drehspule D_1 von dem Wechselfelde Φ_1 induzierte EMK,
- e_2 in der Drehspule D_2 von dem Wechselfelde Φ_2 induzierte EMK,
- i_1 Strom, herrührend von e_1,
- i_2 Strom, herrührend von e_2,
- φ Winkel zwischen Strom und erzeugender Spannung im Drehspulenstromkreis.

e_1 und e_2 sind gegen die erzeugenden Wechselfelder Φ_1 bzw. Φ_2 um 90° phasenverschoben. Der Winkel φ ist in Abb. 1 entsprechend dem kapazitiven Blindwiderstand des Drehspulen-Stromkreises voreilend und in Abb. 2 entsprechend dem induktiven Blindwiderstand nacheilend. Man sieht, daß in Abb. 1 der resultierende Strom i_{res} mit Φ_1 in gleicher Phase und in Abb. 2 um 180° phasenverschoben ist. Dementsprechend sind die auftretenden elektrodynamischen Kräfte auf die mechanisch abgelenkte Drehspule in beiden Fällen verschieden gerichtet. In Abb. 1 ist die elektrodynamische Kraft derart gerichtet, daß sie eine Vergrößerung des Ausschlagwinkels anstrebt, die Nullage ist daher labil. In Abb. 2 ist die elektrodynamische Kraft derart gerichtet, daß sie den Winkel α zu verkleinern sucht, d. h. die Drehspule zur Nullage zurücktreibt, die Nullage ist daher stabil. Eine stabile Nullage ist nur bei induktivem Blindwiderstand des Drehspulen-Stromkreises möglich, und es soll daher vorausgesetzt werden, daß der Blindwiderstand des Drehspulen-Stromkreises induktiv ist. Praktisch läßt sich dies etwa durch Reihenschaltung einer entsprechenden Drossel verwirklichen.

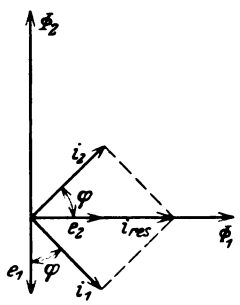


Abb. 1. Zur Ermittlung der Stabilität bei kapazitiver Belastung des Drehspulen-Stromkreises.

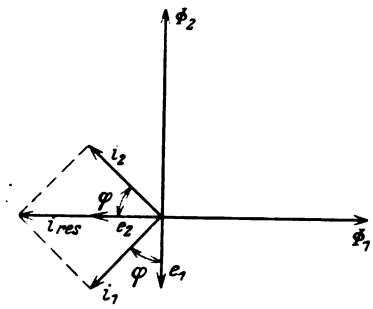


Abb. 2. Zur Ermittlung der Stabilität bei induktiver Belastung des Drehspulen-Stromkreises.

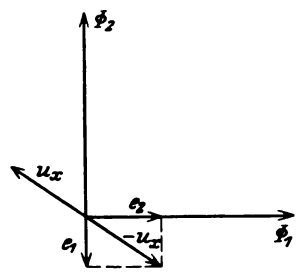


Abb. 3. Spannungsdiagramm beim Anlegen einer Meßspannung.

Wird nun dem Drehspulen-Stromkreis die zu messende Wechselspannung u_x aufgedrückt, so werden die beiden Drehspulen aus der Nullage so weit abgelenkt, bis die Resultierende der in denselben induzierten Spannungen, herrührend von den Wechselfeldern Φ_1 und Φ_2, der zu messenden Spannung gleichgroß und entgegengesetzt gerichtet wird, wodurch die beiden Drehspulen stromlos werden und daher auf sie keine Kraft ausgeübt wird. Im Vektordiagramm Abb. 3 bedeuten:

- Φ_1 Wechselfeld der festen Spule F_1,
- Φ_2 Wechselfeld der festen Spule F_2.
- e_1 in der Drehspule D_1 von Φ_1 induzierte EMK,
- e_2 in der Drehspule D_2 induzierte EMK,
- u_x zu messende Spannung nach Größe und Richtung.

Die Spannungen e_1 und e_2 sind dem entsprechenden Ausschlagwinkel bei gleichmäßiger Feldverteilung direkt proportional und man kann sie daher auf einer linear geteilten Skala direkt ablesen. Man erhält durch direkte Ablesung die Komponenten der zu messenden Spannung in zwei festen Richtungen, welche durch die Felder Φ_1 und Φ_2 gegeben sind. Da die Drehspulen in der Gleichgewichtslage keinen Strom führen, so bleibt der Zustand des zu messenden Stromkreises unverändert, wie dies bei jeder Kompensationsmethode der Fall ist.

2. Die Dämpfung der Drehspulen.

Die Bewegung der Drehspulen während ihrer Einstellung in die Anzeigestellung muß stark gedämpft sein, da sonst infolge der weiter noch zu erläuternden Erscheinung einer elektromechanischen Rückkopplung eine Selbsterregung der beiden Drehspulen und eine dauernde schwingende Bewegung um ihre Ruhelage auftreten. Die Erscheinung der elektromechanischen Rückkopplung be-

[1] DRP. angemeldet.

Digitized by Google

steht im wesentlichen im folgenden: Wird bei geschlossenem Drehspulen-Stromkreis die eine Drehspule D_1 aus ihrer Ruhelage um einen Winkel α_1 mechanisch abgelenkt, so wird sie mit dem Wechselfelde Φ_1 der entsprechenden Feldspule verkettet, und es entsteht in ihr ein Induktionsstrom, der notwendigerweise auch durch die andere Drehspule D_2 abfließt, da die beiden Drehspulen in Reihe geschaltet sind. Die Drehspule D_2 wird nun infolge dieses Stromes aus ihrer Ruhelage auch abgelenkt und mit dem Wechselfelde Φ_2 der Feldspule F_2 verkettet. Infolge dieser Verkettung entsteht in der Drehspule D_2 ein Induktionstrom, der notwendigerweise auch in der ersten Drehspule D_1 fließen muß und eine weitere Ablenkung derselben um einen Winkel α_1' hervorruft. Man sieht, daß die Ablenkung der Drehspule D_1 um α_1 eine weitere Ablenkung derselben um den Winkel α_1' zur Folge hat, womit das Wesen einer Rückkopplung als gegeben erscheint. Da diese Rückkopplung unter Umwandlung von mechanischer Energie in elektrische Energie und umgekehrt vor sich geht, so kann sie als „elektromechanische Rückkopplung" bezeichnet werden. Um zu sehen, wann diese elektromechanische Rückkopplung zur Selbsterregung der beiden Drehspulen führen kann, wird man am einfachsten nach den bekannten Sätzen von Möller[2] die Bedingungen für die „Amplitudenbilanz" und „Phasenbilanz" für den stationären Schwingungszustand aufstellen. Es ist klar, daß eine starke Dämpfung die Ausbildung dieser selbsterregten Schwingungen unterdrücken kann. Die Durchführung der entsprechenden Rechnung ergibt für die Selbsterregungsgrenze die Größe der Dämpfung zu

$$k_1 = \sqrt{k J}\,\mathrm{ctg}\,\varphi,$$

wobei k_1 die Bremskraft der Dämpfung, welche bei Bewegung einer Drehspule mit der Winkelgeschwindigkeit *1* auftritt, k die bei Ablenkung einer Drehspule mit dem Einheitswinkel auftretende elektrodynamische Richtkraft, J das Trägheitsmoment einer Drehspule und φ den Phasenwinkel des Drehspulen-Stromkreises bedeuten. Ist die Dämpfung oberhalb dieser Grenze, so können keine selbsterregten Schwingungen der beiden Drehspulen auftreten.

Schaltung zur Messung von Scheinwiderständen.

In Abb. 4 ist die Schaltung zur Messung von Scheinwiderständen dargestellt. Es ist R ein ohmscher und X ein rein induktiver Widerstand bekannter Größe, welche mit den zu bestimmenden unbekannten Widerständen $r_1 + j x_1$, $r_2 + j x_2, \ldots$, $r_n + j x_n$ und mit einer Wechselstromquelle in Reihe geschaltet werden. An den Klemmen der Wechselstromquelle werden auch die beiden festen Spulen F_1 und F_2 angeschlossen. Der Widerstand r_1 und der Kondensator C_1 dienen zur Erzeugung einer Phasenverschiebung von 90° zwischen den Wechselfeldern der festen Spulen F_1 und F_2. Die Drehspulen D_1 und D_2 werden in Reihe geschaltet, und an die Klemmen *1* und *2* werden der Reihe nach die bekannten Widerstände R, X und die unbekannten Widerstände $r_1 + j x_1$, $r_2 + j x_2, \ldots$, $r_n + j x_n$ angelegt und die jeweiligen Ausschläge der beiden Drehspulen abgelesen. Bezeichnet man die Ablesungen an der ersten Drehspule der Reihe nach mit a_R, a_X, α_1, $\alpha_2 \ldots \alpha_n$ und die an der zweiten Drehspule entsprechend mit b_R, b_X, β_1 $\beta_2, \ldots, \beta_n$, so ergibt sich für die reelle Komponente r_k des k-ten unbekannten Widerstandes die Beziehung:

$$r_k = R\,\frac{\alpha_k b_X - \beta_k a_X}{a_R b_X - a_X b_R} \quad \ldots\ldots \quad (1)$$

und für die Blindkomponente desselben:

$$x_k = X\,\frac{\beta_k a_R - \alpha_k b_R}{a_R b_X - a_X b_R} \quad \ldots\ldots \quad (2)$$

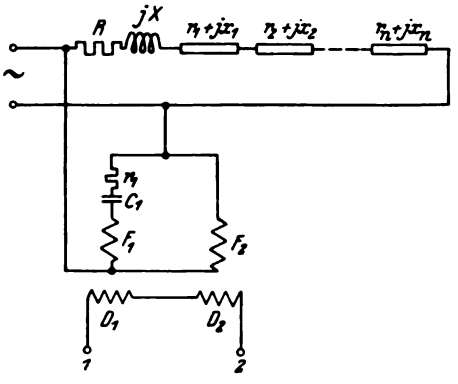


Abb. 4. Schaltung zur Messung von Scheinwiderständen.

Ist der Strom in der Feldspule F_1 gleichphasig mit dem Strom in den zu messenden Widerständen, so wird $b_R = 0$ und auch $a_X = 0$. Wird dies berücksichtigt, so vereinfachen sich die Gl. (1) und (2) wie folgt:

$$r_k = R\,\frac{\alpha_k}{a_R} \quad \ldots\ldots \quad (3)$$

und

$$X_k = X\,\frac{\beta_k}{b_X}, \quad \ldots\ldots \quad (4)$$

d. h. der Ausschlagwinkel α_k des einen Dynamometers ist direkt proportional dem Realteil r_k, der Ausschlagwinkel β_k des anderen Dynamometers direkt proportional dem Imaginärteil x_k des zu messenden Widerstandes.

[2] Möller, Elektronenröhren, S. 79 u. 80. Verlag Fr. Vieweg, Braunschweig 1920.

Glühkathodenventile in der diagnostischen und therapeutischen Röntgentechnik*.

Übersicht. Die Ursache der Unzulänglichkeit von Röntgen-Glühkathodenventilen bisheriger Bauart wird meßtechnisch untersucht. Aus den Ergebnissen dieser Untersuchung wird eine neue Bauart mit Metallentladungsraum entwickelt, welche diese Unzulänglichkeit beseitigt und eine hohe Konstanz und Verbesserung der Röntgenapparatur gewährleistet.

Für eine sichere Röntgendiagnostik ist eine stets gleichmäßige und gleichbleibende Bildqualität eine ebenso gebieterische Notwendigkeit wie für die Röntgentiefentherapie eine über Stunden konstante Strahlendosis. Beide Forderungen sind in hohem Maße abhängig von den Eigenschaften der Glühkathodenventile, die in neuzeitlichen Röntgenapparaturen fast ausschließlich (wenigstens in Deutschland) als gleichrichtendes Element benutzt werden. Die seit 1916 fast unverändert benutzte Form der Glühkathodenventile erfüllte nachweislich die eingangs gestellten Forderungen nicht. Die angestrebte Normung des Röntgenbetriebes scheiterte mit an der Unzulänglichkeit der bisher bekannten Ventile. Dazu kamen häufig unerwartete Störungen und Ventilschäden, für die eine einwandfreie Erklärung nicht gegeben werden konnte. Alle diese Mängel und Unregelmäßigkeiten zu erproben und zu beseitigen war das Ziel einer langen Reihe von Untersuchungen, die im Laboratorium der C. H. F. Müller Aktiengesellschaft vorgenommen wurden und über die P. Vierkötter in einem Vortrag berichtete.

Bisher galt die Annahme, daß das mit einem 4000 ... 5000 V liefernden Gleichstromgenerator (gemäß Abb. 1) aufgenommene Stromspannungsdiagramm das Verhalten von Glühkathodenventilen physikalisch ausreichend charakterisiert und daß eine nach dieser Methode gewonnene Charakteristik ihre Gültigkeit auch im praktischen Röntgenbetriebe unverändert beibehält. Auf Grund eigener Beobachtungen und einer Arbeit von M. Wellauer[1] entstand der Verdacht, daß diese Meinung nicht richtig sei und daß die Normalcharakteristik (Abb. 1) ihre Gültigkeit nicht mehr behält, wenn an Stelle der Meßspannung von 4000 bis 5000 V in der Röntgenapparatur Wechselspannungen an

* Nach einem Vortrag von Dr. P. Vierkötter, gehalten anläßlich des deutschen Röntgen-Kongresses in Berlin am 29. IV. 1930.

[1] M. Wellauer, Arch. El. Bd. 16, S. 13 (1926).

Digitized by Google

die Ventilröhre gelegt werden, die im Fehlwechsel Werte von rd. 200 000 V erreichen. Namentlich wurde vermutet, daß der Spannungsabfall in der Ventilröhre bei ihrer Verwendung in Graetz- oder Greinacher-Schaltung zeitweise unzulässig hohe Werte annimmt, wie sie nach der Normalcharakteristik nicht vermutet werden konnten.

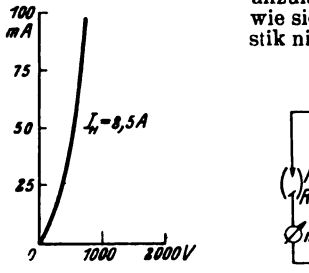


Abb. 1. Strom-Spannungs-Diagramm eines Glasventils.

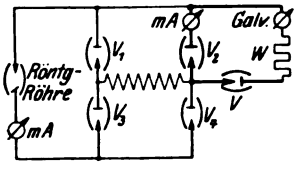


Abb. 2. Prinzipschaltung zur Aufnahme der Röntgencharakteristik.

Es wurde eine Spezialmeßschaltung ausgearbeitet, die die betriebsmäßigen Verhältnisse bei Glühkathodenventilen berücksichtigt und die Aufnahme der sog. Röntgencharakteristik gestattet (Abb. 2). Das Prinzip dieser Schaltung besteht darin, die an dem zu messenden Ventil V_2 liegende Spannung bei einem bestimmten Ventil- und damit auch Röntgenröhrenstrom zu beobachten. Beim Zurückhalten des Fehlwechsels fließt ein Strom über das Ventil V in den Hochohmwiderstand W. Aus diesem Strom läßt sich der im Ventil V_2 auftretende Spannungsabfall errechnen. Es wurde nun an Stelle der Kombination Ventil V mit dem Widerstand W ein Meßventil (Abb. 3) entwickelt, das als Dreielektrodenventil ausgebildet ist und eine geradlinige Charakteristik besitzt. In Abb. 4 ist die endgültige Meßanordnung unter Verwendung dieses Meßventiles wiedergegeben, u. zw. an einem Apparat Graetzscher Schaltung. Bei dieser Messung ergab sich die in Abb. 5 dargestellte Röntgencharakteristik eines Glas-Glühkathodenventils bisheriger Bauart für Röntgendiagnostikzwecke bei den hierfür üblichen Spannungen. Die mit Maschinengleichstrom aufgenommene normale Charakteristik des gleichen Ventils ist gestrichelt eingezeichnet. Schließlich ist noch strichpunktiert die aus einem gemessenen Punkt gewonnene Röntgencharakteristik an einem Apparat in Greinacher-Schaltung angegeben.

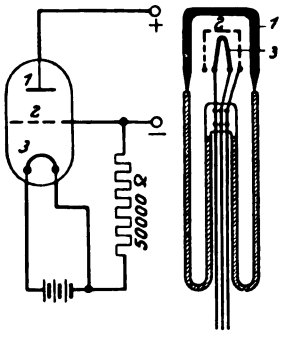


Abb. 3. Schalt- und Konstruktionschema des Meßventils.

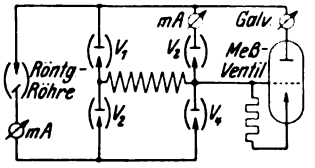


Abb. 4. Graetz-Schaltung mit Meßventil.

Auf den ersten Blick fällt der große Unterschied zwischen der normalen Charakteristik und der Röntgencharakteristik auf, welcher die ausgesprochene Unzulänglichkeit der normalen Charakteristik für die Beurteilung von Glühkathodenventilen beweist. Auffallend ist besonders die Verschiebung der Röntgencharakteristik gegenüber der normalen Charakteristik, die mit einem über Erwarten großen Spannungsabfall identisch ist. Es liegt die Vermutung nahe, daß diese Erscheinung durch eine als Gitter wirkende negative Aufladung einer bestimmten Zone der Glaswand hervorgerufen wird, wobei die Wirkungsgröße dieser Aufladung von der Ventilspannung abhängig ist. Zahlenmäßig entspricht die Verschiebung der Röntgencharakteristik schon bei einer Emission von 100 mA und einer Spannung von 50 kV_{eff} 4000 V, während auf Grund der normalen Charakteristik bisher unter gleichen Verhältnissen nur ein Spannungsabfall von 800 V vermutet wurde.

Noch ungünstiger werden die Verhältnisse bei den im Röntgentherapiebetrieb üblichen hohen Spannungen von 180 und mehr kV. Hier beträgt in Greinacher-Schaltung bei 4 mA Röntgenröhrenstrom der Spannungsabfall nicht 800 sondern 15 000 V. Es wird durchschnittlich mit Glas-Glühkathodenventilen alter Bauart eine 10 ... 15mal höhere elektrische Leistung in Wärme umgesetzt als bisher angenommen wurde. Damit finden gleichzeitig gelegentliche vorzeitige Ventilschäden eine zwanglose Erklärung, da eine stauungslose Abführung derartiger Wärmemengen von der im Vakuum befindlichen Anode kaum möglich ist.

Für ein neues röntgentechnisch zuverlässiges Ventil ergibt sich somit die Forderung, daß auch die Röntgencharakteristik einen in niedrigen Grenzen bleibenden Spannungsabfall aufweist und daß die Anode die entstehende unvermeidliche Wärme restlos an die Außenluft abführt und dabei aus einem Material besteht, das beste vakuumtechnische Eigenschaften aufweist.

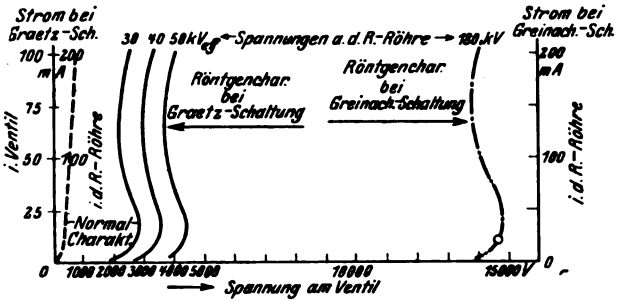


Abb. 5. Strom-Spannungs-Diagramm eines Glasventils.

Eine weitere Abweichung der Röntgencharakteristik von der normalen Charakteristik fällt in Abb. 5 auf. Es ist dieses die weit unter der Sättigungsgrenze liegende starke Abhängigkeit des Spannungsabfalles vom Ventilstrom. Sie könnte mit den gleichen Mitteln beseitigt werden wie die Verschiebung der Röntgencharakteristik, da beide Erscheinungen durch Glasaufladungen bedingt sind. Wenn eine Konstanz der gesamten Apparatur gewährleistet werden soll, müssen nach den bisher skizzierten Ergebnissen die Wandaufladungen der Glühkathodenventile konstant gehalten werden. Eine solche Konstanz ist unter den völlig unübersichtlichen Verhältnissen der Glühkathodenventile bisheriger Bauart nicht zu erreichen; es sei nur an die Temperaturschwankungen und den durch Zerstäubung hervorgerufenen Metallbelag erinnert. Erst wenn alle Vorgänge im Ventil nur von einem elektrisch unveränderlichen Material beeinflußt werden, indem sie sich in einem metallischen Entladungsraum abspielen, ist hier Klarheit der Verhältnisse zu schaffen und die Konstanz der Charakteristik und damit des Betriebes zu sichern.

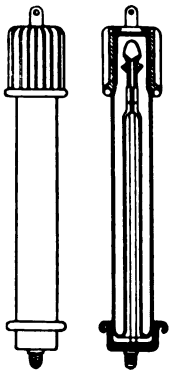


Abb. 6. Müller-„Metalix"-Ventil (Ansicht und Längsschnitt).

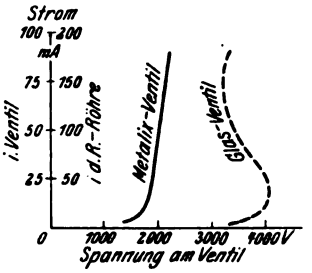


Abb. 7. Strom-Spannungs-Diagramm eines Glas- und eines Müller-„Metalix"-Ventils.

Abb. 6 zeigt nun die gefundene Lösung. Die Anode ist als Hohlkörper ausgestaltet und stellt einen die Kathode umschließenden metallischen Entladungsraum dar, der, an seiner Außenfläche mit Kühlrippen versehen, alle Voraussetzungen für die Aufrechterhaltung konstanter elektrischer Verhältnisse und stauungsloser Wärmeabfuhr erfüllt. Als Material für die Anode wird eine Chromeisenlegierung benutzt, die sowohl vakuumtechnisch beste Eigenschaften besitzt als auch eine mechanisch einwandfreie Verschmelzung mit dem die Kathode tragenden Glaskörper gewährleistet. Abb. 7 zeigt die Gegenüberstellung der Röntgencharakteristik eines Glas-Glühkathodenventils früherer Bauart und des nach neuen Grundsätzen von der C. H. F. Müller Aktiengesellschaft, Hamburg, gebauten „Metalix-Ventils". Aus dieser Gegenüberstellung ist ersichtlich, daß die angestrebten Vorteile durch das bei C. H. F. Müller entwickelte Ventil erreicht wurden, nämlich Herabdrückung des Spannungsabfalles und Konstanz der Betriebsverhältnisse.

Dr. H. Wendt.

Digitized by Google

Die deutsche Elektrizitätswirtschaft im Jahr 1929.

Die vor kurzem veröffentlichten Ergebnisse der Produktionserhebung auf elektrizitätswirtschaftlichem Gebiet im Jahr 1929[1] zeigen dem Vorjahr gegenüber eine Erhöhung der gesamten installierten Leistung um 1,3 Mill kW bzw. 12 % auf 12,4 Mill kW und der Stromerzeugung um 2,8 Mrd kWh oder 10 % auf 30,7 Mrd kWh. Abb. 1 läßt deut-

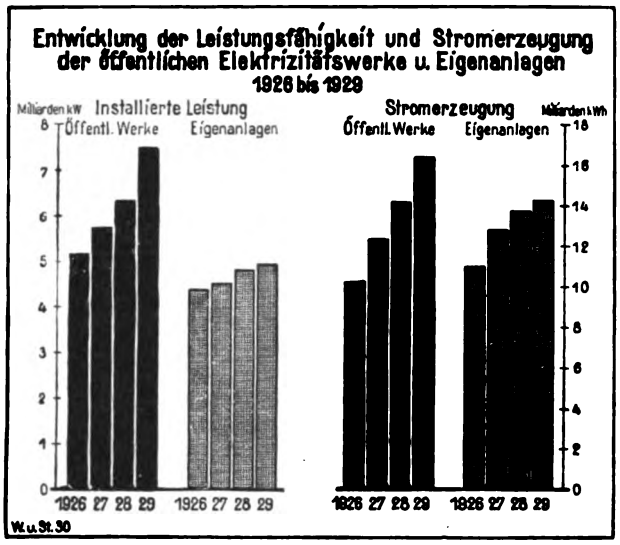


Abb. 1.

lich die starke Zunahme der öffentlichen Stromversorgung erkennen, während die Erzeugung der Eigenanlagen nur langsam zunimmt. In den letzten drei Jahren, also gegenüber 1926, hat sich bei den öffentlichen Werken die Nennleistung um 45 %, die Produktion um 60 %, bei den gewerblichen Eigenanlagen die Leistung um 11,2 %, die Erzeugung um 29,6 % erhöht. Der Anteil der öffentlichen Werke an der gesamten Stromerzeugung Deutschlands betrug 1929 53,4 %.

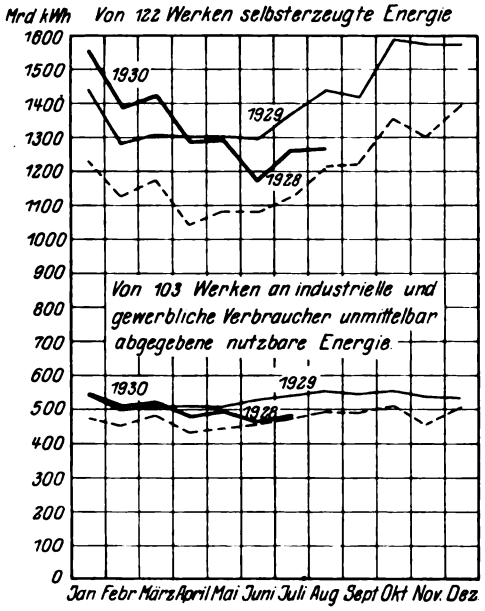


Abb. 2.

Die trotz der daniederliegenden Konjunktur günstige Entwicklung der Erzeugung in den einzelnen Monaten des Berichtsjahres ergibt sich aus Abb. 2, in deren oberem Teil die durch Verbrauch von Lichtstrom hervorgerufenen Saisonschwankungen zum Ausdruck kommen, während die Kurve des Industrieverbrauchs einen regelmäßigen Cha-

[1] Wirtsch. u. Stat. Bd. 10, 1930, S. 482. Dieser im Verlag von Reimar Hobbing, Berlin SW 61, erscheinenden Zeitschrift sind die Abb. 1, 3 und 4 entnommen.

1. Die Stromerzeugung nach Landesteilen und Ländern 1929.

Öffentliche Elektrizitätswerke.

Landesteile und Länder	Stromerzeuger-Leistungsfähigkeit 1000 kW	Stromerzeugung in Mill kWh						
		Gesamt	davon aus: Steinkohle	Rohtraunkohle, Torf, Braunkohlenbriketts und Mischung fester Brennstoffe	Wasserkraft	Öl	Gas
Rheinprovinz	1204	3 276	717	2520	34	2,71	1,13
Sachsen	716	1 888	9	1864	7	7,35	0,23
Brandenburg	514	1 395	44	1329	12	8,44	0,60
Stadt Berlin	830	1 263	1263	—	—	—	—
Westfalen	493	988	932	.	53	2,38	0,02
Hessen-Nassau	274	612	182	365	63	1,77	0,24
Niederschlesien	261	534	422	24	85	1,95	0,65
Hannover	208	449	175	83	30	7,83	1,13
übriges Preußen	498	990	958	81	89	14,84	2,21
Preußen	4998	11 395	4702	6266	373	47,27	6,21
Bayern	697	1 508	151	141	1193	21,30	1,44
Sachsen	751	1 421	110	1271	38	2,43	0,72
Baden	249	638	242	5	385	5,05	0,15
Hamburg	256	484	480	—	—	4,32	0,03
Württemberg	237	436	181	—	243	9,34	2,12
übriges Reich	307	509	258	158	53	22,09	17,35
Deutsches Reich	7495	16 391	6124	7841[1]	2285	111,80	28,02

[1] Davon 7397 aus Rohbraunkohle und Torf, 294 aus Braunkohlenbriketts, 150 aus Mischung fester Brennstoffe.

Eigenanlagen.

Rheinprovinz	1110	3 384	1101	632	29	10,02	1506
Westfalen	930	2 737	1651	14	22	6,63	928
Sachsen	697	2 552	12	2452	9	4,03	75
Oberschlesien	154	507	445	—	1	0,38	50
Niederschlesien	161	332	183	124	12	2,34	9
Hannover	204	483	191	27	.	9,64	240
Brdbg. einschl. Bln.	226	455	115	320	1	12,65	1
übriges Preußen	248	625	518	65	38	7,15	3
Preußen	3730	11 075	4216	3634	112	52,84	2812
Bayern	435	1 583	378	90	1009	16,51	87
Sachsen	323	706	139	516	30	10,53	6
Thüringen	102	196	11	148	10	5,96	17
Baden	78	182	104	3	68	2,99	.
Württemberg	82	146	90	3	44	6,03	.
übriges Reich	171	381	176	107	6	12,38	73
Deutsches Reich	4921	14 269	5114	[1]501[1]	1279	107,24	2995

[1] Davon 3998 aus Rohbraunkohle und Torf, 279 aus Braunkohlenbriketts, 224 aus Mischung fester Brennstoffe.

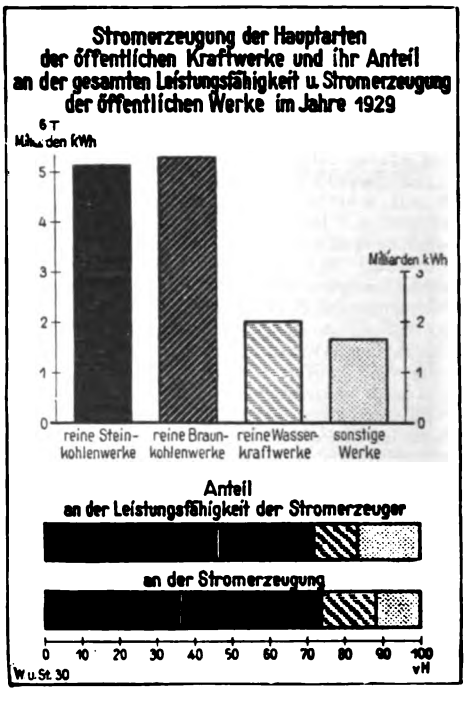


Abb. 3.

Digitized by Google

rakter aufweist. Für das Jahr 1930 sind ungünstigere Ergebnisse zu erwarten. Wie aus Zahlentafel 1 zu ersehen ist, entfielen von der gesamten Stromerzeugung auf die hauptsächlichsten Energiezentren Rheinland-Westfalen 34 %, Brandenburg, Sachsen und Land Sachsen 31,3 %, Bayern, Baden, Württemberg 14,7 % und auf das übrige Reich 20 %. Die durchschnittliche Jahresbenutzungsdauer der installierten Leistung betrug bei den öffentlichen Werken 2187 h, bei den Eigenanlagen 2899 h. Besonders hohe Benutzungsdauern weisen die chemisch-metallurgische Industrie mit 3928 h und die eisenschaffende mit 3540 h auf.

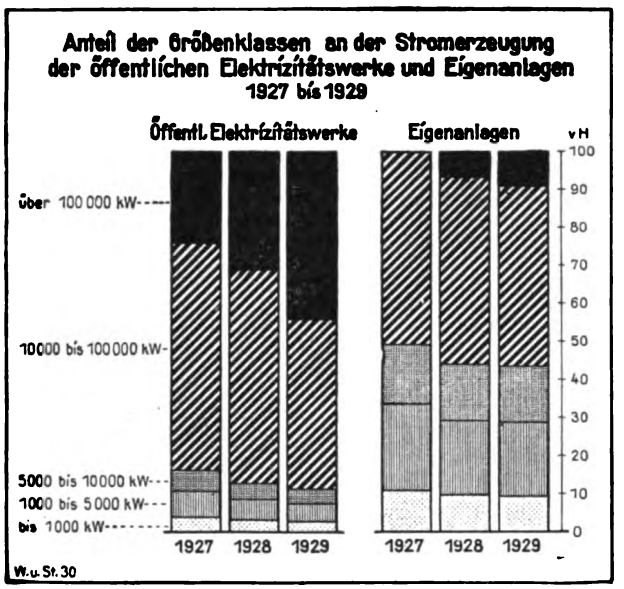


Abb. 4

Unter den Kraftquellen hat die Braunkohle im Berichtsjahr erstmalig die Steinkohle von dem ersten Platz verdrängt. 1929 wurden von der Gesamtstromerzeugung 39 % (46,9 % bei der Erzeugung in öffentlichen Werken) aus Braunkohle (hauptsächlich Prov. Sachsen, Rheinprovinz und Brandenburg), 36,7 % (37,4) aus Steinkohle, 1,2 % (0,9) aus Mischung fester Brennstoffe, 11,6 % (13,9) aus Wasser, 9,9 % (0,0) aus Gas (vorwiegend die Eigenanlagen der Rheinprovinz und der Provinzen Westfalen und Hannover) und 1,6 % (0,9) aus sonstigen Kraftquellen gewonnen (Abb. 3).

Die Konzentrationsbestrebungen der deutschen Elektrizitätswirtschaft kommen in der stetig abnehmenden Produktion in Klein- und Mittelbetrieben und der Zunahme der Stromgewinnung in großen Anlagen (Abb. 4) zum Ausdruck. Bei den öffentlichen Werken mit einer Leistung von über 100 000 kW ist der Anteil an der gesamten Elektrizitätserzeugung von 24,1 % im Jahr 1927 auf 44,7 % im Jahr 1929 gestiegen. In demselben Zeitraum fiel der Anteil bei diesen Werken mit einer Leistung bis 1000 kW von 3,7 auf 2,3 %, zwischen 1000 und 10 000 kW von 12,3 auf 8,3 % und zwischen 10 000 und 100 000 kW von 59,9 auf 44,7 %. Eigenanlagen über 100 000 kW waren 1927 überhaupt nicht vorhanden; 1929 erzeugten derartige Betriebe 9,2 % der gesamten Produktion; dagegen verringerte sich der Anteil in obiger Reihenfolge von 10,8 auf 9 %, von 38 auf 34 % und von 51,2 auf 47,8 %. Anzahl, Leistung und Erzeugung der öffentlichen Werke und Eigenanlagen nach Größenklassen im Jahr 1929 zeigt Zahlentafel 2.

2. Größenordnung der Stromerzeugungsanlagen.

Größenklasse	Öffentliche Werke			Eigenanlagen		
	Zahl der Kraftanlagen	Stromerzeuger-Leistungsfähigkeit 1000 kW	Erzeugung Mill kWh	Zahl der Kraftanlagen	Stromerzeuger-Leistungsfähigkeit 1000 kW	Erzeugung Mill kWh
bis 100 kW . . .	499	25,4	36,9	2895	122,4	163,9
101 bis 1 000 kW .	623	215,6	348,8	2046	648,9	1125,8
1001 „ 5 000 kW .	183	409,6	775,9	468	1106,9	2784,8
5001 „ 10 000 kW .	41	292,7	544,7	109	748,0	2035,7
über 10 000 kW .	142	6551,4	14 651,0	94	2295,1	8127,1

Von der gesamten Erzeugung der Eigenanlagen (14,3 Mrd kWh) entfielen 1929 4,3 Mrd kWh auf den Bergbau, je 3,3 Mrd kWh auf die chemisch-metallurgische und die eisenschaffende Industrie, 1,3 Mrd kWh auf die Papierindustrie und das Vervielfältigungsgewerbe und je 0,6 Mrd kWh auf das Textil- und Bekleidungsgewerbe sowie die Eisen und Metall verarbeitende Industrie. Im Bergbau und der Eisenindustrie wurden von der Gesamtproduktion gewonnen 23,8 % aus Braunkohle, 36,4 % aus Steinkohle, 36,2 % aus Gas, 0,6 % aus Wasser, 3,0 % aus gemischten Brennstoffen sowie sonstigen Kraftquellen; für die chemisch-metallurgische und Papierindustrie lauten die Prozentsätze in der gleichen Reihenfolge 42,3 % — 28,9 % — 3,7 % — 22,1 % — 3,0 % und für die übrigen vorwiegend Mittel- und Kleinindustrien 25,3 % — 50,1 % — 0,9 % — 11,5 % — 12,2 %.

Von dem insgesamt im Reichsgebiet verkauften Strom (16,3 Mrd kWh) wurden 178 Mill kWh ausgeführt, hauptsächlich nach Frankreich (60,3), Polen (51,8), der Schweiz (42,8), der Tschechoslowakei (19,1). Vom Ausland bezogen hat Deutschland 302 Mill kWh, u. zw. vorwiegend aus der Schweiz (166), dem Saargebiet (50,7). Frankreich (50,1), Österreich (32,7).

Dr C. Albrecht.

Die Landeselektrizitätsversorgung Uruguays.

Von Dr.-Ing. Dr. techn. E. h. **Adolf Ludin**, ord. Professor der T. H. Berlin, z. Z. Montevideo.

Übersicht. **Der Verfasser, der nach eingehendem Studium der örtlichen Verhältnisse nachgewiesen hat, daß die älteren Projekte zum Ausbau des Rio Negro nicht durchführbar sind, hat ein neues Projekt für den Ausbau des Flusses als Kraftquelle für die Landeselektrizitätsversorgung Uruguays bearbeitet. Er berichtet über Grundlagen, Stand und Entwicklungsmöglichkeiten der Elektrizitätswirtschaft in Uruguay, die er günstig beurteilt.**

Uruguay vereinigt auf 186 926 km² Landfläche heute etwa 2 Millionen Einwohner; von dieser Zahl lebt rd. ein Drittel in der als Welthandelshafen und internationaler Badeplatz bedeutenden Landeshauptstadt Montevideo, der Rest in etwa 50 kleinen Provinzstädten mit je 3 ... 40 000 Einwohnern oder schließlich in Dörfern und auf den zahlreichen Estanzien.

Die Wirtschaftskraft des Landes beruht auf der Landwirtschaft. Diese ist heute noch ganz überwiegend und in Vieh-Weidewirtschaft extensivster Form entwickelt, für die Klima, Bodengestalt und -beschaffenheit günstige Bedingungen bieten. Rationelle Milchwirtschaft hat begonnen, sich (wesentlich unter deutschem Einfluß) um einzelne Städte herum zu entwickeln.

Der Ackerbau, gleichfalls extensiv betrieben, hat erst in den letzten 10 Jahren entschiedene Fortschritte gemacht und ist entsprechend der Gunst der Bodenverhältnisse und der wirtschaftsgeographischen Lage bis jetzt im wesentlichen erst in den ausgedehnten Küstenzonen des La Plata- und Uruguaystromes entwickelt, besonders stark im Departomento Colonia unter dem unmittelbaren Einfluß der staatlichen Saatzuchtanstalt La Estanzuela, der Schöpfung des ehemaligen deutschen Professors Dr. Börger. Seiner bahnbrechenden 20jährigen Tätigkeit dankt es das Land, daß es heute imstande ist, steigende Weizenmengen auszuführen, während es noch vor 10 Jahren Getreide einführen mußte. Frucht- und Weinbau zeigen gleichfalls vielversprechende Ansätze.

Der Bergbau, vornehmlich Steingewinnung, hat keine große Bedeutung.

Die Industrie findet an dem Mangel wichtiger Rohstoffe, guter Brennmittel und an der vergleichsweise bedeutenden Lohnhöhe enge Entwicklungsgrenzen. Von größerer Bedeutung ist nur die Lebensmittelindustrie (vor allem internationale Fleischindustrie und Müllerei).

Die angedeuteten Verhältnisse machen es ohne weiteres begreiflich, daß die Energie- und speziell die Elektrizitätswirtschaft des Landes ganz unentwickelt sind und der Hauptstromverbrauch noch durchaus auf die Hauptstadt konzentriert ist. Kleiner örtlicher Energiebedarf, zum Wasserschöpfen und zur Hausbeleuchtung, wird auf dem (auch wörtlich genommen) flachen und sehr windreichen Lande vielfach noch durch Windturbinen gedeckt. Viele, auch kleinere Städte haben aber schon örtliche Elektrizitätswerke, meist mit Diesel- oder sonstigen Explosions-

Digitized by Google

motoren als Kraftquellen, die zum Teil noch in privatem oder kommunalem, überwiegend aber schon in staatlichem Besitz sind. Das staatliche Elektrizitätserzeugungs- und -lieferungsmonopol für das ganze Land ist seit einiger Zeit gesetzlich festgelegt und wird in absehbarer Zeit sich auch in der Wirklichkeit voll durchgesetzt haben.

Abb. 1. Karte zur Elektrizitätsversorgung von Uruguay.

Montevideo wird von einer im Hafengebiet gelegenen staatlichen Dampfturbinenzentrale von z. Z. $2 \times 5000 + 3 \times 10\,000 = 40\,000$ kW versorgt. Die zwei vereinigten Straßenbahngesellschaften verfügen über eigene Elektrizitätswerke von zusammen rd. 15 000 kW.

Bemerkenswert sind die vergleichsweise niedrigen und sehr sozial gestalteten Tarife. Z. B. kostet in Montevideo Lichtstrom 12 cts/kWh, Haushaltungskraftstrom (z. B. für Ventilatoren, Heiz- und Kochapparate, Staubsauger usw.) nur 3 cts/kWh, industrieller Kraftstrom 5,5 ... 2,5 cts/kWh, gestaffelt nach dem Verbrauch.

Der Stromverbrauch wies in den letzten Jahren eine regelmäßige kräftige Wachstumsteigerung (etwa 12 %) auf und betrug im Betriebsjahre 1928/29:

in Montevideo:		
staatliche Werke	121	Mill kWh
Straßenbahn rd.	40	„ „
im übrigen Lande:		
staatlich rd.	7	„ „
privat und kommunal rd.	2,5	„ „
Summe:	170,5	Mill kWh

Da der Ausbau der Werke allgemein mit dem Steigen des Bedarfs nicht Schritt hielt, ist in den nächsten Jahren nach Bereitstellung ausreichender und wirtschaftlicher Stromquellen wahrscheinlich mit einer stärkeren Steigerung als bisher zu rechnen.

Während im Lande noch in einigen Städten Erweiterungen bestehender Ortstromwerke im Gange sind, ist in Montevideo seit kurzem der Neubau einer neuzeitlichen „superusina" mit zunächst zwei Hochdruckdampfturbinen von je 25 000 kW, erweiterungsfähig durch Einbau zweier weiterer Sätze von je 35 000 kW, im Gange. Der erste Ausbau mit 50 000 kW wird Mitte 1931 betriebsbereit sein.

Daneben her geht, seit langem vor allem von dem weitsichtigen und tatkräftigen Arbeitsminister Ing. Benavides gefördert, der Plan, die Wasserkraft des Hauptbinnenstromes des Landes, des Rio Negro, auszunutzen. Diese Idee, schon 1909 erstmals aufgeworfen, verdichtete sich 1925 durch die Mitarbeit eines französisch-schweizerischen Ingenieurs und eines ebensolchen Geologen zu einem Vorprojekt, das dann aus verschiedenen Gründen wieder liegenblieb, bis der Plan im Jahre 1928 von neuem aufgegriffen und nun energischer verfolgt wurde. Die zu diesem Zweck durch Staatsgesetz aus einheimischen Ingenieuren gebildete Comisión Nacional de Estudios Hidroeléctricos wurde 1929 durch einen ausländischen Spezialisten (den Verfasser) als technischen Experten ergänzt und hat die Aufgabe, einen Wettbewerb unter 6 Baufirmen von internationaler Bedeutung durchzuführen mit dem Ziel der Erlangung ausführlicher Bauprojekte, Bau- und Finanzierungsangebote. Diese Ausschreibung ist nach Klärung der Projektgrundlagen und Aufstellung eines vollständig neuen generellen Projektes durch den Experten vor kurzem erfolgt. Sie läßt nach den vorliegenden Vorabschätzungen auf Ende d. J. den Abschluß der Vorarbeiten durch ein wirtschaftlich durchführbares Ausbauprogramm und Bauprojekt erwarten, das die allmähliche Umstellung der heute noch völlig auf der Einfuhr von Rohöl und Kohlen aufgebauten Elektrizitätswirtschaft des Landes auf eine von etwa 250 ... 500 Mill kWh Jahreserzeugung in angemessener Abstufung ausbaufähige Großspeicher-Wasserkraftnutzung mit unmittelbarem wirtschaftlichem Vorteil ermöglichen dürfte[1].

Mehr als das Doppelte der letztgenannten Energiemenge steht für späteren Ausbau am Unterlauf des Rio Negro zur Verfügung (alles bezogen auf Abgabe in 30 000 V am Empfangsort). In noch weiterer Linie und nach allem nur in größerem internationalem Zusammenhange ausnutzbar steht dann noch die nicht speicherbare Energie des Uruguaystromes am Salto Grande mit im ganzen etwa 3000 Mill kWh möglicher Stromerzeugung (ab Stromerzeuger) zur Verfügung. An dieser Wasserkraft, deren Ausbau zugleich der Schiffbarkeit des oberen Uruguaystromes und damit auch brasilianischen Interessen dienen wird, sind Uruguay und Argentinien zu gleichen Teilen verfügungsberechtigt.

Bei der trotz aller lebhaften Entwicklung doch im Vergleich mit solchen Energiequellen beschränkten Aufnahmefähigkeit des Landes ist man berechtigt, auf längere Sicht die Elektrizitätsausfuhr als eine ernsthafte Zukunftsaufgabe des Landes zu bezeichnen.

[1] Über die technischen und wirtschaftlichen Grundlinien des Rio-Negro-Projektes ist in Dt. Wasserwirtsch. Bd. 25, S. 127 (1930) berichtet worden.

Digitized by Google

Die Ausnutzung der Energie des ersten (zunächst ausgeschriebenen) Werkes am Rio Negro wird in erster Linie durch Übertragung nach Montevideo (260 km), gleichzeitig und weiterhin zunehmend aber auch durch allmählichen Ausbau eines Mittelspannungsnetzes vornehmlich nach den Küstendepartamentos zu verwirklichen sein. Hierfür ist ein genereller Plan von dem Betriebsdirektor der staatlichen Elektrizitätswerke, Ing. Kayel, ausgearbeitet.

Die neue Dampfzentrale in Montevideo wird in diesem zukünftigen Entwicklungstande der Elektrizitätswirtschaft Uruguays die nach den klimatisch-hydrographischen Verhältnissen unentbehrliche Aushilfsenergie für katastrophale Dürreperioden sowie den täglichen Spitzenstrom zu liefern haben, endlich auch als Störungsreserve wirken können.

Für die beiden letztgenannten Aufgaben kommt in einem späteren Ausbaustadium daneben aber noch die Errichtung eines den La Plata als unteren und ein künstliches Becken auf einem Kegelberg als oberen Speicher benutzenden Pumpspeicherwerkes von etwa 120 m mittlerer geodätischer Speicherhöhe und 50 000 ... 100 000 kW Abgabeleistung in Montevideo in Frage, wofür verschiedene Vorschläge schon gemacht sind.

RUNDSCHAU.

Bergbau und Hütte.

Umkehrbares Blechwalzwerk mit elektrisch geheizten Rollengängen zur Vermeidung von Wärmeverlusten[1]. — Eine umkehrbare Blechstraße, auf der mit drei Mann Bedienung über 2 t Stahlbleche in 2 h gewalzt werden können, hat kürzlich die American Rolling Mill Co. errichtet. In diesem Walzwerk werden vorgewalzte Bleche während des Durchgangs durch den Rollgang *A* (Abb. 1) vorgewärmt. Das Blech geht dann durch das Duowalzwerk *D*. Die in dem Walzwerk verloren gegangene Wärme wird durch die Hochfrequenzspulen des Rollganges *B* ersetzt, den das Blech auf dem Wege zum Gerüst *E* durchläuft. Nach Auslauf aus diesem Gerüst wird das Blech durch die Spulen des Rollganges *C* wieder angewärmt und dann wird die Bewegung des Bleches und der Walzwerke selbsttätig umgekehrt.

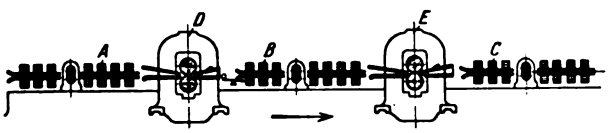


Abb. 1. Duowalzwerk zum Walzen von Feinblechen mit elektrisch geheizten Rollgängen.

Die Walzengerüste *D* und *E* haben elektrisch angetriebene Anstellvorrichtungen, mit denen die Walzen nach jedem Stich auf ein bestimmtes Maß eingestellt werden. Selbst beim schnellen Walzen ist genügend Zeit vorhanden zum Walzennachstellen. Mit diesem Walzwerk sollen Bleche von 2,25 mm Dicke in 6 Stichen auf 0,625 mm heruntergewalzt werden. Das Umkehren der Bewegung der Walzen geschieht durch dieselbe Einrichtung, die die Anstellvorrichtungen betätigt, aber die Einstellung des Heizstromes für die Spulen geschieht je nach Bedarf von Hand. Ein Mann steckt die vorgewalzten Bleche in den Zuführungsrollgang *A*, und an jedem Gerüst kontrolliert je ein Mann die Stromzuführung für die Spulen, während zum Walzen derselben Menge Bleche auf den bisherigen Straßen 20 Mann erforderlich waren. Es ist noch nicht entschieden, ob diese Ersparnis an Löhnen durch das elektrische Anwärmen ausgeglichen wird. Durch Versuche ist festgestellt, daß ein Verhältnis der Energieübertragung von den Spulen zum Blech von 34 % erreicht werden kann. Die folgende Energieverteilung kann als wohlbegründet angenommen werden: Spule 3000 W, Kern 1300 W, Blech 2250 W, so daß sich hieraus die Kosten des Anwärmens errechnen lassen. Angenommen, daß 2000 lbs Bleche über einen Bereich von 100 ° Fahr. erwärmt werden und die spezifische Wärme eines Bleches zu 0,2 angenommen wird, so wird die Wärmezufuhr sein: $2000 \cdot 100 \cdot 0{,}2 = 40\,000$ B. t. u.[2] Da die Wärmeübertragung zwischen Spule und Blech ungefähr 34 beträgt, so müssen ungefähr 120 000 B. t. u. aufgewendet werden, was einem Verbrauch von 35 kW/h entspricht. Der Energieverbrauch in den Spulen hängt von der Temperatur beim Blechwalzen ab. Gewöhnlich werden die Bleche bei weniger als 715 ° oder unter dem kritischen Punkt gewalzt. Man schätzt, daß das Blech nicht mehr als 24 ° beim Durchgang durch die Walzen verliert, also bei sechs Stichen 144 °. Bei einem Verbrauch von 35 kW/h 38 ° entspricht dieses 133 kW/h oder 4,20 RM für 1 t Bleche. Besonders müssen Legierungstähle innerhalb sehr geringer Temperaturgrenzen und mit geringen Walzdrücken gewalzt werden, wozu sich die oben beschriebene Einrichtung besonders eignet.

Eine andere Einrichtung (Abb. 2) bedient sich eines Doppel-Duowalzwerks, auf dem sowohl vorgewalzte Bleche als auch Feinbleche hergestellt werden können. Wenn das Walzwerk zum Vorwalzen dient, werden die Bleche wie gewöhnlich in einem Ofen vorgewärmt und auf den Wipprollgang *A* gelegt. Nach erfolgtem Durchgang durch die Walzen wird das Blech von dem Rollgang *B* aufgenommen, der an seinem dem Walzwerk zugekehrten Ende Einführungsrollen *F* trägt. Beim Durchgang durch diese Rollen drückt das Blech auf die Kontaktrolle *C*, wodurch die Führungsrollen in Umdrehung versetzt werden, bis das Blech hindurchgegangen ist. Der Rollgang wird durch Hochfrequenzspulen geheizt und verleiht dem Blech seine ursprüngliche Temperatur. Durch einen elektrischen Zeitschalter wird der Rollgang dann niedergelassen, so daß er in die punktiert gezeichnete Lage kommt. Durch den Kontakt *E* werden die Führungsrollen in entgegengesetzte Umdrehung versetzt, so daß das Blech in die Walzen *1* gelangt. Derselbe Vorgang spielt sich an der anderen Seite ab, das Blech geht also so lange durch das Gerüst vor und zurück, bis es die gewünschte Dicke erhalten hat. Die Leistung soll 3 t/h betragen. (Iron Trade Rev. Bd. 84, S. 994.) *Ill.*

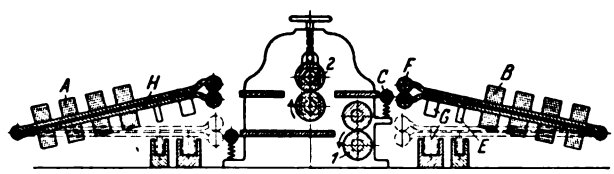


Abb. 2. Doppel-Duowalzwerk zum Walzen von Feinblechen mit elektrisch geheizten Wipprollgängen.

Leitungen.

Verkleinerung der Verluste im Bleimantel von Einleiterkabeln. — Es besteht heute kein Zweifel mehr darüber, daß sich Maßnahmen zur Verringerung der Verluste im Bleimantel von Einleiterkabeln insbesondere in städtischen Verteilungsnetzen hoher Leistung in kurzer Zeit durch die erzielten Betriebsersparnisse bezahlt machen. Je nach den Verhältnissen können die Bleimantelverluste zwischen etwa 25 und 300 % der Kupferverluste liegen; den möglichen Ersparnissen gegenüber spielen meist die zusätzlichen Aufwendungen bei der Kabelanlage eine unbedeutende Rolle. Über die Theorie der Bleimantelverluste und Maßnahmen zu ihrer Bekämpfung wurde in dieser Zeitschrift mehrmals berichtet[1]. Halperin und Miller geben eine übersichtliche Zusammenstellung dessen, was an Abhilfsmaßnahmen bisher bekannt und erprobt worden ist, und berichten über weitere Fortschritte auf Grund eigener Untersuchungen in Gemeinschaft mit der Commonwealth Edison Co. an ausgedehnten Kabelanlagen für 12 und 66 kV. Abb. 3 stellt die verschiedenen Schaltungen der Bleimantelabschnitte einander gegenüber, welche praktisch erprobt sind. Zur Vermeidung von Wechselstrom-Elektrolyse erwies es sich als ratsam, Bleimantelspannungen von mehr als 12 V gegen Erde nicht aufkommen zu lassen; das führt zu Abschnittslängen von ungefähr 200 m. In Abb. 3 sind gewöhnliche Muffen durch schwarze, Isoliermuffen durch weiße Rechtecke dargestellt. Bei der Beurteilung der Eignung der einzelnen Methoden von Fall zu Fall ist nicht nur die Verminderung der Verluste und der induzierten Spannung im Normalbetrieb, sondern vor allem auch die induzierte Spannung bei Fehlerzuständen zu beachten. Die einfachste Methode besteht in

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1273.
[2] British thermal unit = 0,252 kcal.

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 1495 u. 1561.

Digitized by Google

dem Verbinden und Erden der 3 Bleimäntel an den Muffen (Abb. 3a). Kostspieliger ist das Verbinden der Mäntel an nur einem Ende mit einem Hilfsleiter unter Benutzung von Isoliermuffen (Abb. 3b). Die ständige Kreuzverbindung nach Abb. 3c schafft unkontrollierbare Spannungen gegen Erde. Eine Abwandlung dieses Verfahrens zeigt Abb. 3d; hier sind Kreuzverbindungen und Isoliermuffen nur an 2 von 3 Verbindungstellen vorgesehen, die dritte Verbindungstelle hat gewöhnliche Muffen und eine geerdete Querverbindung. Diese Methode ist sehr wirksam und reduziert die Verluste auf etwa 2 % der im Falle 3a auftretenden, doch besteht die Gefahr von Ausgleichströmen bei nicht ausreichender Symmetrie; die Methode wird von der oben genannten Gesellschaft in den meisten Fällen angewandt und ist billig. Durch Einschalten von Reihenimpedanzen in die Mäntel nach Art der Abb. 3e und Erden ihrer Mitten wird das Potential gegen Erde herabgesetzt; ist die Impedanz hoch gegen die des Mantels, so fließt in diesem nur ein schwacher Strom, die Verluste sind gering. Bei Verwendung von Kernen mit gesättigtem Eisen wird im Fehlerzustande unerwünscht hohen Spannungen des Mantels vorgebeugt. Allerdings haben solche Einphasenreaktanzen den Nachteil der Erzeugung dreifach-harmonischer Oberschwingungen, deren Gefahr für parallelverlaufende Fernmeldeleitungen bekannt ist. Ferner können Straßenbahn-Gleichströme eine Gleichstrommagnetisierung verbunden mit Verluststeigerung und ebenfalls Erregung störender höherer Harmonischer bewirken. Schließlich können Fehlerrückströme erhebliche Mantelspannungen hervorrufen. Eine Schaltung mit Einphasentransformatoren in Gestalt von Durchführungstromwandlern zeigt Abb. 3f. Der Eisenkern liegt entweder in dem Muffengehäuse oder umgibt dieses ringförmig; die den Kern umschlingende Sekundärwicklung überbrückt die Verbindungstelle und ist in ihrem Mittelpunkt geerdet. Die Nachteile dieser Anordnung sind mechanischer und elektrischer Natur. Eine von den Verfassern angegebene Schaltung (Abb. 3g) verwendet an jeder zweiten Verbindungstelle sterngeschaltete Transformatoren. Der Sternpunkt ist geerdet, die Mantelabschnitte sind gekreuzt verbunden, die Spannung gegen Erde wird hierbei normalerweise um 40 % vermindert; die Anlagekosten sind mäßig, da solche Transformatoren (Reaktoren genannt) nur bei jeder zweiten Verbindungstelle benötigt werden.

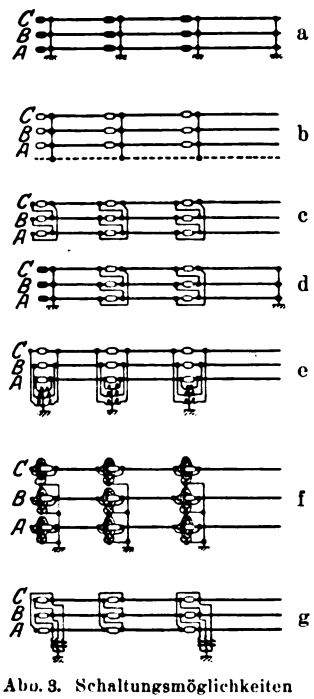


Abb. 3. Schaltungsmöglichkeiten der Bleimantelabschnitte.

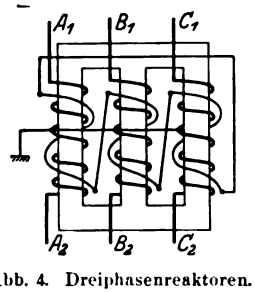


Abb. 4. Dreiphasenreaktoren.

Eine wesentliche Verbesserung bedeutet nun die Verwendung von Dreiphasenreaktoren, wie sie in Abb. 4 dargestellt sind. Die Klemmen A_1, A_2 usw. werden mit den Abschnittsenden verbunden, die Mittelpunkte der Primärwicklungen sind wiederum geerdet. Außerdem trägt der Reaktor eine sekundäre Kurzschlußwicklung auf den drei Schenkeln. Im Normalbetrieb ist die Dreiphasenreaktanz der Primärwicklung groß, es fließt nur der schwache Erregerstrom. Die Sekundärwicklung wirkt dabei nur als Tertiärwicklung und verhindert das Fließen von dreizahligen Harmonischen in den Bleimänteln. Im Fall eines Kabelfehlers fließt der Fehlerstrom über alle drei Mäntel in gleicher Richtung und mit etwa gleicher Stärke — letzteres besonders dann, wenn die Kabel in Röhren, also gut isoliert liegen — und auch in gleicher Richtung durch die Primärwicklungen. Der Reaktor verhält sich dann wie ein kurzgeschlossener Transformator, und seine Reihenreaktanz rührt nur von dem Streufluß her, so daß der reaktive Spannungsabfall sehr gering ist. Vagabundierende Gleichströme, welche von den Bleimänteln aufgenommen werden, erzeugen einen Magnetfluß, der sich durch die Luft schließt, so daß sie das Verhalten des Transformators gegenüber Wechselströmen nicht merklich nachteilig beeinflussen können. Anderseits bieten die Reaktorwicklungen den Gleichströmen nur geringen Widerstand, was hinsichtlich der elektrolytischen Korrosion vorteilhaft ist. Die Anlagekosten sind bei Dreiphasentransformatoren geringer als bei Einphasenreaktoren.

In der Originalarbeit sind zur weiteren Durchführung des Vergleichs der verschiedenen Abhilfemaßnahmen noch Spannungs- und Stromdiagramme mitgeteilt. Als Isoliermuffen haben sich solche mit Bakelit während des bisherigen Betriebes von zweijähriger Dauer gut bewährt. Eingehende Untersuchungen beschäftigten sich mit den noch wenig geklärten Erscheinungen der Wechselstromkorrosion; hiervon sei nur hervorgehoben, daß sich bei Versuchen in Chicago und im Laboratorium für im Wasser liegende Kabel ein Wechselpotential von 12 V zwischen Mantel und Erde als unschädlich herausgestellt hat. Ähnliches ergab sich für Erdkabel. (H. Halperin und K. W. Miller, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 48, S. 20.) *Eg.*

Über das Eindringen von Wasser in die Isolation von Starkstromkabeln. — Zur Untersuchung der Frage, mit welcher Geschwindigkeit bei beschädigten Kabeln Wasser in die Isolation eindringt, hatte die Detroit Edison Co. eine Versuchsanordnung aufgebaut, bei der ein Kabelstück von einigen Metern Länge in einem Grundwasser enthaltenden Trog gelagert war. In den Bleimantel waren drei Löcher gebohrt. Die im normalen Betrieb obwaltenden Verhältnisse wurden weitgehend nachgebildet, d. h. das Kabel wurde mittels Niederspannung mit einer die Normalbelastung der betreffenden Type um 20 % übersteigenden Stromstärke belastet und außerdem auf 24 kV verkettete Spannung zwischen den 3 Leitern gebracht. Täglich stand das Prüfstück 10 h unter Spannung und Belastung, so daß ein regelrechter intermittierender Betrieb mit seinen das Kabel immer wieder erneut erwärmenden und abkühlenden Wirkungen vorlag.

Die interessanteste Feststellung ist nun die, daß erst nach einem Jahre die Zerstörung der Isolation zum Durchschlag führte. Das Eindringen der Feuchtigkeit geht also äußerst langsam vor sich. Während der Probe wurde fortlaufend der Isolationswiderstand überwacht; bis etwa drei Wochen vor dem Durchschlag blieb der Isolationswiderstand auf 8000 $M\Omega$ oder mehr und fiel erst dann auf 4000 ab. Dabei sprach eine Relaisschutzschaltung wegen zu geringen Kurzschlußstromes überhaupt nicht an. Während 5 Monate waren Vorkehrungen getroffen, um etwa entweichendes Gas über den Bleimantelanbohrungen auffangen zu können, aber es wurde kein Gas festgestellt. Nach dem Durchschlag wurde das Kabel in drei Teile geschnitten, und durch Abwickeln wurden die Fehlerstellen bloßgelegt. Diese glichen sich im wesentlichen; der Durchschlagskanal verlief vom Mantel zur Ader mit trichterförmiger Verengerung in Richtung zum Leiter. Die eingedrungene Feuchtigkeit erstreckte sich im allgemeinen nur auf ziemlich kleine Bereiche um den Kanal herum, jedoch zeigten sich durchaus nicht alle Lagen der Leiterisolation durchfeuchtet. Das Papier wies an keiner Stelle Schwärzungen oder auch nur Verfärbungen auf, welche auf Verkohlung hindeuten würden; über das ganze Kabel verteilt fanden sich zweigartige Verästelungen (weiß auf grauem Untergrund in den Photographien). Ein wachsähnlicher Körper fand sich nirgends. (G. B. McCabe, El. World Bd. 92, S. 1034.) *Eg.*

Elektromaschinenbau.

Der Dreinutmotor. — Eine bemerkenswerte Lösung des Anlaufproblems der Kurzschlußmotoren stellt der Dreinutmotor der Schorch-Werke A. G., Rheydt, dar. Derselbe beruht gleichfalls auf dem Stromverdrängungsprinzip, das er jedoch mit einer gänzlich neuen Wicklungsanordnung (DRP.) ausnutzt, wodurch es gelingt, eine günstige Drehmomentcharakteristik bei besseren Betriebseigenschaften zu erzielen, als es bisher möglich war. Abb. 5 zeigt den Läufer dieses Dreinutmotors vor der Lackträgung und ohne Ventilatoren. Wie aus dieser Abbildung zu ersehen ist, befinden sich in drei verschiedenen Teilkreisen Nuten angeordnet, nach welchem charakteristischen Merkmal der Name „Dreinutmotor" gewählt wurde. In radialer Richtung besitzt der Läuferblechschnitt jedoch nur 2 Nuten, wobei stets abwechselnd eine Nut unmittelbar unter dem Käfigstab und die zweite stärker streuend tiefer

Digitized by Google

angeordnet ist. Mit Hilfe eines vierstufigen Spezial-Sterndreieckschalters lassen sich die Schaltstellungen nach Abb. 6 herstellen. Abb. 7 zeigt das zugehörige Schaltbild.

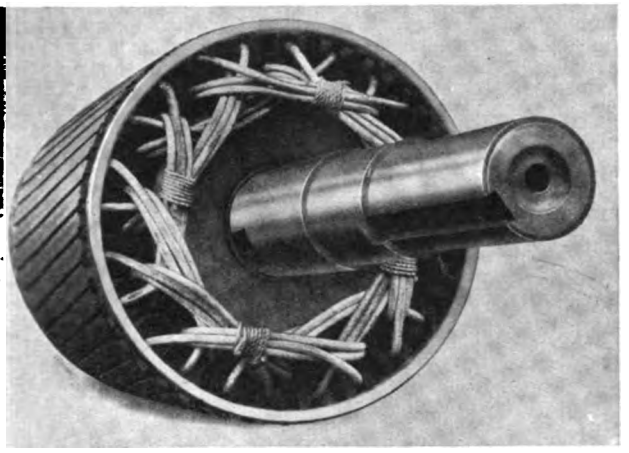


Abb. 5. Ungetränkter Läufer eines Dreinutmotors.

Abb. 8 zeigt die Drehmoment-Strom-Charakteristik des Motors im Anlauf. Trotz des sehr hohen Stillstandsmomentes ist der Drehmomentabfall sehr klein, und der Motor kann gegen beträchtliche Lastmomente unter Einhaltung der zugelassenen Stromspitzen anlaufen. Auch die Möglichkeit, auf den weiteren Schaltstufen mit noch immer erträglichen

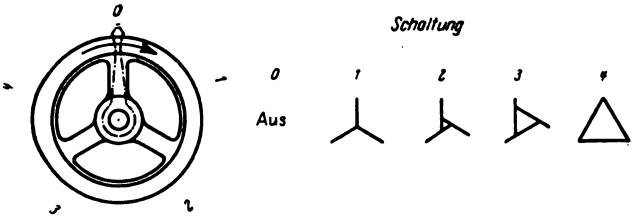


Abb. 6. Schema der vier Schaltstellungen des Spezial-Sterndreieckschalters.

Strömen auch größere Stillstandsmomente als das Nenndrehmoment entwickeln zu können, ist ein erheblicher Vorteil. In Abb. 9 ist die oszillographische Aufnahme eines solchen Anlaufs gezeigt.

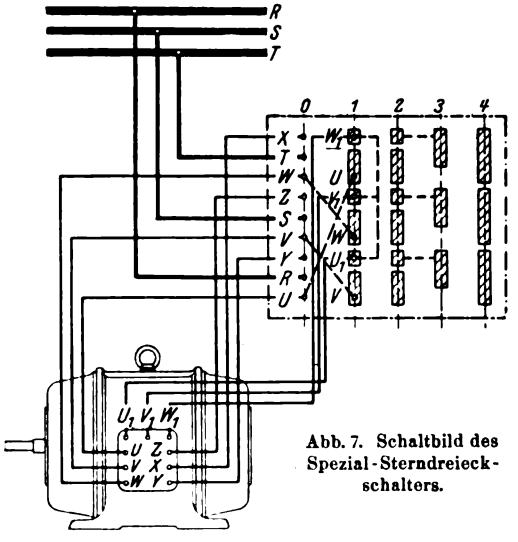


Abb. 7. Schaltbild des Spezial-Sterndreieckschalters.

Das Bedürfnis nach einem Motor, der mit möglichst geringem Stromstoß direkt an das Netz gelegt werden kann, führte zur Entwicklung des Dreinutmotors in Sonderauslegung, der bei grundsätzlich gleichem Aufbau sich von der Normalauslegung nur in der elektrischen Bemessung unterscheidet. Abb. 10 zeigt ein Beispiel der Drehmoment-Strom-Charakteristik dieses Motors. Je nach Leistung und Polzahl beträgt der maximale Einschaltstrom etwa das 3,2- bis 3,6fache des Nennstroms. Das Stillstandsmoment ent-

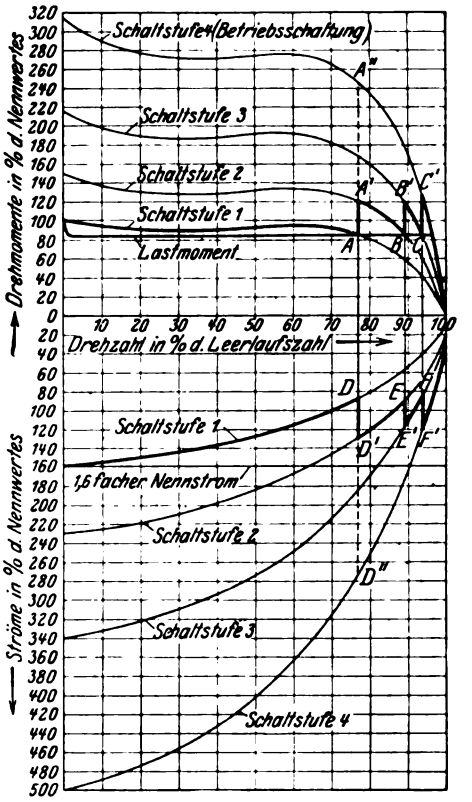


Abb. 8. Drehmoment-Stromschaubild eines Dreinutmotors in den vier Schaltstellungen des Spezial-Sterndreieckschalters.

Abb. 9. Oszillographische Aufnahme eines Lastanlaufes.

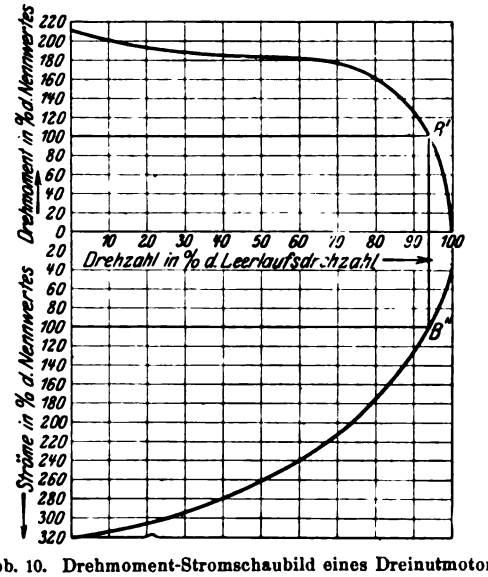


Abb. 10. Drehmoment-Stromschaubild eines Dreinutmotors für direkte Einschaltung.

spricht etwa dem 2,2fachen Nenndrehmoment. Mit diesem Motor lassen sich besonders günstige Antriebslösungen für Fernsteuerung, Automatisierung u. dgl. schaffen. *fi*

Digitized by Google

dem Verbinden und Erden der 3 Bleimäntel an den Muffen (Abb. 3a). Kostspieliger ist das Verbinden der Mäntel an nur einem Ende mit einem Hilfsleiter unter Benutzung von Isoliermuffen (Abb. 3b). Die ständige Kreuzverbindung nach Abb. 3c schafft unkontrollierbare Spannungen gegen Erde. Eine Abwandlung dieses Verfahrens zeigt Abb. 3d; hier sind Kreuzverbindungen und Isoliermuffen nur an 2 von 3 Verbindungstellen vorgesehen, die dritte Verbindungstelle hat gewöhnliche Muffen und eine geerdete Querverbindung. Diese Methode ist sehr wirksam und reduziert die Verluste auf etwa 2 % der im Falle 3a auftretenden, doch besteht die Gefahr von Ausgleichströmen bei nicht ausreichender Symmetrie; die Methode wird von der oben genannten Gesellschaft in den meisten Fällen angewandt und ist billig. Durch Einschalten von Reihenimpedanzen in die Mäntel nach Art der Abb. 3e und Erden ihrer Mitten wird das Potential gegen Erde herabgesetzt; ist die Impedanz hoch gegen die des Mantels, so fließt in diesem nur ein schwacher Strom, die Verluste sind gering. Bei Verwendung von Kernen mit gesättigtem Eisen wird im Fehlerzustande unerwünscht hohen Spannungen des Mantels vorgebeugt. Allerdings haben solche Einphasenreaktanzen den Nachteil der Erzeugung dreifach-harmonischer Oberschwingungen, deren Gefahr für parallelverlaufende Fernmeldeleitungen bekannt ist. Ferner können Straßenbahn-Gleichströme eine Gleichstrommagnetisierung verbunden mit Verluststeigerung und ebenfalls Erregung störender höherer Harmonischer bewirken. Schließlich können Fehlerrückströme erhebliche Mantelspannungen hervorrufen. Eine Schaltung mit Einphasentransformatoren in Gestalt von Durchführungstromwandlern zeigt Abb. 3f. Der Eisenkern liegt entweder in dem Muffengehäuse oder umgibt dieses ringförmig; die den Kern umschlingende Sekundärwicklung überbrückt die Verbindungstelle und ist in ihrem Mittelpunkt geerdet. Die Nachteile dieser Anordnung sind mechanischer und elektrischer Natur. Eine von den Verfassern angegebene Schaltung (Abb. 3g) verwendet an jeder zweiten Verbindungstelle sterngeschaltete Transformatoren. Der Sternpunkt ist geerdet, die Mantelabschnitte sind gekreuzt verbunden, die Spannung gegen Erde wird hierbei normalerweise um 40 % vermindert; die Anlagekosten sind mäßig, da solche Transformatoren (Reaktoren genannt) nur bei jeder zweiten Verbindungstelle benötigt werden.

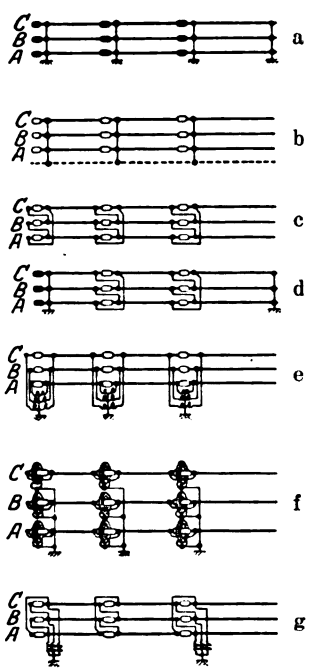


Abb. 3. Schaltungsmöglichkeiten der Bleimantelabschnitte.

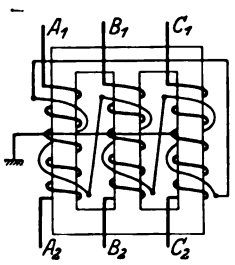


Abb. 4. Dreiphasenreaktoren.

Eine wesentliche Verbesserung bedeutet nun die Verwendung von Dreiphasenreaktoren, wie sie in Abb. 4 dargestellt sind. Die Klemmen A_1, A_2 usw. werden mit den Abschnittsenden verbunden, die Mittelpunkte der Primärwicklungen sind wiederum geerdet. Außerdem trägt der Reaktor eine sekundäre Kurzschlußwicklung auf den drei Schenkeln. Im Normalbetrieb ist die Dreiphasenreaktanz der Primärwicklung groß, es fließt nur der schwache Erregerstrom. Die Sekundärwicklung wirkt dabei nur als Tertiärwicklung und verhindert das Fließen von dreizahligen Harmonischen in den Bleimänteln. Im Fall eines Kabelfehlers fließt der Fehlerstrom über alle drei Mäntel in gleicher Richtung und mit etwa gleicher Stärke — letzteres besonders dann, wenn die Kabel in Röhren, also gut isoliert liegen — und auch in gleicher Richtung durch die Primärwicklungen. Der Reaktor verhält sich dann wie ein kurzgeschlossener Transformator, und seine Reihenreaktanz rührt nur von dem Streufluß her, so daß der reaktive Spannungsabfall sehr gering ist. Vagabundierende Gleichströme, welche von den Bleimänteln aufgenommen werden, erzeugen einen Magnetfluß, der sich durch die Luft schließt, so daß sie das Verhalten des Transformators gegenüber Wechselströmen nicht merklich nachteilig beeinflussen können. Anderseits bieten die Reaktorwicklungen den Gleichströmen nur geringen Widerstand, was hinsichtlich der elektrolytischen Korrosion vorteilhaft ist. Die Anlagekosten sind bei Dreiphasentransformatoren geringer als bei Einphasenreaktoren.

In der Originalarbeit sind zur weiteren Durchführung des Vergleichs der verschiedenen Abhilfemaßnahmen noch Spannungs- und Stromdiagramme mitgeteilt. Als Isoliermuffen haben sich solche mit Bakelit während des bisherigen Betriebes von zweijähriger Dauer gut bewährt. Eingehende Untersuchungen beschäftigten sich mit den noch wenig geklärten Erscheinungen der Wechselstromkorrosion; hiervon sei nur hervorgehoben, daß sich bei Versuchen in Chicago und im Laboratorium für im Wasser liegende Kabel ein Wechselpotential von 12 V zwischen Mantel und Erde als unschädlich herausgestellt hat. Ähnliches ergab sich für Erdkabel. (H. Halperin und K. W. Miller, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 48, S. 20.) *Eg.*

Über das Eindringen von Wasser in die Isolation von Starkstromkabeln. — Zur Untersuchung der Frage, mit welcher Geschwindigkeit bei beschädigten Kabeln Wasser in die Isolation eindringt, hatte die Detroit Edison Co. eine Versuchsanordnung aufgebaut, bei der ein Kabelstück von einigen Metern Länge in einem Grundwasser enthaltenden Trog gelagert war. In den Bleimantel waren drei Löcher gebohrt. Die im normalen Betrieb obwaltenden Verhältnisse wurden weitgehend nachgebildet, d. h. das Kabel wurde mittels Niederspannung mit einer die Normalbelastung der betreffenden Type um 20 % übersteigenden Stromstärke belastet und außerdem auf 24 kV verkettete Spannung zwischen den 3 Leitern gebracht. Täglich stand das Prüfstück 10 h unter Spannung und Belastung, so daß ein regelrechter intermittierender Betrieb mit seinen das Kabel immer wieder erneut erwärmenden und abkühlenden Wirkungen vorlag.

Die interessanteste Feststellung ist nun die, daß erst nach einem Jahre die Zerstörung der Isolation zum Durchschlag führte. Das Eindringen der Feuchtigkeit geht also äußerst langsam vor sich. Während der Probe wurde fortlaufend der Isolationswiderstand übewacht; bis etwa drei Wochen vor dem Durchschlag blieb der Isolationswiderstand auf 8000 $M\Omega$ oder mehr und fiel erst dann auf 4000 ab. Dabei sprach eine Relaisschutzschaltung wegen zu geringen Kurzschlußstromes überhaupt nicht an. Während 5 Monate waren Vorkehrungen getroffen, um etwa entweichendes Gas über den Bleimantelanbohrungen auffangen zu können, aber es wurde kein Gas festgestellt. Nach dem Durchschlag wurde das Kabel in drei Teile geschnitten, und durch Abwickeln wurden die Fehlerstellen bloßgelegt. Diese glichen sich im wesentlichen: der Durchschlagskanal verlief vom Mantel zur Ader mit trichterförmiger Verengerung in Richtung zum Leiter. Die eingedrungene Feuchtigkeit erstreckte sich im allgemeinen nur auf ziemlich kleine Bereiche um den Kanal herum, jedoch zeigten sich durchaus nicht alle Lagen der Leiterisolation durchfeuchtet. Das Papier wies an keiner Stelle Schwärzungen oder auch nur Verfärbungen auf, welche auf Verkohlung hindeuten würden; über das ganze Kabel verteilt fanden sich zweigartige Verästelungen (weiß auf grauem Untergrund in den Photographien). Ein wachsähnlicher Körper fand sich nirgends. (G. B. McCabe, El. World Bd. 92, S. 1034.) *Eg.*

Elektromaschinenbau.

Der Dreinutmotor. — Eine bemerkenswerte Lösung des Anlaufproblems der Kurzschlußmotoren stellt der Dreinutmotor der Schorch-Werke A. G., Rheydt, dar. Derselbe beruht gleichfalls auf dem Stromverdrängungsprinzip, das er jedoch mit einer gänzlich neuen Wicklungsanordnung (DRP.) ausnutzt, wodurch es gelingt, eine günstige Drehmomentcharakteristik bei besseren Betriebseigenschaften zu erzielen, als es bisher möglich war. Abb. 5 zeigt den Läufer dieses Dreinutmotors vor der Lackträgung und ohne Ventilatoren. Wie aus dieser Abbildung zu ersehen ist, befinden sich in drei verschiedenen Teilkreisen Nuten angeordnet, nach welchem charakteristischen Merkmal der Name „Dreinutmotor" gewählt wurde. In radialer Richtung besitzt der Läuferblechschnitt jedoch nur 2 Nuten, wobei stets abwechselnd eine Nut unmittelbar unter dem Käfigstab und die zweite stärker streuend tiefer

Digitized by Google

ngeordnet ist. Mit Hilfe eines vierstufigen Spezial-terndreieckschalters lassen sich die Schaltstellungen nach bb. 6 herstellen. Abb. 7 zeigt das zugehörige Schaltbild.

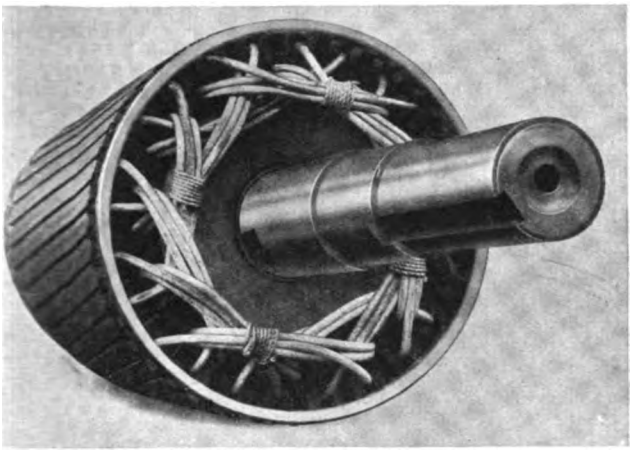


Abb. 5. Ungetränkter Läufer eines Dreinutmotors.

Abb. 8 zeigt die Drehmoment-Strom-Charakteristik des Motors im Anlauf. Trotz des sehr hohen Stillstandsmomentes ist der Drehmomentabfall sehr klein, und der Motor kann gegen beträchtliche Lastmomente unter Einhaltung der zugelassenen Stromspitzen anlaufen. Auch die Möglichkeit, auf den weiteren Schaltstufen mit noch immer erträglichen

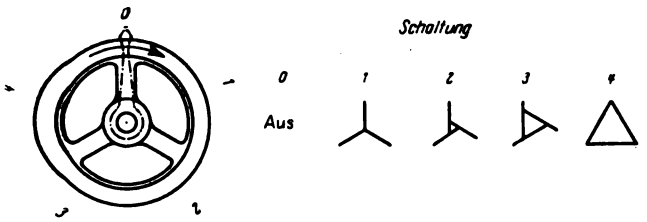


Abb. 6. Schema der vier Schaltstellungen des Spezial-Sterndreieckschalters.

Strömen auch größere Stillstandsmomente als das Nenndrehmoment entwickeln zu können, ist ein erheblicher Vorteil. In Abb. 9 ist die oszillographische Aufnahme eines solchen Anlaufs gezeigt.

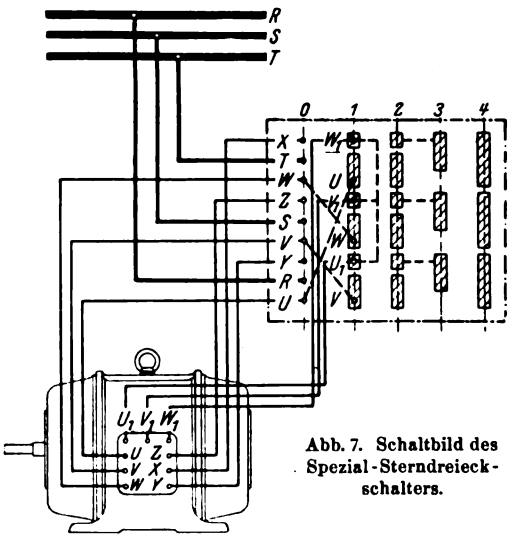


Abb. 7. Schaltbild des Spezial-Sterndreieckschalters.

Das Bedürfnis nach einem Motor, der mit möglichst geringem Stromstoß direkt an das Netz gelegt werden kann, führte zur Entwicklung des Dreinutmotors in Sonderauslegung, der bei grundsätzlich gleichem Aufbau sich von der Normalauslegung nur in der elektrischen Bemessung unterscheidet. Abb. 10 zeigt ein Beispiel der Drehmoment-Strom-Charakteristik dieses Motors. Je nach Leistung und Polzahl beträgt der maximale Einschaltstrom etwa das 3,2- bis 3,6fache des Nennstroms. Das Stillstandsmoment ent-

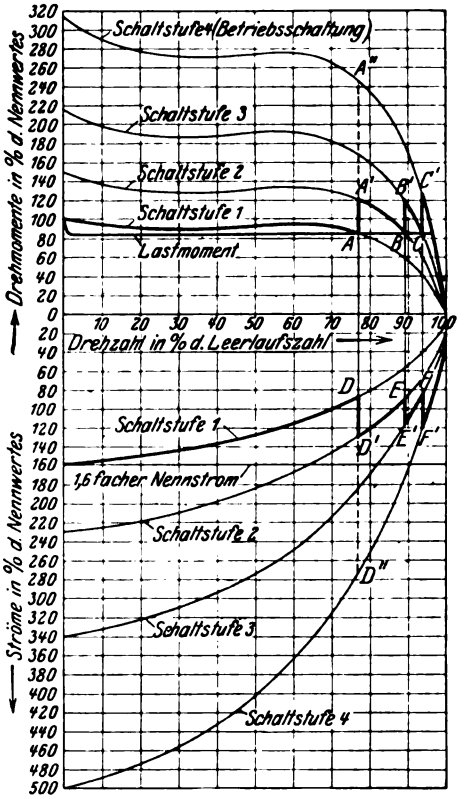


Abb. 8. Drehmoment-Stromschaubild eines Dreinutmotors in den vier Schaltstellungen des Spezial-Sterndreieckschalters.

Abb. 9. Oszillographische Aufnahme eines Lastanlaufes.

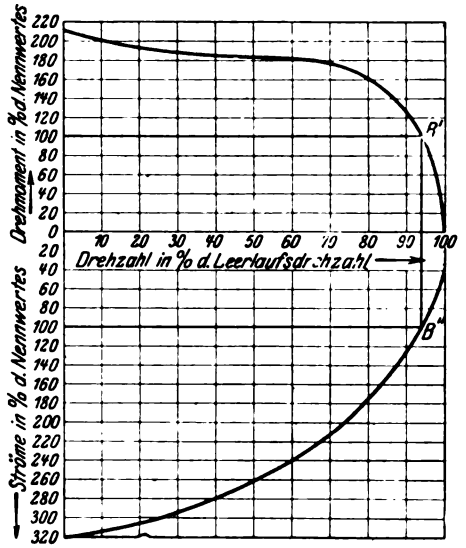


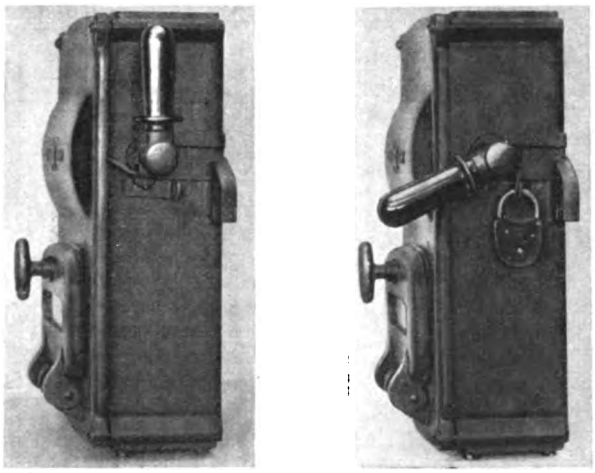
Abb. 10. Drehmoment-Stromschaubild eines Dreinutmotors für direkte Einschaltung.

spricht etwa dem 2,2fachen Nenndrehmoment. Mit diesem Motor lassen sich besonders günstige Antriebslösungen für Fernsteuerung, Automatisierung u. dgl. schaffen. *fi*

Digitized by Google

Apparate.

Schalter mit Vorhängeschloß zur Verhütung von Unfällen. — Zur Sicherung gegen unbefugtes Einschalten außer Betrieb gesetzter elektrischer Anlagen werden in der Regel die in den „Betriebsvorschriften" des Verbandes deutscher Elektrotechniker vorgesehenen Anhängeschilder gebraucht. Streng genommen beziehen sich diese Vorschriften nur auf den Fall, daß an der ausgeschalteten Anlage Arbeiten am elektrischen Teil vorgenommen werden müssen. Deshalb ist das Schild mit einem Blitzpfeil und dem Text versehen: „Nicht schalten! Gefahr vorhanden!" Auch sind diese Schilder in erster Linie zur Warnung für Leute berechnet, die sonst regelmäßig die Schalter bedienen und mit den Gefahren des elektrischen Stromes vertraut sind, denen also ein gewisses Verantwortungsgefühl eigen ist. Weniger gut paßt das Schild für die Fälle, in denen durch das Einlegen des Schalters eine Kraftübertragungsanlage oder eine Maschine in Gang



a b

Abb. 11a u. b. Schalter mit Vorhängeschloß.

gesetzt wird und aus deren Bewegung Gefahren entstehen. Solange von dem Schalter aus der Standort des Gefährdeten übersehen werden kann und umgekehrt, besteht eine gewisse Sicherheit durch die gegenseitige Verständigungsmöglichkeit. Anders liegt der Fall, wenn das Gegenteil zutrifft. Der Schalter bleibt dann meistens unbeaufsichtigt und es besteht die Gefahr, daß während der Arbeit eingeschaltet wird, sei es, daß ein Elektriker während der Pause die Wirkung des Schalters prüfen will, sei es, daß, wenn der Schalter im allgemeinen Verkehrsbereich liegt, ein Unbefugter sich an dem Apparat zu schaffen macht, ohne sich der Folgen seiner Handlung bewußt zu werden. Die Erfahrungen beweisen, daß das leider immer wieder vorkommt und zu schweren Unfällen Anlaß gibt, die deshalb so verhängnisvoll verlaufen, weil der Betroffene in der Regel allein ist und niemand ihm helfen kann. Um dieser Gefahr auch in den Fällen vorzubeugen, wo man glaubt, daß auch ein angehängtes Schild seinen Zweck zweifelsfrei nicht mehr erfüllen wird — man denke z. B. an den zu ebener Erde liegenden Schalter eines Hofkranes —, muß man für größere Sicherheit besorgt sein. Hierzu gehört die übrigens in Amerika sehr verbreitete Verschließbarkeit der Schalter[1] durch ein Vorhängeschloß. Die Firma Voigt & Haeffner AG., Frankfurt a. M., hat den ihr aus besonderem Anlaß gemachten Vorschlag, Schalter mit Einrichtungen zum Festlegen des Schalthebels zu bauen, aufgenommen. Abb. 11 a und b geben diese Ausführung wieder. Sie wird, da keinerlei Schutz darauf liegt, zweifellos Anlaß zur Nachahmung geben, womit der Unfallverhütung ein guter Dienst erwiesen würde.

Dr. Schwantke.

Gekapselter Ringkabel-Schaltapparat. — Zum Anschluß eines Konsumenten an ein Hochspannungs-Ringkabelnetz dient ein Apparat der Felten & Guilleaume Carlswerk AG., Köln-Mülheim, dessen Apparatur Abb. 12 im Schema zeigt. In Abb. 13 ist der Apparat in Ansicht dargestellt. Er besteht in der Hauptsache aus je 1 Kabelen verschluß für das ankommende und abgehende Kab 1 Kabelendverschluß für den Konsumenten, 2 Leistun Öltrennschaltern für die beiden Kabel und 1 Ölschaltsich rung für den Konsumenten. Die Kabeltrennschalter hab Momentschaltung und können die Nennleistung anstandsl ein- und ausschalten. Die Bedienung erfolgt durch zw Handgriffe von der Außenseite. Eine einfache Verrieg lung bedingt zwangläufig richtige Folge der Schaltung Der Konsument wird mittels der bereits erwähnten Ö schaltsicherung ein- und ausgeschaltet. Ein Grobschut

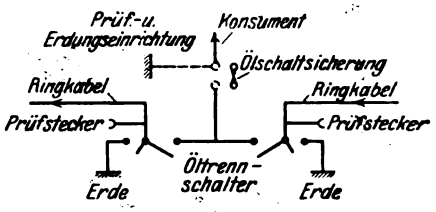


Abb. 12. Prinzipschema des Ringkabel-Schaltapparats.

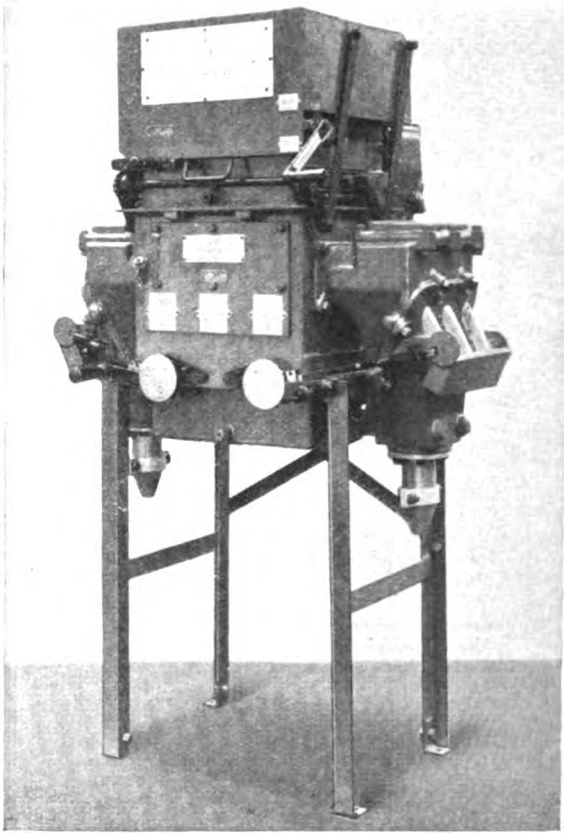


Abb. 13. Ringkabel-Schaltapparat, 10 000 V, 200/100/200 A.

der Konsumentenanlage bzw. des Konsumenten-Transformators auf der Hochspannungseite erfolgt ebenfalls durch die Hochspannungsicherung. Der Apparat ist wasserdicht gekapselt. Seine Aufstellung in Kellerräumen, die u. U. überflutet werden können, oder im Freien ist deshalb ohne weiteres möglich. Diese einfachen gekapselten Schaltapparate zum Anschluß eines Konsumenten an ein Hochspannungs-Ringkabelnetz werden für Spannungen bis 30 kV gebaut und können in Netzstellen eingebaut werden, wo mit einer Kurzschlußleistung bis zu mehreren hundert MVA zu rechnen ist. *fi*

Beleuchtung.

Gelenk-Schreibtischleuchte aus Isolierstoff. — Die in Abb. 15 dargestellte, ganz aus Isolierstoff hergestellte Leuchte ist an zwei Gelenken beweglich, also in alle Lagen

[1] Vgl. a. ETZ 1929, S. 1811.

Digitized by Google

zu stellen, so daß man das Licht dahin bringen kann, wo es gebraucht wird. Der ebenfalls ganz aus Isolierstoff bestehende, innen mit Metall belegte Reflektor hat eine in lichttechnischer Beziehung richtige Form und ist im oberen Gelenk für sich verstellbar. Die Leuchte läßt sich auf diese Weise auch für andere Zwecke, z. B. als Flügellampe, zur Beleuchtung des Spiegels am Spiegelschrank usw. verwenden.

Abb. 14. Gelenk-Schreibtischleuchte aus Isolierstoff.

Die Einschaltung geschieht durch einen im Lampenfuß eingebauten Druckknopfschalter. Die Ausführung der Leuchte in Isolierstoff bietet die Gewähr, daß der Bedienende bei einem Körperschluß, der einmal in einer Leuchte eintreten kann, besonders bei Wechselstromanlagen, geschützt ist. Die Leuchte wird von der Kontakt AG., Frankfurt a. M.-Rödelheim, ausgeführt. *fi*

Meßgeräte und Meßverfahren.

Die Messung von hohen Wechselspannungen aus dem magnetischen Feld des Verschiebungsstroms. — H. Laub untersucht die Frage, ob das mit einem elektrischen Wechselfeld verkettete magnetische Feld auch bei den technisch wichtigen niedrigen Frequenzen ohne Verstärkerschaltungen direkt gemessen werden kann. Die vom magnetischen Feld des Verschiebungsstroms induzierte Spannung ist dem Differentialquotienten zweiter Ordnung der zeitlich veränderlichen Spannung proportional, die das elektrische Feld in einem Dielektrikum aufrechterhält. Die induzierte Spannung oder der von ihr erzeugte Strom ist also ein Maß für die an den Elektroden des Dielektrikums liegende Spannung. Als Ferromagnetikum der ringförmigen vom Verschiebungsstrom durchfluteten Spule wird eine Nickel-Eisen-Legierung mit sehr hoher Anfangspermeabilität (Permalloy) verwendet. Dann kann der Strom in dieser Spule mit einem direkt zeigenden Instrument gemessen werden. Als solches eignet sich besonders gut ein elektromagnetisch abstimmbares Vibrationsgalvanometer, das als Ausschlaginstrument benutzt wird. Die Rechnung zeigt dann, daß bei Spannungen mit nicht zu stark verzerrter Kurvenform der Effektivwert gemessen wird. Der Fehler durch Frequenzschwankungen ist bei Verwendung eines Vibrationsgalvanometers sehr gering.

Es werden zwei Ausführungen für 50 Hz und Spannungen bis 100 kV beschrieben. Bei der einen wird als Dielektrikum Minos-Glas verwendet und das Magnetfeld des Verschiebungsstroms gemessen. Bei der zweiten Ausführung dient Luft als Dielektrikum; dann ist es vorteilhafter, den Permalloyring über den Zuleitungen anzuordnen und das Magnetfeld des Ladestroms zur Messung heranzuziehen. Man kann in diesem Fall auch Kugeln als Elektroden verwenden und so mit einer Anordnung Effektivwerte (mit dem Permalloyring) und Maximalwerte (aus der Schlagweite) messen. Die beschriebene Meßmethode hat den Vorteil, daß das Instrument, an dem die Ablesung erfolgt, geerdet und beliebig weit von der Meßstelle entfernt aufgestellt werden kann. Die Teilung der Skala ist äquidistant; die Eichung kann mit kleiner, leicht meßbarer Spannung durchgeführt werden. (H. Laub, Arch. El. Bd. 23, H. 6, S. 643.)

Ein elektrisches direkt zeigendes Vakuummeter auf dem Prinzip des anomalen Kathodenfalles. — Wellauer beschreibt ein direkt zeigendes elektrisches Vakuummeter, das die Eigenschaften des anomalen Kathodenfalles benutzt und sich insbesondere für die Kontrolle des Betriebes von Quecksilberdampf-Gleichrichtern vorzüglich eignet. Wie schon J. Stark gezeigt hat, ist der Strom in einer Entladungsröhre abhängig vom Gasdruck, sobald der Kathodenfall anomal geworden ist. Das beschriebene Vakuummeter, das diese Eigenschaft benutzt, besteht aus einem Transformator von etwa 50 W, der die speisende Wechselspannung auf etwa 7000 V_{eff} transformiert, dem Entladungsrohr, einem Stabilisierungswiderstand und einem Amperemeter oder Voltmeter als eigentlichem Vakuumanzeiger. Der Meßbereich des Entladungs-Vakuummeters hängt ab von der angelegten Spannung, dem Stabilisierungswiderstand und vor allem von der Ausbildung des Entladungsrohres. Der Einfluß dieser Größen wird angegeben. Abb. 15 gibt die Charakteristik einer Entladungsröhre in der beschriebenen Anordnung mit einem Meßbereich $^1/_{10}$ ... $^2/_{1000}$ mm Hg. Die Vorteile des Entladungs-Vakuummeters sind insbesondere große Einfachheit und Unempfindlichkeit gegen äußere Einflüsse. (M. Wellauer, Arch. El. Bd. 24, H. 1, S. 4.)

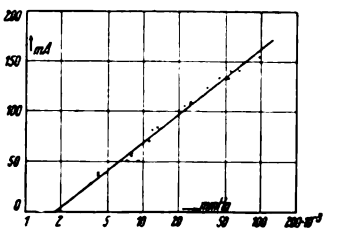


Abb. 15.

Installation.

Delmi-Decken-Schnelldübel. — Zur Befestigung von Rohr- und Kabelleitungen an Hohldecken dient der von der Firma „DELMI" Deutsche Elektro-Metall-Industrie, Kassel, hergestellte Delmi-Decken-Schnelldübel (Abb. 16).

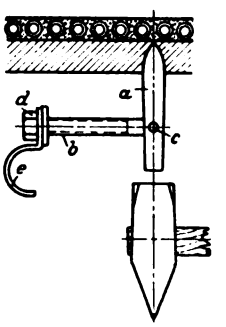


Abb. 16. Einschlagen des Delmi-Decken-Schnelldübels.

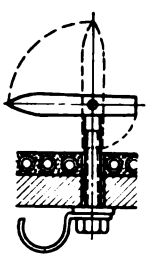


Abb. 17. Einstellen des Dübels nach dem Durchschlag.

Der Dübel *a* ist drehbar an dem die Rohrschelle *e* haltenden Schraubenbolzen *b* bzw. Haken (Abb. 19) befestigt derart, daß durch den Drehpunkt *c* der Dübel in zwei verschieden schwere Teile zerfällt. Man schlägt den Dübel durch die Decke hindurch (Abb. 16); in dem Hohlraum oberhalb der Decke klappt er dann selbsttätig in die horizontale Lage (Abb. 17), so daß er ohne Beschädigung der Decke nicht

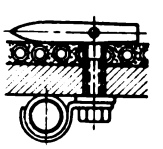


Abb. 18. Fertig montierter Dübel mit Rohrschelle.

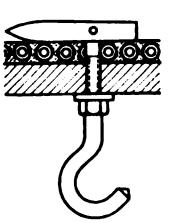


Abb. 19. Fertig montierter Schnelldübel mit Innengewindehaken.

mehr entfernt werden kann. Die Mutter *d* wird darauf angezogen und der überstehende Bolzenteil gegebenenfalls abgekniffen (Abb. 18). Zum Aufhängen leichter Lichtträger dient der Innengewindehaken (Abb. 19). Selbstverständlich ist der Dübel auch für Hohlstein- und Lehmdecken brauchbar. *fi*

Bahnen und Fahrzeuge.

Elektrischer Betrieb auf der französischen Mont-Cenis-Strecke. — Das elektrisch betriebene Eisenbahnnetz Südfrankreichs hat durch die Elektrisierung der Strecke Culoz—Modane der PLM. eine neuerliche bedeutsame Erweite-

Digitized by Google

rung erfahren[1]. Im Anschluß an die bereits elektrisch befahrene italienische Teilstrecke Genua—Mont Cenis wird nunmehr nahezu auf der Hälfte der Strecke Paris—Genua der Verkehr durch elektrische Lokomotiven bewerkstelligt. Abb. 20 zeigt den Lageplan, Abb. 21 den Höhenplan der kürzlich umgestellten Teilstrecke.

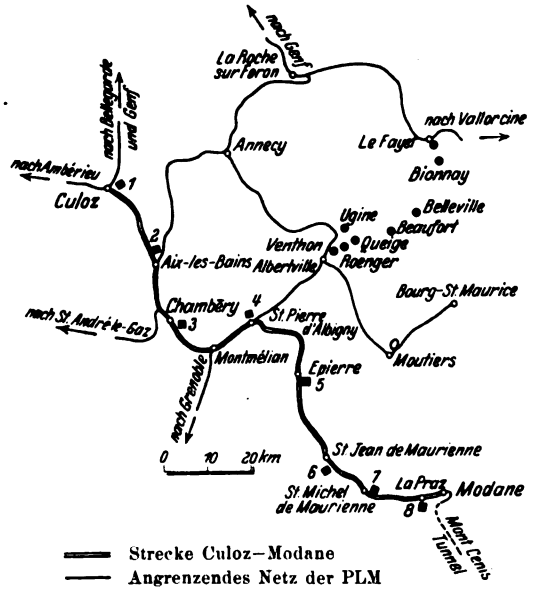


Abb. 20. Streckenplan.

Die Stromversorgung erfolgt aus der benachbarten Kraftwerksgruppe der Société d'Electrochimie, d'Electrométallurgie et des Aciéries électriques d'Ugine (SECEM), welche die Wasserkräfte der Arly und Arve in mehreren Gefällstufen ausnutzt (Abb. 20). Der Strom wird den acht Bahnumformerwerken über die Hauptverteilungstelle der genannten Gesellschaft in Venthon mit 42 kV, 50 Hz zugeführt, u. zw. verläuft zunächst eine 25 km lange Stichleitung von Venthon zum Umformerwerk St. Pierre d'Albigny, von wo dann Abzweige beiderseits der Bahntrasse folgen. Sämtliche 42 kV-Leitungen bestehen aus zwei parallelen Strängen auf gemeinsamem Gestänge. Auf den ebenen Teilstrecken kommen bei einer mittleren Mastentfernung von 100 m Aluminiumseile von 193 bzw. 162 mm² zur Verwendung, die bei 17 kg/mm² Bruchfestigkeit mit max. 5,66 kg/mm² gespannt sind und bei 40° einen Durchhang von 2,6 bzw. 2,85 mm aufweisen. Auf der Gebirgstrecke dagegen ist die Leitung mit Stahl-Aluminium-Seil 156 + 36 mm² ausgerüstet, das bei einer zusammengesetzten Bruchfestigkeit von 29 kg/mm² gleichfalls nur mit 5,66 kg/mm² gespannt ist. Schließlich sind durchlaufend zwei Erdseile aus Stahl von je 60 mm² verlegt. Jeder Mast ist durch eine Kupferplatte geerdet.

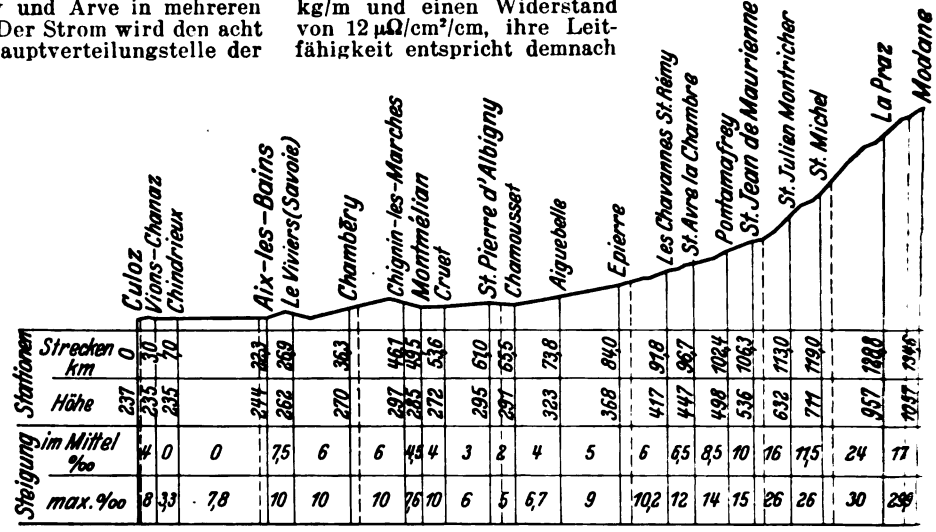


Abb. 21. Höhenplan der Strecke Culoz—Modane.

Von besonderem Interesse ist die teilweise Verwendung von Glasisolatoren in den Hochspannungsleitungen, u. zw. sowohl von Stützern mit dreifachem Schirm als auch von Abspannern der Kappentype. Um die Vornahme von Ausbesserungen an einem Leitungsstrang zu ermöglichen, während der andere unter Spannung steht, wurde ein Horizontalabstand von 3,6 m vorgeschrieben. Dementsprechend hat sich eine verhältnismäßig breite Konstruktion der Maste ergeben.

Die mittlere Entfernung der Unterwerke voneinander beträgt, wie aus Abb. 21 ersichtlich ist, auf den Teilstrecken mit schwacher Steigung 21,5, im Hochgebirgsteil nur rd. 12 km. Die Bahnspannung von 1500 V Gleichstrom wird in den Unterwerken durch paarweise in Reihe geschaltete Einankerumformer von je 1000 kW, 750 V erzeugt, u. zw. sind in La Praz insgesamt 6000, in den übrigen Werken vorläufig nur je 4000 kW Umformerleistung installiert, jedoch ebenfalls Platz für 6000 kW vorgesehen. Nur in St. Pierre d'Albigny wurden Motorgeneratoren mit Synchronmotoren aufgestellt, die gleichzeitig als Phasenschieber dienen. Für die Wahl rotierender Umformer war maßgebend, daß zur Zeit des Baubeginns (1923) die Betriebsicherheit der Gleichrichter durch die Bahnverwaltung noch als unzureichend angesehen wurde sowie ferner die Rücksicht auf Stromrückgewinnung.

Die 42 kV-Schaltanlage mußte in den höher gelegenen Unterwerken aus klimatischen Gründen unter Dach untergebracht werden; der Einheitlichkeit wegen wurde dann für den übrigen Teil die gleiche Anordnung beibehalten. Jedes Unterwerk erhält auch Einrichtungen für die Streckentrennung der 42 kV-Leitungen. An weiteren Einzelheiten sind bemerkenswert: Als Überspannungsschutz sind in jeder 42 kV-Schaltanlage über Trennschalter und Sicherungen Ableitungsdrosselspulen von rd. 1000 Ω angeschlossen, welche mit einer als Spannungsteiler dienenden Niederspannungswicklung versehen wurden. An diese Drosselspulen sind in St. Pierre d'Albigny und La Praz Bleioxydableiter, in den übrigen Stationen statische Kondensatoren von etwa 0,0038 μF angeschlossen. Außerdem sind alle ein- und ausgehenden Leitungen sowie die Sammelschienen mit Schutzdrosselspulen ausgerüstet. Ein einfacher Differentialschutz, welcher beiderseitige Abschaltung eines defekten Leitungstückes bewirkt, wenn beide 42 kV-Leitungen unter Spannung stehen, dagegen nur einseitiges Abschalten bei Betrieb mit nur einem Strang, ist gleichfalls vorhanden. Mit Ausnahme des Bahnhofes Chambéry sowie der Nebengleise einiger anderer Bahnhöfe, die mit einfacher Kettenoberleitung ausgerüstet sind, erfolgt die Stromzuführung mittels dritter Schiene. Auf dem Grenzbahnhof Modane besteht neben der dritten Schiene des französischen Systems noch die Drehstromoberleitung der italienischen Staatsbahn. Die verwendete Stromschiene hat eine normale Länge von 24 m, einen Querschnitt von 6600 mm², ein Gewicht von 50 kg/m und einen Widerstand von 12 μΩ/cm²/cm, ihre Leitfähigkeit entspricht demnach einem Kupferquerschnitt von etwa 900 mm². Die Verlegung erfolgte in 620 mm seitlichem Abstand von der zunächst liegenden Fahrschiene. Die Oberkante der Stromschiene, auf welcher der Stromabnehmer schleift, liegt 180 mm über der Oberkante der Fahrschienen. Abb. 22 zeigt links die Unterstützung der Stromschiene (bei abgenommener Schutzabdeckung), rechts die Befestigung der Abdeckung, welche aus durchlaufenden Bohlen aus imprägniertem Tannenholz besteht. Für die Stoßverbindungen wurden teils Kupferlaschen teils Aluminiumschweißung verwendet. Bei letzterem Verfahren entstehen Schwierigkeiten infolge der Wärmedehnung, die sich im Sommer durch Isolatorbrüche an Kurven äußern und zu deren Abstellung in Abständen von rd. 300 m besondere Ausdehnungsvorrichtungen eingebaut wurden. Die Tragisolatoren bestehen aus Basalt oder getränktem Sandstein. Der Isolationswiderstand beträgt bei trockenem Wetter etwa 70 000, bei Regen im allgemeinen nicht unter 7000 Ω/km.

[1] ETZ 1926, S. 998; 1928, S. 1072.

Digitized by Google

Da eine Teilstrecke bereits seit 1925 im Betrieb steht, lassen sich aus den seither mit der 3. Schiene gewonnenen Erfahrungen bereits wertvolle Schlüsse ziehen. Vor allem steht fest, daß die Instandhaltung einfacher und die Zahl der Störungen geringer ist als bei Oberleitung. Die Instandhaltung betrifft eigentlich nur den Berührungsschutz, während die Stromschiene selbst und deren Unterstützung keiner besonderen Aufmerksamkeit bedürfen. Trat, etwa durch eine Entgleisung, eine Beschädigung der 3. Schiene ein, so konnte die Wiederherstellung, die stets nur in der

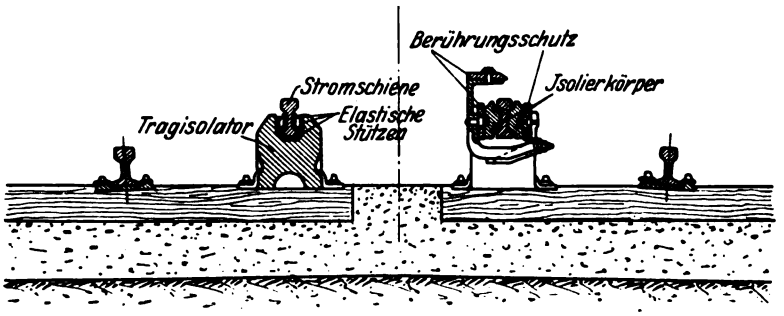


Abb. 22. Befestigung der Stromschiene.

Erneuerung einiger Stützisolatoren und im Geradebiegen der niemals gebrochenen Weicheisenschiene bestand, in kürzester Zeit durchgeführt werden. Dem steht als Nachteil allerdings eine gewisse Erschwerung der normalen Instandhaltungsarbeiten am Oberbau entgegen, da solche Arbeiten natürlich in der Regel bei unter Spannung stehender 3. Schiene durchgeführt werden müssen. Während der Vornahme solcher Arbeiten wird der Laufspalt für den Stromabnehmer der Lokomotiven durch dagegen gelehnte Bretter abgedeckt.

Die vier Fahrschienen der doppelgleisigen Strecke sind an den Stößen mit Kupferverbindern versehen und in Abständen von 500 m untereinander leitend verbunden. Wo solche Querverbindungen in den Bereich eines Bahnhofs fallen, sind sie über handbediente Schalter geführt. Nur in der Mitte zwischen je zwei benachbarten Unterwerken befindet sich außerdem ein selbsttätiger Streckentrennschalter, an dessen Klemmen beiderseits die zwei Stromschienen geschaltet sind. Durch diese Anordnung, welche die an den Weichen der Stationen ohnedies vorhandene Unterteilung der Stromschienen in einzelne Abschnitte ausnutzt, wird erreicht, daß beim Auftreten länger dauernder Kurzschlüsse auf der Strecke der betroffene Abschnitt allein abgeschaltet werden kann, ohne daß aber hierfür kostspielige Zwischenstationen mit selbsttätigen Trennschaltern, wie sie sonst bei Gleichstrom-Fernbahnen die Regel bilden, aufgestellt werden mußten. Damit wurde allerdings der Nachteil in Kauf genommen, daß das Personal der Bahnhöfe für die Bedienung der Schalter herangezogen werden muß. Hier zeigt sich ein recht erheblicher Nachteil der Verwendung von Gleichstrom im Hauptbahnbetrieb. Die hohen Stromstärken zwingen zu äußerster Ausnutzung des Leitermaterials, also auch zu betriebsmäßiger zweiseitiger Speisung und zur betriebsmäßigen Verbindung der Stromzuführung für beide Gleise. Um Störungen dann trotzdem örtlich zu begrenzen, werden verhältnismäßig verwickelte und den Betrieb belastende Vorkehrungen notwendig, die bei hochgespanntem Wechselstrom teilweise entbehrlich sind. (M. Le Touzé und M. Tourneur, Rev. Gén. des Chemins de fer Bd. 49, S. 517.) *v. Str.*

Gleislose elektrische Bahn Mettmann—Gruiten. — Ende August 1930 wurde zwischen Mettmann und Gruiten eine gleislose elektrische Bahn für Personenverkehr eröffnet. Diese nach dem Kriege als erste in Deutschland erbaute Linie von 5,77 km Länge in sehr schwierigem, krümmungs und steigungsreichem Gelände (Abb. 23) ist an Stelle eines bisherigen Benzinomnibus-Betriebes getreten und ist damit einer Streckenverkürzung gerecht geworden, die sich durch den Benzinomnibus infolge großer und langer Steigungen nicht mehr durchführen ließ. Die 9,34 m langen Wagen stehen auf der größten Steilstrecke von 11,1 % hinten um 1 m höher bzw. tiefer als vorn.

Die Bahn wurde vom Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerk (RWE) mit Unterstützung und Finanzierung des beteiligten Kreises und der Gemeinden erbaut und wird vom RWE im Anschluß an die bestehenden elektrischen Straßenbahnen im Kreise Mettmann[1] betrieben. Die Linie soll zunächst mehr Versuchs- und Erprobungsstrecke sein als dem Verkehr und der Wirtschaftlichkeit dienen, denn in der Stromleitung, in den Stromabnehmern, in der Betriebspannung (750/800 V Gleichstrom) und in der Wagenbauart wurden neue Wege beschritten, die einer längeren Erprobung wegen ihrer Verbesserung gegen andere und ältere, gegen in- und ausländische Anlagen bedürfen, ehe sie als Norm gelten können.

In Abb. 24 ist der tiefgebaute neuzeitliche Wagen bildlich, in Abb. 25 zeichnerisch dargestellt. Der Wagen enthält 30 gepolsterte Sitz-, 17 Stehplätze und einen reichlich bemessenen Kofferplatz, da der Eisenbahn-Zuführungsdienst die Hauptaufgabe der Linie darstellt. Das von Krupp gebaute Wagenuntergestell ist besonders beachtlich durch den neuartigen Antrieb der beiden Hinterachsen und deren Federung (Abb. 26). Von einer querdurchgehenden, im 30 cm hohen Stahlträgerrahmen festgelagerten Hauptwelle *A*, die in üblicher Weise durch schrägverzahnte konische Zahnräder und Differential angetrieben wird, schwingen die 4 Triebräder einzeln um vorstehende Achsstummel *B*. In die Schwinghebel greifen zylindrische Zahnräder *B*, *C*, *D* zwischen Hauptwelle und Schwingachsen bis zu den Radnaben mit entsprechender Übersetzung ein, geben aber jedem Triebrad freies Spiel in vertikaler und in der Drehungsrichtung. Um auch alle Drehungstöße infolge Unebenheiten der Fahnbahn einzeln aufzunehmen, sind elastische Zwischenglieder eingeschaltet.

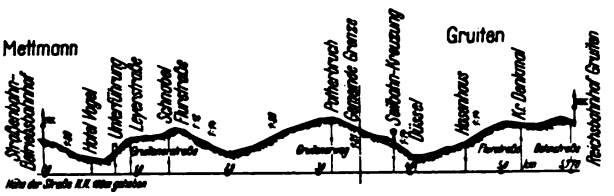


Abb. 23. Höhenplan der Strecke Mettmann—Gruiten.

Die Federung des Wagens erfolgt auf jeder Seite nur durch je eine Spiralfeder *F*, die in verschiedener Abtönung entsprechend der jeweiligen Belastung wirkt. Diese Feder *F* liegt waagerecht, an Hebeln des Schwingkastens gut geführt, luftgedämpft und staubgeschützt. Die Federung des Wagens ist dadurch äußerst angenehm weich, allen Belastungen angepaßt und gedämpft.

Abb. 24. Wagen der gleislosen Bahn Mettmann—Gruiten.

Der 90 kW-Motor liegt ebenfalls fest im gepreßten Stahlrahmen gelagert in der Längsachse des letztern, bedarf also keiner besonderen Abfederung und Übertragungsgelenke. Der Motoranker ist sehr lang und von geringem Durchmesser. Die Betriebspannung liegt zwischen 750 und 800 V Gleichstrom.

Der 2-Stangen-Stromabnehmer ist ein Dickinson-Rollenkontakt mit senkrechter und waagerechter Achse, im Gegensatz zu den bisherigen zahlreichen Ausführungen in Deutschland, die mit Schleifkontakt Schiemannscher Konstruktion ausgerüstet sind. Die Rolle mit ihrer Punktberührung und Flanschreibung nutzt den Fahrdraht be-

[1] S. ETZ 1929, S. 1305; 1930, S. 747.

Digitized by Google

kanntlich mehr ab als ein geschmierter, aus weichem leitendem Material bestehender Rinnen-Schleifkontakt. Auch die zitternde Bewegung der Rolle gegenüber dem ruhigen langflächigen geschmierten Schleifkontakt begünstigt Radiostörungen.

Die Fahrleitung zeigt einen Versuch mit pendelnder Aufhängung des Fahrdrahtes. Ausgehend von der Betrachtung, daß die Aufhängungen zwischen zwei Querdrähten, in kurze Schwingungen geratend, die Kontaktsicherheit mindern und Bruchgefahr begünstigen, sind immer nur die zweiten oder dritten Aufhängungen als feste ausgeführt und die anderen in Pendelisolatoren aufgehängt. Es wird sich zeigen müssen, ob diese den Hochspannungsleitungen nachgebildeten Aufhängungen für diesen Zweck taugen. Die Fahrleitung durchkreuzt zweimal eingleisig eine Bügel-Straßenbahnleitung in schräger Richtung. Es sind hierbei die üblichen Straßenbahn-Rollenkreuzungen und Weichen angewendet worden, um die doppelpolige Omnibusleitung zu überführen, während für den Bahnbügel seitlich ausgespannte bzw. eingehängte stromlose Führungsdrähte den Übergang leiten, ohne die Omnibusleitung zu berühren. Obgleich genügend lange Isolationsstücke eingebaut sind, werden die Kreuzungen mit ausgeschaltetem Fahrschalter befahren, um jede Funkenziehung zu verhindern, was bei 800 V bedenklich werden könnte. Das Schema der zweipoligen Weiche und der Kreuzung mit der einpoligen Straßenbahn-Fahrleitung ist in Abb. 27 dargestellt. Da der positive Pol stets innen liegt, wird die Polarität an den Weichen über die Isolationsstücke gewechselt.

Max Schiemann, Wurzen i. Sa.

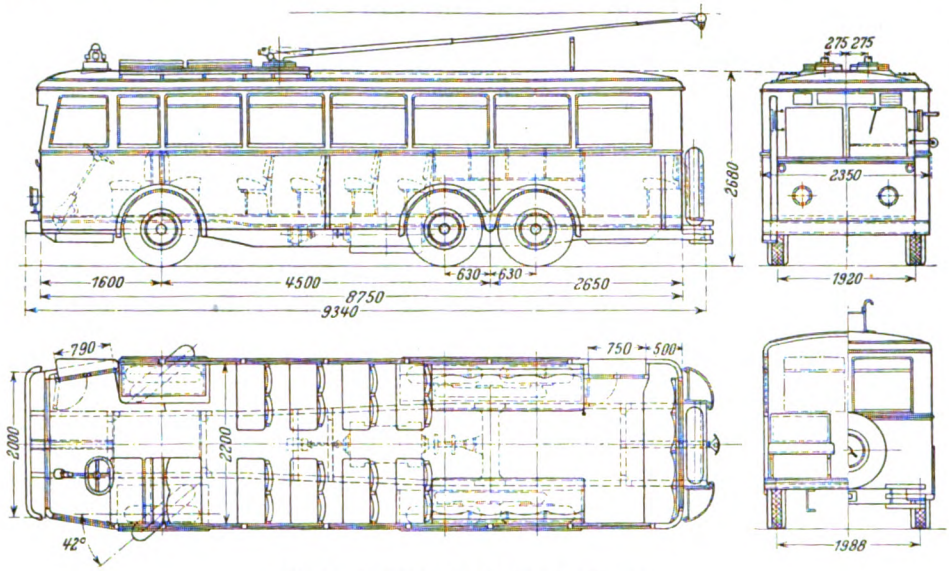


Abb. 25. Ansicht und Schnitte des Wagens.

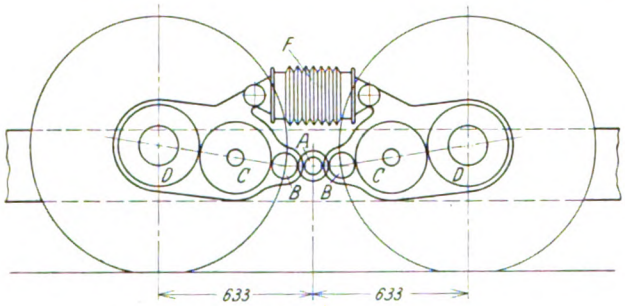


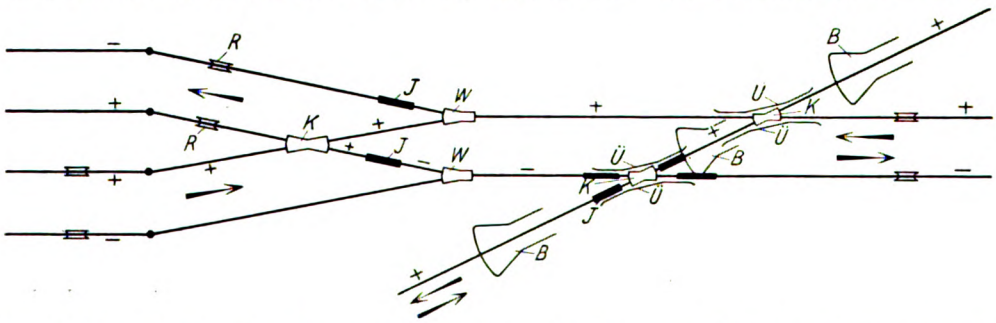
Abb. 26. Wagenuntergestell.

Fernmeldetechnik.

Kurzwellen. — Zwei Hefte der Telefunkenzeitung bringen eine Reihe von interessanten Aufsätzen über Kurzwellen. Graf Arco eröffnet die Reihe mit einem Überblick „Vom Löschfunken zur kurzen Welle", in dem er die wissenschaftliche und technische Entwicklung in großen Zügen zeichnet. „Die theoretische Erklärung des Kurzwellen-Phänomens" von H. Rukop behandelt die Ausbreitungserscheinungen bei kurzen Wellen in Abhängigkeit von der Wellenlänge, bedingt durch die Wirksamkeit der Heavisideschicht. In Sonderaufsätzen wird dieses Gebiet weiter behandelt von E. Quäck und H. Mögel „Hörbarkeitsgrenzen und günstigste Verkehrszeiten bei Kurzwellen auf den einzelnen Überseelinien"; von O. Böhm „Mehrfachwege und Dopplereffekt der Ausbreitung der kurzen Wellen"; von A. Gothe und O. Schmidt „Über Schwunderscheinungen beim Empfang der Wellen". — Das Problem der gerichteten Strahlung wird experimentell und theoretisch behandelt von O. Böhm „Die Bündelung der Energie kurzer Wellen"; von R. Bechmann „Berechnung der Strahlungsdiagramme von Antennenkombinationen" und von F. Sammer „Die Wirkungsweise von Drahtreflektoren". — Die Meßtechnik bei kurzen Wellen ist vertreten durch zwei Aufsätze von H. Mögel „Exakte Frequenzmessung kurzer Wellen". Ein interessanter Aufsatz von A. Meißner „Die Kristallsteuerung der Kurzwellensendung" behandelt auftretende Zieherscheinungen, hervorgerufen durch eine Wechselwirkung zwischen Dicken- und Längsschwingung der schwingenden Quarzplatte. — Die Modulation der kurzen Wellen wird behandelt in den Aufsätzen von K. Küpfmüller „Telephonie und Mehrfachtelegraphie auf kurzen Wellen" und von H. Roder „Über Frequenzmodulation". — Über den derzeitigen technischen Stand von Sendung und Empfang der kurzen Wellen orientieren die Aufsätze von W. Buschbeck „Der Telefunken-Großwellen-Sender" und der Aufsatz von W. Runge „Ein Kurzwellenempfänger für transozeanischen Schreibbetrieb". (Telefunken-Zg. 1929, Nr. 52 und Nr. 53.)

K. Kohl.

Entzerrung in elektrischen Fernmelde-Stromkreisen mittels inverser Netzwerke. — In Fernmelde-Übertragungssystemen aller Art spielt die verzerrungsfreie Wiedergabe der am Sendeende wirksamen Zeichen am Empfangsende eine ausschlaggebende Rolle. Ein umfangreicher Aufsatz von Zobel stellt die allgemeinen Bedingungen für die Verzerrungsfreiheit solcher Systeme auf und behandelt dann eingehend die zu Entzerrungszwecken dienenden Netzwerke mit konstantem Wellenwiderstand im ganzen Fre-



W Luftweiche
K Luftkreuzung
J Isolierstrecke
Ü stromloses Überführungsstück
B Bügel der elektrischen Straßenbahn
R Rolle des Leitungsomnibus

Abb. 27. Zweipolige Weiche und Kreuzung mit Straßenbahn.

Digitized by Google

quenzbereich. Es sind drei Grundformen zu unterscheiden, die Leitertype (dazu gehören die bekannte T- und TT-Form), ferner die Gittertype (Kreuzkettenglied) und die überbrückte T-Form. Aus diesen Grundformen werden vom Verfasser zahlreiche Weiterbildungen abgeleitet und rechnerisch untersucht. An einer Reihe von charakteristischen Beispielen — Dämpfungs- und Phasenentzerrung bei Seetelegraphenkabeln, bei leicht belasteten Rundfunkübertragungskabeln und oberirdischen Freileitungen für Fernsehversuche zwischen Washington und New York — werden die Anwendungsmöglichkeiten erörtert und die vorzüglichen Ergebnisse hinsichtlich der Entzerrungswirkungen dargelegt.

Das umfangreiche Gebiet der Entzerrungsmethoden, welche auf der Anwendung inverser Netzwerke beruhen und in der Zeitschriften- und Patentliteratur der letzten Jahre vielfach behandelt worden sind, findet in dem vorliegenden Aufsatz des oben genannten Verfassers eine erschöpfende und für fernmeldetechnische Fachkreise sehr wertvolle zusammenfassende Behandlung; auf Einzelheiten kann hier nicht näher eingegangen werden. (O. I. Zobel, Bell syst. techn. Journ. Bd. 7, S. 438.) *Eg.*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

Zur Theorie des Mitnehmens nach van der Pol. — Wirkt auf ein selbstschwingendes System eine äußere periodische Kraft, so findet unter gewissen Umständen eine Erscheinung — Mitnahme genannt — statt. Nähert sich nämlich die Periode der äußeren Kraft der Periode der Selbstschwingungen, so verschwinden von einem gewissen Moment an die Schwebungen, und das System beginnt mit der Periode der äußeren Kraft zu schwingen. Es existiert ein bestimmtes nahe der Resonanz liegendes Intervall der Frequenzen, innerhalb dessen (bei gegebener Amplitude der äußeren Kraft) Mitnahme stattfindet. Wird die Amplitude der äußeren Kraft verkleinert, so zieht sich dieses Intervall mehr und mehr zusammen.

Eine Arbeit von Andronow und Witt ist der noch offen gebliebenen Frage gewidmet, ob bei jeder einwirkenden Kraft, wie klein sie auch sein mag, ein endliches Intervall des Mitnehmens existiert, oder ob eine Schwelle für die Mitnahme eintritt, so daß bei jeder Amplitude der äußeren Kraft unter dieser Schwelle kein Mitnehmen stattfindet. Die Untersuchung des Mitnehmens kann unter einfachen Voraussetzungen über das selbstschwingende System zur Untersuchung der Differentialgleichung

$$\ddot{v} - \alpha \dot{v} + \gamma \frac{\mathrm{d}v^3}{\mathrm{d}t} + \omega_0^2 v = B \omega_0^2 \sin \omega_1 t$$

zurückgeführt werden, wo α, γ, ω_0 und B Konstante sind. Van der Pol[1] war der erste, der diese Frage theoretisch untersuchte, und obgleich er die Frage, was bei sehr kleinen Amplituden stattfindet, nicht vollständig löst, deutet er einen Weg an, der hier eingeschlagen werden könnte. Ollendorf[2], der sich unabhängig von van der Pol mit der Theorie des Mitnehmens beschäftigte, kam zum Schluß, daß eine solche Schwelle des Mitnehmens existiert und berechnet ihren Wert[3]. Die Verfasser untersuchten diese Frage mit Hilfe des Ansatzes von van der Pol, der annimmt, daß im Resonanzgebiet Lösungen der Differentialgleichung in der Form

$$x = b_1 \sin \omega_1 t + b_2 \cos \omega_1 t$$

gesucht werden können, wo b_1 und b_2 langsam variierende Zeitfunktionen sind. Die Lösungen, die in der Nähe der periodischen oder fastperiodischen Lösungen liegen, genügen offenbar diesem Ansatz. Die in erster Näherung für b_1 und b_2 so erhaltenen nichtlinearen Differentialgleichungen erster Ordnung, welche van der Pol selbst in allgemeiner Form nicht untersuchte, wurden dann mittels der Methoden von Poincaré[4] behandelt. Da diese Methoden offenbar allgemeine Bedeutung für die Theorie der selbstschwingenden Systeme besitzen, wird eine kurze Zusammenfassung derselben gegeben.

Die Ergebnisse der Untersuchung sind: 1. Es ist immer ein Mitnahmebereich vorhanden, wie gering die Amplitude der äußeren periodischen Kraft auch sein mag; es existiert also keine Schwelle für die Mitnahme. Im Mitnahmebereich besteht nur eine stabile Lösung: eine rein periodische Lösung mit der Periode der äußeren Kraft. — 2. Außerhalb dieses Bereiches existiert ein Kontinuum stabiler fastperiodischer Lösungen gleicher mittlerer Energie. — 3. Für genügend kleine Amplituden der äußeren Kraft fällt der Moment des Verschwindens der stabilen periodischen Lösung genau mit dem Erscheinen stabiler fastperiodischer Lösungen zusammen, d. h. es existiert kein Ziehen an den Grenzen des Mitnehmens. (A. Andronow u. A. Witt, Arch. El. Bd. 24, H. 1, S. 99.)

[1] B. van der Pol, Phil. Mag. Bd. 3, S. 65 (1927).
[2] F. Ollendorff, Arch. El. Bd. 16, S. 280 (1926).
[3] Der von Ollendorff angegebene Schwellenwert der Mitnahme hat einen merklichen Wert; für einen Schwingungskreis mit $\nu = \omega/2\pi = 200\,000$, $\delta = R/2L = 1{,}2 \cdot 10^4\,\Omega/\mathrm{H}$, $\mu = MS/2LC = 1{,}2\,\delta$, $K = 5$ V ist diese äußere elektromotorische Kraft, unterhalb deren keine Mitnahme stattfinden soll, $E = 5{,}5 \cdot 10^8$ V, der ihr entsprechende Mitnahmebereich ist $\Delta\nu = 135$.
[4] H. Poincaré, Sur les courbes définies par les équations differentielles. Oeuvres Bd. 1, Paris 1928 (4 Abhandlungen).

Hochspannungstechnik.

Ferranti-Überspannungschutz. — Der von der Ferranti Ltd. vor einiger Zeit herausgebrachte Überspannungschutz wird von der Firma als „Stoßwellenschlucker" (surge absorber) bezeichnet und besteht aus einer Spule und einem den Windungen gegenüberstehenden geerdeten Metallblech (Abb. 28); der Apparat wird im Zuge der Leitung vor den zu schützenden Unterwerken u. dgl. eingebaut. Spannungsabfall und Wattverlust bei normaler Frequenz sind unbedeutend. Die konstruktive Ausführung ist verschieden. Bei 33 kV z. B. ist die zylindrische Spule von einem als Gehäuse dienenden Blechzylinder umgeben, Abb. 29 zeigt diese Form; oder aber es sind zwei oder mehr

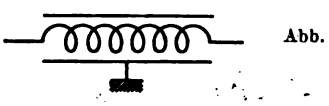


Abb. 28. Schema des Ferranti-Wellenschluckers.

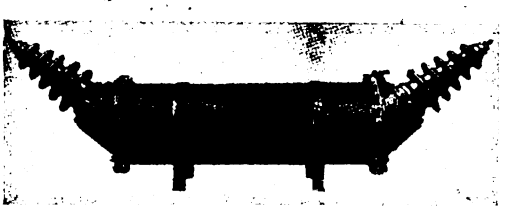


Abb. 29. Wellenschlucker für Mastmontage, 33 kV.

flache Spulenscheiben zwischen kreisförmigen Metallblechen angeordnet (Abb. 30). Bei 66 bis zu 220 kV ist die Spule wieder zylindrisch, liegt horizontal in einem mit Durchführungen ausgerüsteten Öltank und birgt in ihrem Innern den zylindrischen Metallschirm, der bei allen Ausführungen aus Stahlblech hergestellt ist. Die Ableiterwirkung beruht auf folgenden Tatsachen: Spule und Schirm bilden einen Transformator mit nur einer kurzgeschlossenen Sekundärwicklung (Schirm), in der ein Verluststrom auftritt. Das Magnetfeld der Spule erzeugt weiter in dem benachbarten Metallschirm Wirbelstromverluste, die bei der hohen äquivalenten Frequenz einer steilen Sprungwelle beträchtlich sein werden. Schließlich wirken die Spule und ihre durch den Schirm erheblich vergrößerte Kapazität wie ein Sperrfilter. Um die Prüfung der Wirksamkeit des Ableiters möglichst scharf zu gestalten, wurde ein besonderer Stoßkreis gebaut, über den der Verfasser näher berichtet. Einzelne Versuchsresultate werden nicht mitgeteilt; die prozentuale Wirksamkeit des Ableiters wird mit 85 % angegeben, d. h. die Beanspruchung der zu schützenden Teile soll bei den normal vorkommenden Sprungwellen durch den Wellenschlucker auf 15 % ermäßigt werden. Die bereits über einige Jahre erstreckte Erprobung im praktischen Betrieb hat befriedigende Ergebnisse geliefert. (E. T. Norris, El. Review Bd. 10, S. 60.) *Wi.*

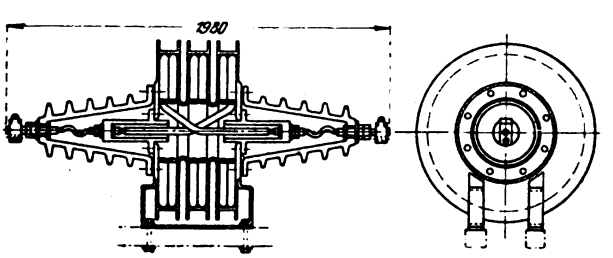


Abb. 30. Schnitt eines Stoßwellenschluckers für 33 kV.

Digitized by Google

Werkstatt und Baustoffe.

Apparat Ikfator zum Blankmachen und Abbinden von Schnüren und Drähten. — Ein von Hans Gieseler, Magdeburg, hergestellter Apparat zum Abisolieren von Leitungsdrähten und Schnüren kommt da in Frage, wo größere Mengen von Schnüren und Drähten blankzumachen und nötigenfalls auch hierauf noch abzubinden sind. Beide Arbeiten können in einem Arbeitsgange oder auch einzeln ausgeführt werden. Das Abbinden erfolgt mit dem im Handel erhältlichen Isolier-Klebfaden, der dem gewöhnlichen Zwirn gegenüber den Vorteil hat, daß jede einzelne Windung für sich festklebt und das Knoten fortfällt. Diese käuflichen Fadenspulen können in den Apparat ohne weiteres eingesetzt werden.

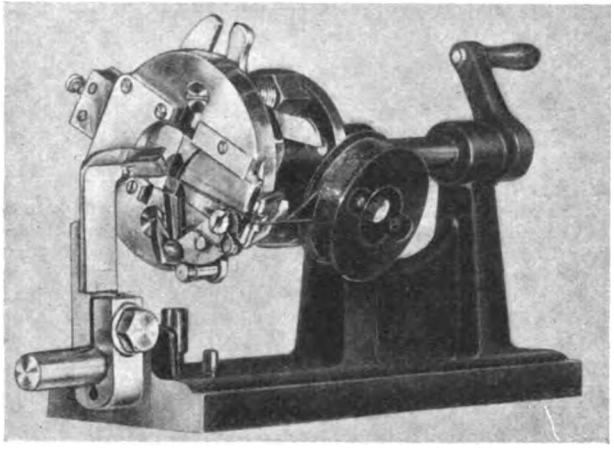


Abb. 31.

Die Schneidvorrichtung besteht, wie Abb. 31 erkennen läßt, aus dem eigentlichen geschärften Messer und dem stumpfen Gegenmesser, das in einer passenden Kerbe das zu bearbeitende Leitungsende aufnimmt. Beide Messer kreisen beim Arbeiten um den zentrisch liegenden Leiter. Auf die Möglichkeit des leichten Auswechselns der Messer ist bei der vorliegenden Konstruktion besonderer Wert gelegt worden. Das Schneidmesser gleitet in einer kräftigen Führung, sein Weg ist durch eine gekonterte Stellschraube genau begrenzbar, so daß es möglich ist, die Gummiisolation bis auf einen kleinen Bruchteil eines Millimeters zu durchschneiden; eine Verletzung des Leitungskupfers ist bei richtiger Einstellung ausgeschlossen.

Kommt es darauf an, besonders dünne Textilschichten zu durchschneiden, ohne die darunter liegende Schicht zu verletzen, so wird statt des einteiligen Schneidmessers ein zweiteiliges eingesetzt, dessen eine Hälfte gleich dem Gegenmesser stumpf gehalten ist, während die andere eine Schneide besitzt und für sich nochmals verstellbar ist. Auf diese Weise ist das zu bearbeitende Leitungsende zu ¾ des Umfanges fest umfaßt und geführt, so daß das Schneidmesser, das nur auf einem Viertel des Leitungsumfangs angreift, besonders genau schneidet.

Der patentierte Apparat ist uns praktisch vorgeführt worden und arbeitet in folgender Weise. Steht die Kurbel nach vorn, also auf den Arbeitenden zu gerichtet, so wird bei Linksdrehung das Schneidmesser gehoben, und das zu bearbeitende Leitungsende kann eingeführt werden; Rechtsdrehen der Kurbel schließt darauf die Messeröffnung, und bei weiterem Rechtsdrehen beginnt das Einschneiden der Isolation und zugleich das Umwickeln des Endes der bleibenden Isolation mit Klebfaden. Nach 6 bis 8 Umdrehungen wird die Kurbel so angehalten, daß sie nach hinten, also vom Arbeitenden weg zeigt. Wird aus dieser Kurbelstellung links herum gedreht, so tritt der Fadenschneider in Tätigkeit und durchtrennt den Klebfaden dicht an der Wickelstelle. Durch Herausziehen des Leitungsendes aus dem Apparat wird dann die eingeschnittene Isolation abgestreift, und der Arbeitsgang ist beendet.

Der Apparat leistet reichlich das Fünffache der Handarbeit, eignet sich also vor allem in Fabrikbetrieben, wo größere Mengen von Leitungsenden rasch und sorgfältig abzuisolieren und abzubinden sind. Fast sämtliche Starkstromleitungen, auch Pendelschnüre und Gummischlauchleitungen lassen sich mit dem Apparat bearbeiten, ebenso die meisten Schwachstromschnüre. Ein verstellbarer Anschlag bewirkt genau gleiche Länge der Blankstellen, so daß jede Nacharbeit beim Anschließen fortfällt. *fi*

Verschiedenes.

Der Einfluß von Bahngleichrichtern auf Fernmeldeleitungen. — Über den Einfluß von Bahngleichrichtern auf Fernmeldeleitungen ist im Juli 1928 im J. Am. Inst. El. Engs. ein bemerkenswerter Aufsatz „Effect of Street Railway Mercury Arc Rectifiers on Communication Circuits" von Charles J. Daly[1] erschienen, in dem der Verfasser über Fernsprechstörungen berichtet, die mit der Inbetriebnahme je eines Gleichrichter-Straßenbahnwerks in den Nachbarstädten Bridgeport und Stratford, Conn., V. S. Amerika (5 + 2 Gleichrichter 600 V, je 2000 A, 6phasig; prim. 13 900 V, 60 Hz) im Fernsprechnetz beider Orte aufgetreten sind. Die Fernsprechleitungen sind vollkommen gekabelt, also symmetrisch. Störungen treten vorwiegend in Sprechstellen mit unsymmetrischen Schaltungen auf, nämlich in Nebenstellenanlagen sowie insbesondere in Gesellschaftsanschlüssen mit 2 bzw. 4 Sprechstellen je Doppelleitung. Hierbei erfolgen die Anrufe über Erde und wahlweise über den einen oder anderen Leitungszweig, während sich der Sprechverkehr, wie auch in Deutschland, in Schleife abwickelt. Es werden die Ergebnisse von Geräuschmessungen mitgeteilt, die mit dem Noise Measuring Set bei verschiedenen Schaltungen der Sprechstellen, also bei verschieden großen Unsymmetrien, und bei verschiedenen Betriebszuständen der Starkstromanlage ausgeführt worden sind (altes Werk mit umlaufenden Maschinen, neues Gleichrichterwerk mit normaler und mit verminderter Welligkeit). Zur Verringerung der Fernsprech-Störwirkung, also der Welligkeit, diente ein in Stratford behelfsmäßig aufgebauter Wellensauger, wie solche nach Angabe des Verfassers auch anderorts bei Straßenbahnen mit Gleichrichterspeisung zur Anwendung gekommen sind. Der Wellensauger besteht aus einer Begrenzungsdrossel von 0,7 mH und 3 Resonanzkreisen, abgestimmt auf die Haupt-Störfrequenzen von 360, 720 und 1080 Hz. Die Senkung der Störungen in Stratford durch den Wellensauger betrug etwa 2 : 1; eine höhere Senkung war nicht zu erzielen, weil bei den Messungen das Werk Stratford (mit Wellensauger) über 6½ km Fahrleitung mit dem Gleichrichterwerk Bridgeport (ohne Wellensauger) parallel arbeitete. Nach Ausrüstung der Station Bridgeport mit einem Filter wird mit einer weiteren Verminderung des Geräusches gerechnet.

Der Verfasser kommt zu folgendem Schluß:

„Die Erfahrungen mit dem Sechsphasen-Gleichrichter für die Speisung des Straßenbahnnetzes zwischen Bridgeport und Umgebung zeigen deutlich, daß bei Gleichrichterspeisung ohne Schutzvorrichtung gegen die harmonischen Komponenten die induktive Beeinflussung der benachbarten Telephonstromkreise größer ist als bei der Speisung durch rotierende Umformer. Durch Verwendung geeigneter Filter in der Gleichstromseite des Gleichrichters kann dessen Induktionswirkung so herabgesetzt werden, daß sie annähernd derjenigen eines gut gebauten rotierenden Umformers entspricht." (J. Daly, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 47, S. 503.) Roehmann.

Das „Safir"-Lichtpausverfahren. — In der Lichtpauserei ergab sich durch den Wunsch nach Zeitersparnis die Rückkehr zum Prinzip des alten Primulinprozesses, was scheinbar chemisch einen Rückschritt, technisch aber einen wesentlichen Fortschritt bedeutet. Allerdings mußte das Verfahren insofern etwas abgeändert werden, als es nötig war, an Stelle des wenig geeigneten Teerfarbstoffs Primulin andere besser geeignete Diazoverbindungen zu suchen. Bezüglich der Entwicklung blieb man jedoch bei den schon früher benutzten alkalischen Lösungen von Kupplungskomponenten (z. B. Phenolen). Dadurch, daß der Entwickler in Wasser gelöst zur Anwendung gelangte, also nicht mehr gasförmig trocken wie beim Ozalidverfahren, trat die Bildung der Farbstoffbilder momentan ein.

Praktisch verfuhr man dabei so, daß man eine belichtete Pause dieses neuen „Safir"-Schnell-Lichtpauspapieres mit einer bestimmten Entwicklungslösung überwischte, die an den unbelichteten Stellen, an denen die Diazoverbindung durch das Licht zerstört war, keine Farbreaktion zeigte.

Dieses Verfahren erwies sich natürlich bald für die Praxis wenig geeignet. Abgesehen von der Schwierigkeit, die Entwicklerflüssigkeit gleichmäßig aufzureiben, wurde das Papier ziemlich naß, so daß wie beim alten Blaueisenverfahren die Pausen erst an der Luft getrocknet werden mußten.

[1] Deutsch im Bull. d. Schweiz. Telephon- u. Telegr.-Verwaltg. 1930, S. 21.

Digitized by Google

Das Problem ist nach kurzer Zeit durch Konstruktion von Maschinen und Apparaten gelöst worden, die es gestatten, den Flüssigkeitsauftrag aufs feinste zu regeln und die Entwicklungsflüssigkeit in hauchdünner Form aufzutragen, so daß die entwickelten Pausen nach erfolgtem Durchgang praktisch trocken sind und sofort der Verbrauchstelle zugeführt werden können. Eine derartige Maschine sieht etwa folgendermaßen aus. In einem Trog, der mit Entwicklerlösung gefüllt ist, rotiert eine durch Elektromotor mit Schneckenrad angetriebene Gummiwalze (Abb. 32),

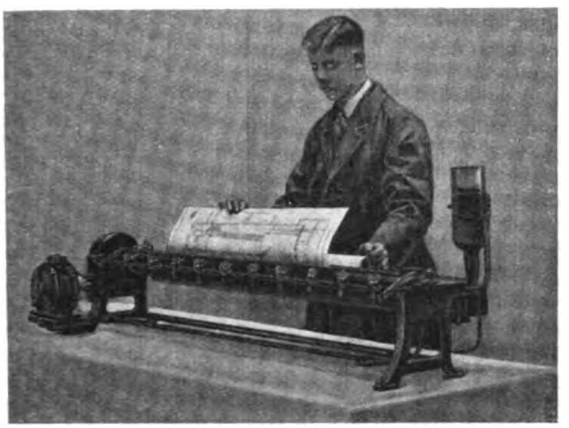


Abb. 32. Safir-Schnell-Lichtpausapparat.

deren Oberfläche ständig mit Entwicklerlösung benetzt ist. Das zu entwickelnde Papier wird durch einen Schlitz der Walze zugeführt, welche durch ihre eigene Geschwindigkeit den Weitertransport übernimmt. Das Papier wird durch Greifer, die lose auf der Gummiwalze aufruhen, abgenommen und verläßt in flachliegenden, nicht rollenden Bahnen die Maschine. Durch sorgfältiges Zusammenstimmen sowohl der Drehzahl als auch der Bremsung des Papierbogens ist es, so unwahrscheinlich dies auch im ersten Augenblick klingen mag, gelungen, daß die entwickelten Pausen ohne weitere Trocknung nach wenigen Augenblicken in Benutzung genommen werden können.

Dadurch ist wohl das Maximum an Schnelligkeit in der Lichtpausenherstellung erreicht. Eine neuzeitliche Belichtungsmaschine belichtet in der Stunde 100 ... 120 m² dieses „Safir"-Schnell-Lichtpauspapieres. Die Pausen können aus der Lichtpausmaschine sofort in den Entwicklungsapparat übergeführt werden, der in der Minute 3 ... 5 m² Pausen entwickelt. Es ist also praktisch möglich, von einer der Lichtpauserei übergebenen Originalzeichnung je nach Größe in 1½ ... 2 min eine fertige positive Lichtpause herzustellen, die je nach Wunsch rötliche, braune oder tiefviolettschwarze Linien aufweist und mit Tinte oder Tusche nachgezeichnet oder mit Wasserfarben angelegt werden kann. Dieser Umstand ist vor allem für die Herstellung von Angebots- oder Wettbewerbspausen, die meistens als besonders eilig bezeichnet und zu einer bestimmten Zeit zu Postschluß wieder abgeliefert werden müssen, von ganz erheblicher Bedeutung, ganz abgesehen von der Personalersparnis, die durch den wesentlich schnelleren Arbeitsgang in jeder Lichtpauserei eintritt. Sowohl das „Safir"-Lichtpauspapier als auch die bei dem Verfahren verwendeten Maschinen werden von der Firma Renker-Belipa G. m. b. H. in Düren, Rhld., hergestellt. Ing. E. Belani.

Energiewirtschaft.

Die Elektrizität in Elsaß und Lothringen. — Einem Buch von Dr. M. Klein[1], zu dem Prof. M. Laufenburger von der juristischen Fakultät der Universität Straßburg ein Vorwort schrieb, entnehmen wir folgendes: Für Kohle kommen hauptsächlich drei große Gebiete in Frage: Sarre-Moselle, Petite-Rosselle und La Houve. Wasserkräfte sind vor allem am Rhein vorhanden. Eine Rolle in der Elektrizitätswirtschaft des Landes spielen auch die großen Hüttenwerke. Die Mehrzahl der Kraftwerke gehört heute dem Groupement des Producteurs et Distributeurs d'Énergie électrique d'Alsace et de Lorraine an. Die bedeutendsten Unternehmungen sind die Forces Motrices du Haut-Rhin (Formo), La Houve, L'Électricité de Strasbourg (E. S.), die Société Alsacienne et Lorraine d'Électricité (Salec) und die Société Électrique de la Sidérurgie Lorraine. Insgesamt wurden 1928 in Elsaß-Lothringen rd. 1,181 Mrd kWh verbraucht bzw. 663 kWh je Einwohner.

Mit Dampf arbeiten vor allem die Werke der Électricité de Strasbourg, der Formo, von La Houve und die der Salec. Dazu kommen noch etwa 20 andere, deren Gründung und heutiger Betrieb genau beschrieben sind. Die gesamte installierte Leistung der Wärmekraftwerke beträgt 526 400 kW. Wasserkraftwerke befinden sich hauptsächlich am Rhein und an der Mosel; installiert sind insgesamt 9162 kW. An Wasserkräften sollen etwa 504 200 kW verfügbar sein, die fast ganz auf den Rhein entfallen. Die Hüttenzentralen können dauernd etwa 35 000 kW liefern.

Die im Jahre 1928 installierte Leistung und die erzeugte elektrische Arbeit aller Kraftwerke zusammen in den drei hauptsächlichsten Gebieten zeigt folgende Zusammenstellung:

Gebiete	installiert	normal verfügbar	Erzeugung 1928
	kW		Mill kWh
Mosel	346 646	263 618	958,903
Niederrhein	133 369	122 430	153,683
Oberrhein	55 547	29 859	35 322

Die Gesamtlänge der Verteilungsnetze beträgt für Fernleitungen der sogenannten ersten Kategorie 4684 km, für die der zweiten Kategorie 5599 km und für solche der dritten Kategorie 764 km. Die Betriebspannungen der Fernleitungen gehen bis 135 kV, später sogar bis 150 kV.

Von der ganzen Stromerzeugung, an der die Wasserkraftwerke nur mit 1,6 % beteiligt waren, wurden im Jahre 1928 an die verschiedenen Abnehmer folgende Mengen abgegeben:

	Hochspannung				Niederspannung		
	gesamt	Verkehr	Elektrochemie u. -metallurgie	andere Verbraucher	gesamt	Beleuchtung und Hausverbrauch	Kraft
	Mill kWh				Mill kWh		
Mosel	777,495	9,960	174,876	592,659	70,390	21,365	49,025
Niederrhein .	90,530	7,278	—	83,252	60,196	28,556	31,640
Oberrhein . .	144,385	2,265	—	142,120	37,533	15,628	21,905
Elsaß-Lothringen . . .	1 012,410	19,503	174,876	818,031	168,119	65,549	102,570

Das Land führt Strom nach dem Saargebiet sowie nach Luxemburg aus und führt solchen aus der Schweiz und aus Deutschland ein.

Die Stromerzeugung in thermischen Werken ist keinen weiteren gesetzlichen Bestimmungen unterworfen. Dagegen sind für Wasserkraftwerke das Gesetz von 1919 und Erlasse von 1920, 1923, 1926 und 1927 maßgebend. Besondere Bestimmungen gelten für das Kraftwerk Kembs am Rhein. Die Energieverteilung ist geregelt durch Gesetz von 1906, das französische Gesetz wurde 1920 eingeführt.

Dem schon genannten Groupement professionnel des Producteurs et Distributeurs d'Énergie électrique en Alsace et en Lorraine gehören 32 Mitglieder an, darunter 14 Aktiengesellschaften mit einem Gesamtkapital von 434 Mill Fr, 7 Gesellschaften m. b. H. mit zusammen 5 Mill Fr, 8 kommunale und gemischtwirtschaftliche sowie 3 private Unternehmungen.

Im wesentlichen kann man von der Elektrizitätswirtschaft in Elsaß-Lothringen feststellen, daß die Tendenz zu starker Konzentration in der Erzeugung und Verteilung elektrischer Arbeit deutlich wahrnehmbar ist. Durch technisches und wirtschaftliches Zusammenschließen sollen die Energiequellen besser ausgenutzt und durch gute Stromverteilung der Absatz gefördert werden.

C. Th. Kromer.

Aus der deutschen Elektrizitätswirtschaft[1]. — Nach einem Vortrag, den O. v. Miller kürzlich vor dem Bayerischen Industriellen-Verband an Hand seines bekannten Gutachtens[2] über die einheitliche Elektrizitätsversorgung des Deutschen Reichs gehalten hat, hält er zunächst die Bildung einer Vereinigung für notwendig, die den von ihm aufgestellten Generalplan überprüft, je nach den örtlichen Interessen abgleicht und auch diejenigen Vorschläge untersucht, die zweckmäßige Änderungen dieses keineswegs als ein starres Gebilde gedachten Planes ergeben. Die Ausführung der Kraftwerke soll, wie bisher, den einzelnen Unternehmungen freigestellt sein. Für die 200 kV-Sammelschiene wäre nach Millers Ansicht ein gemeinsames Unter-

[1] L'Electricité en Alsace et en Lorraine. Etude économique et juridique. Von Dr. M. Klein, mit Vorwort von Prof. M. Laufenburger. Mit zahlr. Taf., XV u. 196 S. in gr. 8°. Verlag Heitz & Cie., G. m. b. H., Straßburg 1930. Preis geh. 8 RM.

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 1568.
[2] Vgl. ETZ 1930, S. 904.

Digitized by Google

nehmen zu gründen, das etwa 500 Mill RM aufzubringen hätte, soweit nicht ein erheblicher Teil für die bestehenden, in das Unternehmen einbringbaren Leitungen bereits investiert sei. Die einzelnen Stromverteilungsgesellschaften würden ihre Selbständigkeit behalten, in ihren Gebieten die 100 kV-Leitungen weiter ausbauen und den erforderlichen Strom teils aus der Sammelschiene, teils aus eigenen Kraftwerken entnehmen.

Die Bauprogramme der Berliner Städtischen Elektrizitätswerke AG. erfordern neben den noch durch Anleihen zu deckenden 62,245 Mill RM einen weiteren Zuschuß von insgesamt rd. 58,7 Mill RM, wovon 50,736 Mill RM auf das Programm 1930 entfallen. Ein weiterer Bedarf von 8,9 Mill RM ergibt sich u. a. aus dem Erwerb von Braunkohlen-Abbauberechtigungen in der Lausitz, den die Bewag mit dem Entschluß begründet, in vermehrtem Umfang zur Eigenstromerzeugung überzugehen. Aus der bezüglichen Vorlage an die Berliner Stadtverordnetenversammlung geht weiter hervor, daß die Bewag sich in dem bis Ende März 1948 verlängerten Stromlieferungsvertrag mit den Elektrowerken verpflichtet hat, den nach der (bereits bevorstehenden) Fertigstellung des Westkraftwerks neu auftretenden Leistungsbedarf bis zu 50 000 kW nicht aus eigenen Anlagen[1] oder von dritter Seite zu decken, sondern den Bezug aus den Elektrowerken von jetzt jährlich 60 000 kW um diese 50 000 kW spätestens am 1. X. 1935 zu erhöhen. Außerdem kann die Bewag von den Elektrowerken eine Steigerung der Spitzenleistung um 20 000 bzw. 30 000 kW verlangen. Insgesamt beläuft sich ihre neue Abnahmeverpflichtung auf 330 Mill kWh, doch brauchen 1935 nur 75, 1936: 240 und 1937: 280 Mill kWh bezogen zu werden. Für die erhöhten Leistungen gelten die Preise und sonstigen Bedingungen des laufenden Stromlieferungsvertrags. Falls die Bewag wünschen sollte, Heizkraftwerke zu errichten, bevor die neu abgeschlossenen 50 000 kW geliefert werden, sind die Elektrowerke bereit, in Verhandlungen über die Zustimmung zum Bau solcher Anlagen unter der Voraussetzung einzutreten, daß sie durch vorzeitigen Bezug einer etwa gleich großen Leistung in Anrechnung auf die neuen 50 000 kW entschädigt werden.

[1] Die Errichtung von Anlagen zur ausschließlichen Erzeugung von Spitzenstrom, der Erwerb der Hochbahnzentrale und von Berliner Blockwerken werden durch diese Verpflichtung nicht betroffen.

Das Elektrizitätswerk Sachsen-Anhalt AG. (Esag) hat das Kraftwerk Bleicherode (26 000 kW) der Überlandzentrale Südharz G. m. b. H. erworben und die Betriebsführung übernommen. Sein Anschluß an die Großversorgung Sachsen-Anhalt wird durch eine 100 kV-Leitung zwischen Bleicherode und dem Umspannwerk Oberröblingen an der Helme vermittelt.

Das Leitungsnetz der Westprignitzer Elektrizitäts-Genossenschaft, Karstädt, die sich aufgelöst hat, ist an das Märkische Elektrizitätswerk AG. übergegangen. Letzteres hat ferner das Elektrizitätswerk Werneuchen (Oberbarnim) erworben und wird nach der Voss. Zg. am 1. XII. auch die bedeutende Überlandzentrale Birnbaum-Meseritz-Schwerin (Warthe) übernehmen.

Der Elektrizitätsverband Weißenfels-Zeitz hat beschlossen, das Unternehmen in eine Stromversorgungs-AG. Weißenfels-Zeitz mit 4,5 Mill RM umzuwandeln. Die Preag und die Elektrowerke AG. sind daran je mit 37 %, der Elektrizitätsverband mit 26 % beteiligt.

Die Stadt Lüneburg hat mit der Hannover-Braunschweigischen Stromversorgungs-AG. einen Vertrag vereinbart, nach dem ihre in der Lüneburger Kraft-, Licht- und Wasserwerke G. m. b. H. zusammengeschlossenen Werke auf die genannte Stromversorgungs-AG. übergehen, an der bekanntlich die Preag mit 74 % von nunmehr 16 Mill RM Aktienkapital beteiligt ist.

Der Kreis Hersfeld hat sein Elektrizitätswerk für rd. 1,08 Mill RM Aktien der Elektrizitäts-AG. Mitteldeutschland, Kassel, und eine Barabfindung von rd. 12 000 RM in dieses Unternehmen eingebracht.

Eine von den städtischen Behörden in Gräfenhainichen beauftragte Kommission hat mit den Elektrowerken AG., der Deutschen Continental-Gas-Gesellschaft AG., Dessau, und der Landelektrizität G. m. b. H., Halle a. d. S., einen Kaufvertrag geschlossen, demzufolge die genannten Gesellschaften die städtischen Werke von Gräfenhainichen für 0,5 Mill RM übernehmen.

Die Vereinigten Elektrizitätswerke Westfalen AG., Dortmund, planen nach Mitteilung des Berl. Börs.-Cour. in der Nähe von Neheim den Bau eines Wasserkraftwerks kleineren Ausmaßes.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Ordentliche Sitzung

am 28. Oktober 1930 in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg.

Vorsitz: Herr Staatssekretär Dr.-Ing. E. h. Feyerabend.

Vorsitzender: M. D. u. H. Ich eröffne die Sitzung und heiße Sie willkommen. Zunächst habe ich eine traurige Pflicht zu erfüllen:

Unser Ehrenmitglied, Herr Wirkl. Geh. Oberpostrat Christiani ist am 2. Oktober in Potsdam gestorben. Er ist am 1. September 1871 in den Dienst der Reichstelegraphenverwaltung eingetreten und wegen seiner reichen Kenntnisse schon in verhältnismäßig jungen Jahren in die Stellen des höheren Dienstes aufgestiegen. Vom 1. April 1898 ab war er im damaligen Reichspostamt als Referent tätig. Vom 1. Januar 1909 führte er als Geheimer Oberpostrat die Geschäfte eines Dirigenten auf dem Gebiete des Fernsprechwesens und des Telegraphenbaus. Bei seinem Übertritt in den Ruhestand am 1. September 1912 wurde ihm der Charakter als Wirklicher Geheimer Oberpostrat verliehen.

Der Heimgegangene hat dem Elektrotechnischen Verein seit der Gründung, also nahezu 51 Jahre, angehört. Stets hat er dem Verein nicht nur sein regstes Interesse zugewendet sondern sich auch aktiv an der Vereinstätigkeit beteiligt. Jahrelang hat er dem Ausschuß, darunter in den Jahren 1908 und 1909 als Vorsteher angehört, von 1912 ab war er Ehrenmitglied dieses Ausschusses. Im Jahre 1910 hat er das Amt als stellvertretender Vorsitzender, in den Jahren 1911 und 1912 als Vorsitzender des Elektrotechnischen Vereins innegehabt. Es war daher für den Verein eine besondere Freude, daß er den Heimgegangenen beim Goldenen Jubiläum des Vereins, das zugleich das Goldene Jubiläum seiner Mitgliedschaft bildete, wegen seiner Verdienste um den Verein zum Ehrenmitglied wählen konnte. Der Elektrotechnische Verein wird seinem Ehrenmitglied stets ein dankbares Gedenken bewahren.

Weiter habe ich die betrübende Mitteilung zu machen, daß der 1. Vorsitzende des Elektrotechnischen Vereins des Rheinisch-Westfälischen Industriebezirks, Herr Direktor Dr.-Ing. Liss, am 23. Oktober einem Schlaganfall erlegen ist. Der Verstorbene hat auch unserem Verein reges Interesse entgegengebracht. Im Namen des Elektrotechnischen Vereins spreche ich unserem Bruderverein zu dem Verlust unsere Teilnahme aus. Sie haben sich zu Ehren der Toten von Ihren Plätzen erhoben, ich stelle dies mit Dank fest.

Gegen den Bericht über die ordentliche Sitzung am 30. September sind Einwendungen nicht eingegangen, der Bericht gilt somit als angenommen. Seit dieser Sitzung sind 14 Anmeldungen eingegangen; eine Liste liegt hier aus.

Am Dienstag, dem 18. November, wird im Großen Sitzungssaal des Preußischen Landtags eine Festsitzung zusammen mit der Heinrich-Hertz-Gesellschaft veranstaltet werden. Im Anschluß daran findet ein zwangloses Beisammensein bei kaltem Büfett mit Bier in der Wandelhalle des Gebäudes statt. Einladungen werden rechtzeitig ergehen.

Wir kommen nun zum II. Punkt der Tagesordnung, zum Vortrag des Herrn Prof. Dr. Arndt über das Thema „Fortschritte der technischen Elektrochemie". Ich bitte Herrn Prof. Arndt das Wort zu nehmen.

Der Vortrag wird gehalten.

Vorsitzender: Ich danke dem Herrn Vortragenden für seine interessanten Ausführungen. Ich glaube, daß wir alle aus dem Vortrage den Eindruck gewonnen haben, welch große Bedeutung der technischen Elektrochemie nicht nur für den engen Rahmen der Elektrotechnik, sondern für die gesamte Wirtschaft der Kulturvölker beizumessen ist. Es ist leider zutreffend, was Herr Professor Dr. Arndt gesagt hat: daß wir im Elektrotechnischen Verein dieses wichtige Gebiet etwas stiefmütterlich behandelt haben. Um so dankbarer müssen wir dem Herrn Vortra-

Digitized by Google

genden sein, daß er in so anschaulicher Weise uns einen Einblick in sein Wissensgebiet und in die Vielseitigkeit der technischen Elektrochemie vermittelt hat.

Ich eröffne nun die Diskussion und bitte um Wortmeldungen. — Das Wort scheint nicht gewünscht zu werden. Dann darf ich das Ausbleiben der Diskussion auch als einen Beweis dafür ansehen, daß die Ausführlichkeit des Vortrags des Herrn Professors keine Zweifel übrig gelassen hat. (Lebhafte Zustimmung.)

M. D. u. H., wir haben nun noch einen Rest aus der letzten Sitzung zu erledigen, u. zw. die Diskussion zu dem Vortrag des Herrn Dr. Piloty über das Thema: „Wesen und Bedeutung der Fernwirkanlagen im Kraftwerksbetrieb".

Ich bitte um Wortmeldungen. — Es scheint auch zu diesem Vortrag das Wort nicht gewünscht zu werden. Dann hätten wir die Diskussion in dieser negativen Form schon in der letzten Sitzung erledigen können. Damit aber wenigstens etwas gesagt wird, möchte ich mir noch eine kurze Schlußbemerkung gestatten: Als amtlicher Betreuer der Fernmeldetechnik möchte ich meiner Genugtuung darüber Ausdruck geben, daß der Vortrag des Herrn Dr. Piloty deutlich gezeigt hat, wie die beiden wichtigen Anwendungsgebiete der Elektrotechnik, die man Starkstromtechnik und Schwachstromtechnik nennt, sich in neuerer Zeit immer enger berühren. Wie die Schwachstromtechnik oder — wie man sie jetzt nennt — die Fernmeldetechnik längst aus der Größenordnung der Milliwatt herausgewachsen ist und sich als ansehnlicher Großverbraucher elektrischer Energie fast alle Mittel der Starkstromtechnik zunutze gemacht hat, so kann auch die Starkstromtechnik jetzt bei der Erfüllung ihrer vielseitigen Aufgaben der Hilfsmittel der Fernmeldetechnik nicht mehr entraten. Wenn das aber so ist, dann dürfen die Wissenschaftler und Ingenieure beider Anwendungsgebiete sich nicht voneinander abschließen. Sie müssen sich vielmehr mit den Aufgaben und Methoden beider Techniken mehr als bisher vertraut machen. Aus solchem Zusammenarbeiten würde sich dann von selbst die nützliche Wirkung ergeben, daß man in beiden Lagern bemüht sein wird, bei der Verfolgung der eigenen Interessen auf die besonderen Bedürfnisse und Lebensnotwendigkeiten der anderen gebührend Rücksicht zu nehmen. Das ist jetzt leider noch nicht in dem Maße der Fall, wie es wünschenswert wäre. Im Interesse des großen Ganzen müssen aber die noch bestehenden Hemmungen beseitigt werden. Ich glaube, daß der Vortrag des Herrn Dr. Piloty die Erkenntnis für dieses Zusammenarbeiten geschärft hat.

Damit möchte ich die Diskussion und gleichzeitig die Sitzung schließen.

Neuanmeldungen zum Elektrotechnischen Verein e. V.

Abrahamsohn, Max, Patentanwalt, Berlin-Neutempelhof.
Albanus, Rudolf, Dipl.-Ing., Berlin-Charlottenburg.
von Ardenne, Manfred, Baron, Berlin-Lichterfelde-Ost.
Lamprecht, Konrad, Dipl.-Ing., Berlin-Steglitz.
Maede, Erich, Dipl.-Ing., Berlin-Charlottenburg.
Röhm, Walter, Dipl.-Ing., Berlin-Schöneberg.
Rühl, Ludwig, Ingenieur, Darmstadt.
Scherer, Siegfried, Dipl.-Ing., Berlin.
Stecher, Richard, Konstrukteur, Berlin-Charlottenburg.
Steudel, H A., Dr., Berlin-Steglitz.
Streich, Gerhard, Ingenieur, Berlin-Charlottenburg.
Wink, Paul, Elektroing., Berlin-Reinickendorf-West.
Whipple, George Allan, stud. ing., Berlin-Pankow.
Zengerling, Willy, Dipl.-Ing., Berlin-Charlottenburg.

Elektrotechnischer Verein.
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker

(Eingetragener Verein).

Geschäftsstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 7 Pallas 7286.
Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 213 12.

Bekanntmachung.

Kommission für Handgeräte.

Unterkommission für Gerätesteckvorrichtungen.

Auf die Veröffentlichung des Entwurfes der „Vorschriften für zweipolige Gerätesteckvorrichtungen und Geräteanschlußschnüre" in der ETZ 1930, S. 1214 sind mehrere Einsprüche eingegangen. Hierdurch ist es notwendig geworden, in § 9 einige grundlegende neue Forderungen aufzunehmen.

Der Entwurf der neuen Fassung des § 9 b) wird nachstehend bekanntgegeben.

Einsprüche sind in zweifacher Ausfertigung bis zum 1. Dezember 1930 an die Geschäftsstelle zu richten.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

Entwurf:

„Vorschriften für zweipolige Gerätesteckvorrichtungen und Geräteanschlußschnüre."

§ 9.

b) Der Griffteil der Gerätesteckdose darf nicht metallisch umkleidet sein. Falls die Gerätesteckdose mit einem Metallring versehen ist, muß dieser mindestens 3 mm von der Stirnfläche der Gerätesteckdose zurückstehen und darf bei eingesteckter Dose nicht über den Schutzkragen des Gerätesteckers herausragen.

SITZUNGSKALENDER.

Elektrotechn. Verein Braunschweig. 21. XI. 1930, abds. 8 h, Hörsaal III des Hochspannungsinst. d. T. H., Eing. Hamburger Straße: Vortrag Prof. E. Marx, „Der Luftdurchschlag im unhomogenen Felde u. seine Bedeutung für die Praxis" (anschl. Versuche).

Elektrotechn. Verein Breslau. 18. XI. 1930, abds. 8 h, gr. Hörsaal des Elektrotechn. Inst. d. T. H.: Vortrag Dipl.-Ing. E. Richter, „Der cos φ".

Elektrotechn. Gesellschaft Halle. 14. XI. 1930, abds. 8 h, gr. Hörsaal des Physikal. Inst.: Vortrag Dr.-Ing. Reck, „El. Entladungen und ihre Verwertung" (m. Lichtb. u. Vorführ.).

Elektrotechn. Gesellschaft Hannover. 18. XI. 1930, abds. 8 h, Hörsaal 42 der T. H.: Lichtbildervortrag Dr.-Ing. Reiche, „Neuere Erkenntnisse im Stromwandlerbau".

Elektrotechn. Gesellschaft zu Magdeburg. 18. XI. 1930, abds. 8¼ h, Aula der Staatl. Ver. Maschinenbauschulen, am Krökentor 1: a) Vorführ. eines Films „Die Elektrotechnik auf der Leipziger Frühjahrsmesse 1930", b) Filmvortrag Obering. J. Wallich, „Zeitlupenaufnahmen (1500 Aufnahmen/s) von Lichtbogen-Überschlägen großer Leistung an Isolatoren ohne und mit Schutzarmatur" (mit Vorführ. einiger im Film gezeigter Isolatoren).

Elektrotechn. Gesellschaft zu Nürnberg. 14. XI. 1930, abds. 8 h, Frauentorgraben 35: a) Vortrag Dr. Jaensch, „Neuzeitl. Wasserkraftanlagen", b) Zeitlupenfilm mit Vortrag v. Obering. J. Wallich, „Lichtbogen-Überschläge großer Leistung an Einzel-Isolatoren und Isolatorenketten ohne und mit Schutzarmaturen".

Pomm. Elektrotechn. Verein, Stettin. 21. XI. 1930, abds. 8¼ h, Konzerthaus Stettin: Vortrag Dipl.-Ing. Meiners, „Wann Automatisierung und wann Fernsteuerung von Schaltanlagen?"

Württ. Elektrotechn. Verein, Stuttgart. 22. XI. 1930, nachm. 6 h, gr. Hörsaal des Neubaues der T. H., Keplerstr. 10: Vortrag Baurat H. Klaiber, „Luftelektrizität und Gewitter".

Deutsche Gesellschaft für technische Physik, Berlin. 21. XI. 1930, abds. 7½ h, gr. Hörsaal der T. H.: Vortrag H. Lorenz, „Raketenflug und Weltraumfahrt".

Brennkrafttechn. Gesellschaft, Berlin. 4. XII. 1930, Plenarsitzungssaal des Vorläuf. Reichswirtschaftsrats, Berlin, Bellevuestr. 15: 13. Hauptversammlung mit folg. Vorträgen: a) Dr.-Ing. Thau, „Gegenwärt. Stand von Technik u. Wirtschaft der Kraftstofferzeugung aus Kohle", b) Obering. W. Ernst, „Schmieröl und Schmierung der Brennkraftmaschinen", c) Ing. W. Wisser, „Gas und Öl in Industrie u. Kraftwerk", d) Aussprache. Auskunft erteilt die Geschäftsstelle Berlin W 9, Potsdamer Str. 19.

Digitized by Google

LITERATUR.

Besprechungen.

Die Elektronenröhren und ihre technischen Anwendungen. Von Prof. Dr. H. C. Möller. 3. vollst. umgearb. Aufl. Mit 232 Textabb. u. Geleitwort von Prof. Dr. M. Wien, XVI u. 262 S. in 8°. Verlag Friedr. Vieweg & Sohn A.-G., Braunschweig 1929. Preis geh. 15 RM, geb. 17,50 RM.

Möller hat die neue Auflage weitgehend umgearbeitet. Während die erste Auflage, damals das erste Buch über die Elektronenröhren[1] eigentlich nur für den ganz spezialisierten Fachmann bestimmt war, sucht Möller die neue Auflage für einen weiteren Kreis lesbar zu machen. Vor allem werden deswegen die schwierigeren Probleme in einem gesonderten physikalisch-mathematischen Teil am Ende des Buches gebracht. Ganz verändert wurde das Kapitel über die Möllerschen „Schwingkennlinien". Dadurch, daß die Gitterströme zunächst nicht berücksichtigt wurden, ergab sich eine wesentliche Vereinfachung. Aber auch in dieser Form bleibt die Darstellung für denjenigen, der sich nicht eingehend experimentell mit der Materie beschäftigt hat, noch schwierig. An sich sind ja die Beziehungen zwischen den einzelnen Röhrenparametern einfach, aber es sind leider so viele Parameter vorhanden, daß eine analytische Darstellung unmöglich wird und man sich immer mehr auf Tafeln, räumliche Diagramme, Spezialrechenschieber oder -maschinen wird beschränken müssen. Solange wir solche nicht haben, werden die zahlreichen unsere Fachschriften heute füllenden Veröffentlichungen, die die Abhängigkeit der verschiedenen Parameter voneinander bei einem Einrohr- bzw. einem Zweirohrsystem behandeln, nicht aufhören. Neu aufgenommen wurde ein Kapitel über die Barkhausen-Kurzschwingungen. Es wird eine Erklärung dafür gegeben, warum hier alle Elektronen gemeinsam pendeln. Neu aufgenommen wurde auch ein Kapitel über die schwingenden Quarze. — Das Möllersche Buch ist ganz besonders für den geschulten Physiker zu empfehlen. Er findet in ihm viele Anhaltspunkte, wie neue Probleme mathematisch zu behandeln sind. A. Meißner.

Fernsehen, wie es vor sich geht und wie der Radiohörer daran teilnehmen kann. Von W. Schrage. Europafunk-Bücherei Bd. 6. Mit 25 Abb. u. 32 S. in 8°. Verlag G. Franz'sche Hofbuchdruckerei (G. Emil Mayer), München, Karlstr. 21, 1929. Preis geh. 1,60 RM.

Über Fernsehen und Fernkino existiert seit Jahren eine recht erhebliche Literatur, die in der letzten Zeit stark angeschwollen ist. Die Zahl der Veröffentlichungen steht im umgekehrten Verhältnis zu dem bisher technisch Erreichten. Dieses kann auch zwischen den Zeilen der sehr knapp gehaltenen Ausführung von Schrage herausgelesen werden. Nach einer kurzen Einleitung, die sich im wesentlichen mit der Nipkow-Scheibe, der großen Erfindung des Berliner Physikers Nipkow aus dem Jahre 1884, beschäftigt, werden die einzelnen Fernsehsysteme, eigentlich richtiger Fernkinosysteme, kurz behandelt, wie Mihály, Karolus-Telefunken, Baird, Bell-Telephone Co. und Jenkins. Hierbei kommt Baird entschieden zu schlecht fort, der als erster nicht nur den richtigen Weg gezeigt hat, den, abgesehen vom Kathodenröhren-Oszillographen und von der Anordnung Karolus-Telefunken, heute mit geringen Abänderungen eigentlich alle Systeme verwenden. Es mag dieses daran liegen, daß Baird mit der Herausgabe von Veröffentlichungen sehr zurückhaltend ist. Es fehlt übrigens in der Zusammenstellung die Fernsehanordnung der Fernseh AG., welche mit Baird zusammenarbeitet.

Sodann werden ganz kurz die sogenannte Noctovision und das Fernsehen in natürlichen Farben gestreift. Schluß der Abhandlung bilden kurze Betrachtungen über die Photozelle, Glimmlampe und die Braunsche Röhre, welch letztere offenbar für die praktische Verwirklichung der Fernsehübertragungen in Betracht kommen dürfte.

Die Darstellung ist kurz, knapp und sachlich gehalten und geht im wesentlichen auf die Tatsachen ein, ohne eine Kritik der einzelnen Anordnungen zu bringen. Die sauber gedruckte und illustrierte Abhandlung kann daher all denen empfohlen werden, die sich in kürzester Zeit oberflächlich mit dem Gegenstande vertraut machen wollen. Nesper.

Wellenmesser. Wirkungsweise, Selbstbau und Anwendung. Von Dipl.-Ing. A. Eulenhöfer. (Dt. Radio-Bücherei Bd. 1.) Mit 29 Fig. u. 40 S. in kl. 8°. Preis geh. 0,75 RM.

Netzanschlußgeräte für Wechselstrom-Lichtnetze. Von Obering. F. Gabriel. (Dt. Radio-Bücherei Bd. 2.) Mit 26 Textabb., 2 Tab. sowie einer ausführl. Bauanw. z. einem Universalgerät und 68 S. in 8°. Preis geh. 1,50 RM.

[1] Bespr. ETZ 1920, S. 842.

Universal-Schaltungsbuch. 50 neue u. grundl. Schaltungen vom einfachen Audion bis z. mod. V.-E.-Röhren-Gerät. Von Ing. J. Winckelmann (Dt. Radio-Bücherei Bd. 3). 2. verb. u. erw. Aufl. Mit 68 Fig. u. 64 S. in 8°. Preis kart. 1,50 RM.

Fünf Hochleistungs-Empfänger. Von Ing. J. Winckelmann (Dt. Radio-Bücherei Bd. 4). Mit vollst. Bauanweisungen u. Schaltbildern, 16 Abb. und 56 S. in 8°. Preis kart. 1,50 RM. Verlag Deutsch-Literarisches Institut, Berlin 1929.

Bd. 1 behandelt die Wirkungsweise, die rechnerischen Grundlagen, die elektrische und konstruktive Ausführung, die Herstellung eines Summers und schließlich als wertvollstes die Messungen mit dem Wellenmesser. Alles ist recht anschaulich geschildert. Leider fehlt jeder Hinweis auf den Absorptionswellenmesser in Verbindung mit dem Schwingaudion.

Bd. 2 begründet zunächst die Notwendigkeit des Netzanschlusses und weist auf die Gefahren des Starkstromhin. Die Vorschriften des VDE (Verband, nicht Verein Deutscher Elektrotechniker) werden erwähnt, aber nicht besprochen. Es folgt recht ausführlich die Wirkungsweise und der Selbstbau. Zu begrüßen ist der Rat, Meßgeräte einzubauen; der letzte Absatz auf S. 37 bedarf aber noch einer Berichtigung, weil er offenbar nur von Voltmetern handelt.

Bd. 3 ist eine reichhaltige Sammlung von Schaltungen, die i. a. kurz und treffend besprochen werden. Es fehlen ganz die Überlagerungsempfänger.

Bd. 4. Hinsichtlich der Wahl der Schaltungen kann man anderer Meinung sein. Vermißt wird eine Schaltung mit Schirmgitter-Hochfrequenzröhre und eine Schaltung mit Zwischenfrequenzverstärkung. Die gegebenen Schaltungen werden gut besprochen. Wer selbst bauen will, der kaufe noch die zugehörigen Baupläne im Maßstab 1 : 1, die ihm jede Denkarbeit abnehmen. Das soll eher ein Lob als ein Tadel sein, da ihm die Pläne Zeit und Geld ersparen. Mühlbrett.

Vorschriften des Elektrotechnický Svaz Československý 1930. Herausg. vom ESC. Prag XII, Vocelova 3 (in deutscher und tschechoslowakischer Sprache). Mit XIV u. 314 S. in 8°. Preis geb. in deutscher Übersetzung 20 RM, in teschechoslowakischer Sprache 15 RM.

Das vorliegende Buch enthält alle für die Tschechoslowakei zur Zeit gültigen Vorschriften in einem einzigen übersichtlichen Band zusammengefaßt. Es stellt also das dar, was der VDE für Deutschland in seinem jährlich neu erscheinenden Vorschriftenbuch seit langem ebenfalls geschaffen hat. Die bei der Verschiedenartigkeit der Materie überall schwierige Einordnung der einzelnen Bestimmungen ist bei dieser Erstausgabe sehr folgerichtig und übersichtlich vorgenommen worden, wobei auf den weiteren Ausbau bei Erscheinen späterer Bestimmungen weitgehend Rücksicht genommen wurde.

Der Abschnitt „Vorschriften" umfaßt neben einem Kapitel „Allgemeines" (u. a. Grundeinheiten, Formelzeichen, Stromsysteme) je ein Kapitel für Maschinen, Apparate, Leiter, Beleuchtung, Gewöhnliche elektrische Anlagen, Freileitungen, Betriebsvorschriften, Besondere elektrische Anlagen (u. a. Theater, Aufzüge, Leuchtröhren, Blitzableiter), Bergwerke, Bahnen, Hüttenwerke, Elektromedizin, Schwachstromanlagen, Radio. Angefügt sind die internationalen Vorschriften der IEC sowie die für die Tschechoslowakei gültigen Gesetze und Verordnungen, soweit sie diese Vorschriften betreffen, und schließlich eine einheitliche Terminologie.

Das Buch gibt eine bequeme Übersicht über die gültigen Bestimmungen und wird allen Benutzern die Arbeit bedeutend erleichtern. Zaudy.

Höhere Mathematik für Mathematiker, Physiker u. Ingenieure. Teil 2: Integralrechnung, unendliche Reihen, Vektorrechnung nebst Anwendungen (Teubners math. Leitfäden Bd. 22). Von Prof. Dr. R. Rothe. Mit 96 Fig. i. Text. VIII u. 201 S. in 8°. Verlag B. G. Teubner, Leipzig u. Berlin 1929. Preis kart. 6,40 RM.

In einem Bändchen von knapp 200 Seiten wird dieses weite Gebiet der Mathematik umrissen. Inhalt und Form entsprechen etwa dem Vorlesungsprogramm einer Technischen Hochschule. Trotz größter Konzentration ist die Darstellung stets lebendig und unterhaltsam. Durch zahlreiche geschichtliche Hinweise erfahren wir von den großen Mathematikern, und manch drolliger Merkspruch wird aus dem mathematischen Kuriositätenkabinett aufgetischt. Bei alledem geht nie der Zusammenhang mit dem natur-

Digitized by Google

wissenschaftlich-technischen Nachbarreich verloren. Die analytischen Regeln werden durch graphische und instrumentelle Verfahren glücklich ergänzt und durch Beispiele erläutert. Wenn hier noch ein Wunsch offen bleibt, so gilt er für das Kapitel über Determinanten und Vektoren; denn hier wird nur die Algebra dieser Systeme behandelt, während gerade ihre Analysis mitten in die fruchtbarsten und tiefsten Anwendungen hineinführt. Freilich kommt man dann schnell in die Theorie der gewöhnlichen und der partiellen Differentialgleichungen hinein, die in diesem Büchlein naturgemäß keinen Platz finden sollten und konnten. Vielleicht kann man deshalb das Schlußkapitel als eine schöne Verheißung für die Zukunft hinnehmen, die uns im gleichen Rahmen eine ebenso lebendige Beschreibung dieser im letzten Sinne „höheren" Mathematik des Technikers bescheren möge! Das Büchlein wird nicht nur dem Studierenden ein guter Wegführer sein sondern auch manchem Ingenieur der Praxis zur Auffrischung seines mathematischen Gedächtnisses Hilfe leisten. Druck und Ausstattung sind vorzüglich. Franz Ollendorff.

Methoden zur experimentellen Schädigung des Gehörorgans durch Schalleinwirkung. Von Carl v. Eicken. Elektrische Methoden zur Klanganalyse. Von F. Trendelenburg. Mit 48 Abb., 5 Taf. u. 100 S. in gr. 8°. (Handbuch der biolog. Arbeitsmethoden, herausg. v. E. Abderhalden. Abt. V, Methoden zum Studium der Funktionen der einzelnen Organe des tierischen Organismus, Teil 7, H. 6). Verlag von Urban & Schwarzenberg, Berlin u. Wien 1929. Preis geh. 6 RM.

Die vorliegende Lieferung 296 des Handbuchs der biologischen Arbeitsmethoden enthält in ihrem zweiten Teil eine auch für den Leser dieser Zeitschrift sehr wertvolle Arbeit. Die elektrischen Methoden zur Klanganalyse sind ja zum großen Teil aus technischen Bedürfnissen heraus entwickelt worden, zur Untersuchung von Mikrophonen und Telephonen, Verstärkern und Lautsprechern. Die in technischen und wissenschaftlichen Zeitschriften recht weit zerstreute Literatur hat nun durch F. Trendelenburg eine Zusammenfassung unter einheitlichen Gesichtspunkten gefunden. Nach Behandlung der allgemeinen Theorie der erzwungenen Schwingungen des Membranempfängers wird die Konstruktion und Eichung von Schallempfängern besprochen. Daran schließen sich im zweiten Abschnitt die Aufgaben, die eine verzerrungsfreie Verstärkung stellt, und im dritten Abschnitt die Aufzeichnung und besonders die Analyse der erhaltenen Oszillogramme. Den Abschluß bildet ein Vergleich der objektiv gewonnenen Ergebnisse mit subjektiven Erfahrungen. Die Arbeit wird für jeden, der sich mit diesen Fragen zu beschäftigen hat, von großem Nutzen sein. Bauer.

Aluminium. Die Leichtmetalle und ihre Legierungen. Von Dipl.-Ing. P. Melchior, i. Auftr. d. Dt. Ges. f. Metallkunde. Mit 82 Abb., 43 Zahlentaf., X u. 280 S. in 8°. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1929. Preis geb. 15 RM, f. VDI-Mitgl. 13,50 RM.

Das Buch ist eine Sammlung von allen mit Aluminium, Aluminiumlegierungen und anderen Leichtmetallen zusammenhängenden Fragen und wurde laut seinem Vorwort im Auftrage der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde geschrieben, um dem in der Praxis stehenden Ingenieur bewährte Unterlagen für die Verwendung der Leichtmetalle an die Hand zu geben. Besonders bemerkenswert ist die Behandlung des Abschnittes „Metallographie" mit einer Übersicht über die Zustandschaubilder aller Legierungen und das umfangreiche Zahlenmaterial im Abschnitt „Physikalische Eigenschaften". Ein beträchtlicher Teil des Buches besteht aus den bekannten bisher auf diesem Gebiete bestehenden Normen des In- und Auslandes mit fester Bestimmung aller Begriffe und Liefervorschriften. An Hand der ausführlich gegebenen allgemeinen Grundlagen über Formgebung, Oberflächenbehandlung und Verbindungsarbeiten ist man in der Lage, für die verschiedenen Industriezweige — auch für die Elektrotechnik — die praktische Anwendung zu machen. Allerdings hätte man sich gerade auf diesem Gebiete ausführlichere Beispiele gewünscht, wofür doch sicherlich seitens der Elektroindustrie dem Verfasser gern die notwendigen Unterlagen zu obigem Zweck zur Verfügung gestellt worden wären. Laßwitz.

Taschenbuch für den Maschinenbau. Von Prof. H. Dubbel unter Mitarbeit zahlr. Fachgen. 5., völlig umgearb. Aufl. in 2 Bänden. Mit 2800 Textfig., X u. 1756 S. in 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1929. Preis für beide Bände geb. 26 RM.

Von einem derartigen Taschenbuch erwartet man, daß es dem im praktischen Leben stehenden Ingenieur einmal die grundlegenden Gleichungen aus der Mathematik, Mechanik, technischen Physik usw. bei Bedarf immer wieder schnell ins Gedächtnis zurückruft, daß er in ihm die für ihn wichtigsten Zahlenwerte findet, und daß es ihm gestattet, bei Arbeiten, die in ein seinem Sonderfach benachbartes Gebiet hinübergreifen, sich über dieses und seinen neuesten technischen Stand zu belehren. Man kann sagen, daß diese Aufgabe dem Herausgeber und seinen Mitarbeitern gut gelungen ist.

Die beiden Bände sind dem Inhalt nach in der bewährten Weise unterteilt, daß der 1. Band Mathematik, Mechanik, Stoffkunde und die Maschinenteile bringt, während der 2. Band die eigentlichen Maschinen, Kessel, Kraftmaschinen, Arbeitsmaschinen, Hebeanlagen, Werkzeugmaschinen und die Elektrotechnik behandelt.

Bei den mathematischen und mechanischen Kapiteln ist wohl berücksichtigt, daß auch die Ingenieure, bei denen seit dem Studium eine geraume Zeit vergangen ist, sich wieder leicht in den Gegenstand hereinfühlen müssen, was durch zahlreiche Rechenbeispiele unterstützt wird. An dem fachlichen Teil ist, soweit es der Unterzeichnete selbst beurteilen kann, nichts auszusetzen. Über die anderen Teile ist ihm von Fachgenossen sehr günstige Auskunft gegeben worden.

Die Ausstattung ist nach Druck, Papier und Abbildungen gut. Der Zwang, den äußeren Umfang handlich zu halten, hat vielleicht an einzelnen Stellen zu einem zu kleinen und zu eng gestellten Druck geführt.

Das Taschenbuch wird auch in seiner neuen Auflage sich viele Freunde erwerben. Bonin.

Erlebnisse. Von W. Exner. Mit 6 Abb., IV. u. 256 S. in gr. 8°. Verlag Julius Springer, Wien 1929. Preis geh. 12 RM, geb. 13 RM.

Die Selbstbiographie des jetzt 90jährigen Exner, die sich nach dem Vorwort auf seine Erlebnisse auf technischem Gebiet beschränken soll, stellt dank der Vielseitigkeit und Regsamkeit des Verfassers auch einen sehr lesenswerten Querschnitt der Geschichte Österreichs, besonders seiner Entwicklung als Industriestaat, dar und ist darüber hinaus für den Techniker jedes Landes ein Rückblick auf das Geleistete und ein anspornender Hinweis auf das Viele, das noch der Lösung harrt. Der hier geschilderte Lebenslauf eines berufenen Technikers und Organisators dient nur als Gerüst, um das herum mit größter Lebendigkeit der geschichtliche Wiederaufbau des österreichischen schaffenden Lebens vollzogen wird: Technik, Ausstellungs- und Schulfragen, Gewerbe und Industrie, Vereinswesen, Politik u. dgl. ziehen vor dem Auge des Lesers vorüber und zeigen ihm das von einem Übermaß an Arbeit, aber auch von Erfolg ausgefüllte Leben eines Mannes, der scharf zu beobachten versteht und mit der Entwicklung seines Landes und den führenden Persönlichkeiten seiner Zeit in steter enger Berührung geblieben ist. Sein Buch bedarf nach dem Gesagten keiner weiteren Empfehlung; es bleibt uns nur übrig, dem Verfasser für die infolge des vielen Tatsachenmaterials gewiß recht mühevolle Arbeit unseren besten Dank zu sagen. G. H. Winkler.

Neue Zeitschriften.

Der Anschluß. Zeitschrift für den Elektrohandel. Herausg. v. F. Heintzenberg. Werbeabteilung der Siemens-Schuckertwerke AG., Berlin Erscheint monatlich, Preis je Heft 30 Pf.

[Die Monatschrift soll ein wesentliches Mittel der SSW sein, ihren Geschäftsfreunden noch mehr als bisher beim Verkauf und Gebrauch elektrotechnischer Erzeugnisse zu helfen, ohne sie indessen einseitig auf die Fabrikate der Firma festzulegen. Dieser Zweck wird, wie der erste Jahrgang und die vorliegenden Hefte des zweiten zeigen, durch die geschickt gewählten Beiträge und sehr guten Illustrationen wohl sicher erreicht.]

Eingegangene Doktordissertationen:

Helmut Anschütz, Der Transverter und seine Leistungsgrenzen. T. H. Braunschweig 1930.

Wilhelm Krämer, Einfluß der Kurvenform der Triebströme auf das Drehmoment von Ferraris-Triebwerken, insbesondere Stromwächtern. Theoretische u. experimentelle Untersuchungen. T. H. Stuttgart 1930.

A. Ludwig Müller, Die Beanspruchungen des Ölschalters im Abschaltvorgang. T. H. Dresden. (Sonderdruck aus Arch. El. 1930, Bd. 25, Verlag Julius Springer, Berlin.)

Digitized by Google

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Ergebnisse österreichischer Elektrizitätsgesellschaften[1]. — Der Vorstand der Österreichischen Siemens-Schuckert-Werke, Wien, die infolge der Schwierigkeiten bei der Allgemeinen österreichischen Boden-Credit-Anstalt die geschäftliche Verbindung mit der Österreichischen Credit-Anstalt für Handel und Gewerbe aufgenommen haben, betont in seinem Bericht für 1929 die kritische Lage der Wirtschaft und erhofft von der Regierung außer der in Aussicht genommenen Reform der Arbeitslosenversicherung auch den Abbau der drückenden Steuern, des ärgsten Hemmnisses eines wirtschaftlichen Aufschwungs. Im letzten Vierteljahr hat sich bei einzelnen Abteilungen Arbeitsmangel fühlbar gemacht. Es fehlte an Bestellungen der Bundesbahnen und der Städtischen Elektrizitätswerke Wien. Daher hat auch die Abteilung Zentralen den Auftragstand des Vorjahres nicht erreichen können. Immerhin wurden u. a. Turbogeneratoren von insgesamt 97 700 kW abgeliefert. Die Bestellungsziffer der Abteilung Industrie ist gestiegen. Auf dem Gebiet der Elektrowärme-Verwertung verzeichnet der Bericht weitere Fortschritte. Bei der Abteilung Bahnen war aus dem schon genannten Grunde ein großer Ausfall an Aufträgen zu beklagen, während die Abteilung für Kleinfabrikate ihren Umsatz auf der vorjährigen Höhe zu halten vermochte. Die Produktionsfähigkeit des Kabelwerks ließ sich voll ausnutzen. Im Auslandgeschäft hat die Gesellschaft hinsichtlich des Absatzes Erfolge erzielt, der jedoch wegen der schwierigen Konkurrenzverhältnisse wenig Gewinn brachte. Da die Gemeinde Wien die Ausfallhaftung für das Rußlandgeschäft nicht erneuert hat, werden die diesjährigen Lieferungen nach Rußland eine wesentliche Einbuße erleiden. Ende März 1930 wurden im gesamten Arbeitsgebiet 7510 Angestellte und Arbeiter beschäftigt, wovon 5489 auf Österreich entfielen. Rohgewinn: 17 431 750 S (14 150 572 i. V.), Reingewinn: 3 452 961 S (2 622 907 i. V.), Dividende: 8 % auf 35 Mill S Aktienkapital (6 % i. V.).

Auf das Geschäftsjahr 1929 der „Elin" A. G. für elektrische Industrie, Wien, sind die allgemeinen weltwirtschaftlichen und speziell in Österreich zutage getretenen krisenhaften Ereignisse nicht ohne Einfluß geblieben. Besonders im letzten Vierteljahr machte sich eine starke Zurückhaltung der Investitionstätigkeit auch auf elektrizitätswirtschaftlichem Gebiet bemerkbar, heute noch weiter andauernde Verhältnisse, die die internationale Konkurrenz wesentlich verschärften. Das aus der hierdurch verursachten Verschlechterung der Preise und der Zahlungsbedingungen drohende Übel eines verringerten und erschwerten Absatzes ließ sich indessen teils durch besondere Pflege des laufenden Geschäfts seitens der Verkaufsorganisationen, teils durch verstärkten Verkauf der Spezialerzeugnisse mit Erfolg bekämpfen. Zur Stärkung ihrer finanziellen Schlagfertigkeit und zwecks Durchführung notwendiger produktiver Investitionen hat die Gesellschaft eine über 25 Jahre laufende Obligationenanleihe von 0,22 Mill £ zu 7,5 % aufgenommen. Im allgemeinen war es ihr demnach möglich, auch dieses Geschäftsjahr trotz der erwähnten Schwierigkeiten befriedigend abzuschließen. Die Betriebstätten in Weiz und Wien haben günstig gearbeitet. Die Apparatefabrik war voll beschäftigt. Guten Auftragsbestand wies die Maschinen- und Metallwerke vorm. A. F. Bechmann, G. m. b. H., Inzersdorf, in der Abteilung für Dynamodrahtfabrikation aus; das Metallwerk hat trotz verschärften Konkurrenzkampfes gut abgeschnitten Weniger befriedigend war die Beschäftigung der Möllersdorfer Eisengießerei G. m. b. H. Die Allgemeine Glühlampenfabriks AG., Wien, hat in der Erzeugung Fortschritte gemacht; das Verkaufsgeschäft in Glühlampen zeigte gegenüber den vergangenen Jahren mehr als eine Verdoppelung. Sehr gut zu tun hatten die Bureaus für Großkraftanlagen, während das Bahngeschäft natürlich auch hier unter dem Abbruch der Elektrisierung der Bundesbahnen litt. Man verfolgt aber eine Reihe interessanter Projekte im Ausland, wo sich das Geschäft allgemein erweitern konnte. In Polen und der Tschechoslowakei sind die Umsätze weiter gestiegen, ebenso in Deutschland sowie in Spanien, während das nahezu ganz auf den Vertrieb von Spezialartikeln umgestellte italienische Geschäft ziemlich unverändert blieb. Der Verkauf an die kontinentalen Weststaaten war wieder reger, doch hat die scharfe industrielle Krise in England dort die Absatzmöglichkeiten beeinträchtigt. Einen erfreulichen Aufschwung, namentlich in Spezialartikeln, wies das Geschäft nach den skandinavischen Ländern auf. Die unter Beteiligung der Berichterstatterin 1923 gegründete „Rusawstorg" AG., Moskau, ist Ende 1929 in Liquidation getreten. Der Export nach dem nahen und fernen Osten entwickelt sich befriedigend, dagegen hat das südamerikanische Geschäft teils infolge der Krise in einzelnen Ländern, teils auch wegen des Vordringens der V. S. Am... in diese Gebiete etwas nachgelassen. Namhafte Umsätze ... den in der südafrikanischen Union erreicht. Das Erge... der Elektrizitätswerke war i. a. zufriedenstellend, ebenso ... Arbeit der Konzerngesellschaften. Erträgnisse: 7 627 1... (6 668 615 i. V.), Reingewinn mit Vortrag: 1 092 5... (1 060 643 i. V.), Dividende: wieder 10 % auf 8,75 Mill S ... tienkapital.

Die Vereinigte Elektricitäts-A. G., W... nunmehr Abteilung für Energiewirtschaft der Niederö... reichischen Escompte-Gesellschaft, hat 1929 gemeinsam ... letzterer und belgischen Firmen in Brüssel die Société d'E... tricité et de Transports de l'Europe Centrale gegründet ... sich u. a. auch an der „Hispanobel" beteiligt. Überschuß ... eigenen Betriebe, Dividenden usw.: 3 366 524 S (3 287 ... i. V.), Reingewinn mit Vortrag: 2 382 687 S (2 211 272 i. V. Dividende: wieder 10 % auf 15,75 Mill S Aktienkapital.

Englands elektrotechnischer Außenhandel[1] — Wie ... folgende Übersicht zeigt, ist im August 1930 die Ei... fuhr elektrotechnischer Erzeugnisse gegen den Vorm... (641 654 £) nur um 206 £ gestiegen, verglichen mit d... gleichen Monat des Vorjahres aber um 106 426 £ (14 %) g... sunken. Die Ausfuhr hat sich ungünstig entwickelt, d... sie war um 377 560 £ (23 %) geringer als im Juli (1 623 157 £ ... und blieb um 433 158 £ (26 %) hinter dem Export des Au... 1929 zurück. Der September hat die Einfuhr gegen... über dem Vormonat um 40 678 £ (6 %) erhöht, aber gegen d... Parallelmonat des Vorjahres um 100 393 (13 %) verringert. Die Ausfuhr weist eine beträchtliche Zunahme auf, s... war um 502 303 £ (40 %) größer als im August und übertraf die des September 1929 um 417 360 £ (31 %). Für die abgelaufenen neun Monate ergibt der Vergleich mit derselben Periode des Vorjahres beim Import eine Steigerung um 810 942 £ (14,5 %), bei der Ausfuhr dagegen einen Rückgang um 63 384 £.

Erzeugnisse	Einfuhr in £		Ausfuhr in £	
	1930	1929	1930	1929
	August			
Maschinen	119 963	177 671	494 437	515 41...
Waren u. Apparate .	521 897	570 615	751 160	1 163 33...
	641 860	748 286	1 245 597	1 678 7...
	Januar/August			
Maschinen	1 247 682	1 209 964	4 346 481	4 261 7...
Waren u. Apparate .	4 464 013	3 590 396	7 912 433	8 477 8...
	5 711 695	4 800 360	12 258 914	12 739 6...
	September			
Maschinen	111 147	137 867	398 528	432 5...
Waren u. Apparate .	571 391	645 064	1 349 372	897 9...
	682 538	782 931	1 747 900	1 330 5...
	Januar/September			
Maschinen	1 358 829	1 347 831	4 745 009	4 694 3...
Waren u. Apparate .	5 035 404	4 235 460	9 261 805	9 375 8...
	6 394 233	5 583 291	14 006 814	14 070 1...

[1] Nach El. Review. Vgl. ETZ 1929, S. 1468, 1612; 1930, S. 1412.

Bezugsquellenverzeichnis.

Die Anfragen sind an die Schriftleitung der ETZ Berlin W 9, Linkstr. 23/24, zu richten. Anfragen ohne Rückporto bleiben unbeantwortet.

Frage 47: Wer baut Einrichtungen zum Verzinken von Eisenteilen?

Frage 48: Wer fertigt Blinkschalter für Reklamebeleuchtung in gedrungener Bauart mit 2 Anschlußstiften für normale Steckdosen an?

Berichtigung.

Im Abschnitt „Persönliches" der ETZ 1930, S. 1538, ist in der rechten Spalte, Zeile 26 von unten, die Jahreszahl 1897 in 1887 zu ändern.

Abschluß des Heftes: 8. November 1930.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1284.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Zentralisierte Meldetafeln.

Mitteilung der AEG.

Das Verlangen nach einer ungestörten Belieferung der Abnehmer hat das Augenmerk der Elektrizitätswerke in erhöhtem Maße auf die Meldeeinrichtungen gelenkt. Die zunehmende Verwendung von Schutzeinrichtungen sowie die Entwicklung der Betriebe überhaupt brachten es mit sich, daß eine immer größere Zahl von Betriebswerten dauernd überwacht werden muß oder doch bestimmte Grenzen nicht überschreiten darf.

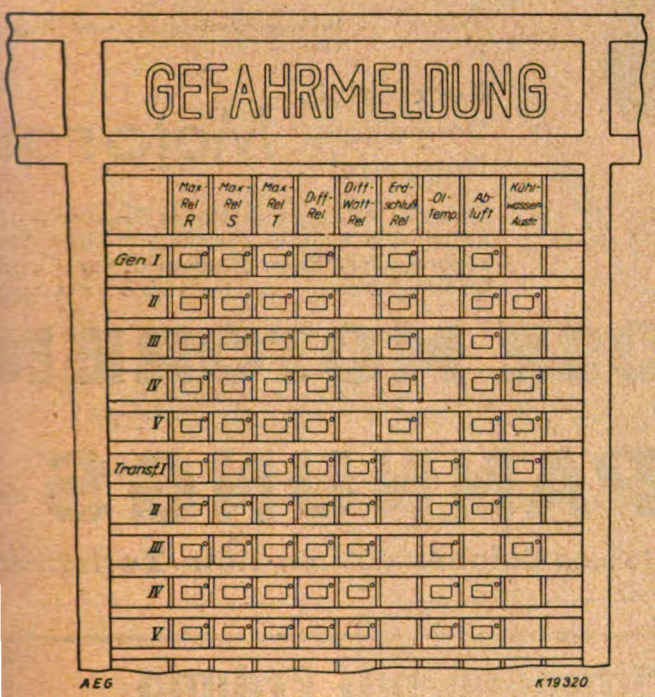


Abb. 1. Zentralisierte Meldetafel eines Kraftwerkes.

Es ist heute eine selbstverständliche Forderung, daß der Schalttafelwärter eines Kraft- oder Umspannwerkes zur Durchführung eines sicheren und wirtschaftlichen Betriebes stets genau über den Zustand seiner Anlage unterrichtet sein muß und daß Änderungen dieses Zustandes sofort sinnfällig zu seiner Kenntnis gelangen müssen.

Die Möglichkeiten für Zustandsänderungen sind in neuzeitlichen Anlagen sehr zahlreich. Es sei hier nur das Ansprechen von Schutzrelais (Distanz-, Überstrom-, Differential-, Erdschluß-, Unterspannungsrelais usw.), das Überschreiten von Drehzahlen und Temperaturen, das Aussetzen eines Ölumlaufes oder einer Kühlwasserzufuhr, die In- und Außerbetriebnahme von Teilen der Anlage, das Überwachen der Füllung von Behältern u. ä. erwähnt. Der Zustandsänderung braucht also keineswegs immer der Charakter einer Störung anzuhaften. Die weitere Entwicklung der Betriebe bringt eine Vermehrung der zu überwachenden Daten mit sich, so daß eine übersichtliche und lückenlose Meldung sämtlicher Betriebswerte immer größere Bedeutung erlangt.

Die übersichtlichste Art der Anordnung einer großen Zahl von Elementen, die sich mit verschiedener Zuordnung wiederholen, ist die in Spalten eingeteilte Tafel. Das neue Signaltafelrelais Form R/st der AEG erhielt daher eine Form, die eine derartige Anordnung ergibt.

Abb. 1 zeigt eine zentralisierte Meldetafel für ein Kraftwerk. Die Relais sowie die Schriftplatten zur Bezeichnung der Einheiten und der Art der Meldung sind zwischen Profileisen eingesetzt, die mit Deckleisten verkleidet sind. Sie tragen am linken Rand überstehende Deckleisten, so daß beim Zusammenbau keine Fugen entstehen, vielmehr die Spalten der Tafel deutlich hervorgehoben werden. Auf diese Weise lassen sich Tafeln in beliebiger Größe aufbauen und fügen sich auch gut in das Gesamtbild einer Schalttafel ein. Auch lassen sich Reservefelder einfügen, ohne daß das Aussehen der Tafel darunter leidet. Das trifft auch dann zu, wenn einzelne Einheiten nicht mit allen Schutzeinrichtungen versehen sind. An den betreffenden Stellen der Tafel wird dann ein blindes Feld eingefügt, das später bei Einbau der Einrichtung ohne weiteres gegen ein Relais ausgewechselt werden kann. Die Tafel ist also stets vollständig, ohne entstellende Lücken und trotzdem erweiterungsfähig. Das Auswechseln, auch eines einzelnen Relais, kann ohne Auseinandernehmen der Tafel vorgenommen werden.

Die Breite der Profileisen ist so bemessen, daß eine einwandfreie Leitungsführung hinter der Tafel möglich ist.

Die einzelnen Relais benötigen auf ihren Schauzeichen keine Beschriftung, die eng zusammengedrängt werden müßte. Die Bedeutung einer Meldung geht vielmehr aus der Spaltenanordnung und der weithin sichtbaren Bezeichnung auf den Schriftplatten hervor.

Die Signaltafelrelais enthalten zwei verschieden gefärbte Schauzeichen sowie einen Magnet und Kontakte, durch die ein weiteres Signal (Hupe, Lampe o. dgl.) betätigt werden kann.

Abb. 2 zeigt das Relais ohne Gehäuse und läßt die Einzelteile erkennen. Beim Ansprechen des Relais erscheint das erste Schauzeichen und betätigt gleichzeitig die Signalkontakte, so daß ein akustisches oder optisches Signal ausgelöst wird. Durch Druck auf den aus der Frontplatte hervorragenden Knopf kann das Signal sofort abgestellt werden. Bei der Abstellung erscheint das zweite Schauzeichen und bleibt sichtbar, bis der Magnet wieder stromlos wird, d. h. bis der ordnungsgemäße Zustand der betreffenden Betriebsgröße wieder hergestellt ist. Hiernach ist das Relais ohne besondere Maßnahmen zur Abgabe einer neuen Meldung bereit.

Die Relais werden gewöhnlich mit Spannungswicklung ausgeführt; sie können auch mit einer Stromwicklung versehen werden und z. B. in Reihe mit dem Kontakt eines Schutzrelais und der Auslösespule des Ölschalters liegen. Auf diese Weise ist sofort ersichtlich, welches Relais angesprochen hat, was zur Beurteilung der Art einer Störung und der zu ergreifenden Maßnahmen wichtig ist.

Der Verbrauch des Relais ist besonders gering. Er beträgt bei Gleichstrom 0,55 W, bei Wechselstrom während des Anziehens 1,5 W und nach dem Abstellen 1,3 W, d. h. solange das zweite Schauzeichen sichtbar ist. In der Ruhestellung wird kein Strom verbraucht.

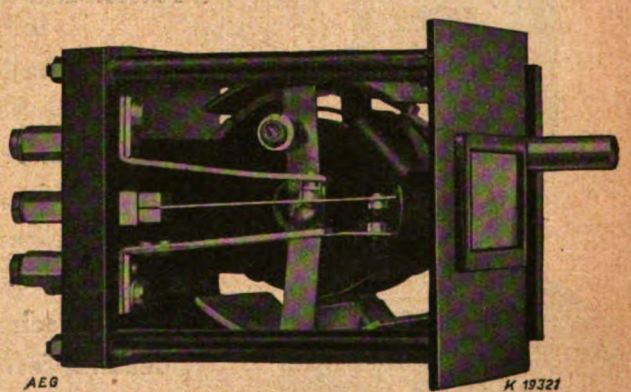


Abb. 2. Signaltafelrelais ohne Gehäuse.

Die Abmessungen des Relais (68 × 82 mm) sind so klein, daß auf einem gewöhnlichen Schalttafelfeld bis zu 200 Relais untergebracht werden können. Beim Entwurf einer Meldeanlage ist also eine Beschränkung auf die „wichtigsten" Meldungen nicht mehr erforderlich. Vielmehr können sämtliche Zustandsänderungen erfaßt werden, da die beschriebene Anordnung auch dann noch eine vollständige Übersicht gewährleistet.

Digitized by Google

Keine Schleifringe · Keine Bürsten
Kein Anlasser · Keine Kontakte
Keine Schaltwalzen
Keine Zentrifugalschalter

Für jeden Betrieb, Pumpen, Ventilatoren nur unsere

Verlangen Sie Preislisten und Angebot über

Kurzschluß-
Doppelkäfig-
Doppelfeld- Motoren

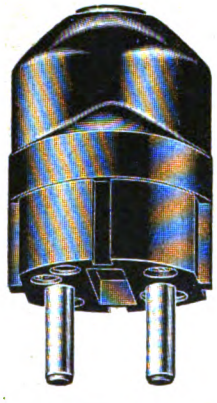
Kleinster Anlaufstrom · Hohes Drehmoment
Besser wie Schleifringanker · Hoher Wirkungsgrad und hoher Leistungsfaktor · Große Überlastbarkeit · Lange Lebensdauer

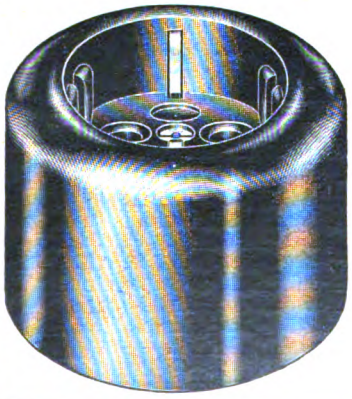
SCHLEIFRINGLOSE MOTOREN

HOCHSPANNUNGS-

GESELLSCHAFT MBH · Abteilung Colonia-Motoren · Köln-Zollstock

Die neuesten Steckvorrichtungen mit Erdung....





Steckdosen (Gemeinschafts-System)
Wandstecker
Tarifsteckdosen mit Flachkontakten
Steckerschalter
Zwischenschalter
Handschalter
Isolierstoffgerätesteckdosen
Metallgerätesteckdosen
Regulierssteckdosen
Anschlußschnüre
Spezialanfertigungen
alles mit Erdung

Bayerische Elektrozubehör
Akt.-Ges.
(vorm. Albert Büttner)
Lauf bei Nürnberg

Digitized by Google

DEC 3 1930

E T Z

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

INHALT

Neuere Entwicklung von Betrieb und Technik im amerikanischen Fernsprech-Weitverkehr. Von K. Höpfner. 1573

Beitrag zur Berechnung der stationären Erwärmung von Transformatorenspulen. Von G. Ghisler. 1580

Ein Wechselstromkompensator mit direktem Zeigerausschlag. Von M. Wald. 1583

Glühkathodenventile in der diagnostischen und therapeutischen Röntgentechnik. Von H. Wendt. 1584

Die deutsche Elektrizitätswirtschaft im Jahr 1929. Von Albrecht. 1586

Die Landeselektrizitätsversorgung Uruguays. Von A. Ludin. 1587

Rundschau

Umkehrbares Blechwalzwerk m. el. geheizt. Rollengängen z. Vermeid. v. Wärmeverlusten. 1589 — Verkleinerung d. Verluste im Bleimantel v. Einleiterkabeln. 1589 — Ueb. d. Eindring. v. Wasser in d. Isolation v. Starkstromkabeln. 1590 — Dreinutmotor. 1590 — Schalter m. Vorhängeschloß z. Verhüt. v. Unfällen. 1592 — Gekapselt. Ringkabel-Schaltapparat. 1592 — Gelenk-Schreibtischleuchte aus Isolierstoff. 1592 — Mess. v. hohen Wechselspann. aus d. magnet. Feld d. Verschiebungsstroms. 1593 — El. direkt zeigendes Vakuummeter auf d. Prinzip d. anomalen Kathodenfalles. 1593 — Delmi-Decken-Schnelldübel. 1593 — El. Betrieb auf d. französ. Mont-Cenis-Strecke. 1593 — Gleislose el. Bahn Mettmann—Gruiten. 1595 — Kurzwellen. 1596 — Entzerr. in el. Fernmeldestromkreisen mittels inverser Netzwerke. 1596 — Zur Theorie d. Mitnehmens nach van der Pol. 1597 — Ferranti-Ueberspannungschutz. 1597 — Apparat Ikfator z. Blankmachen u. Abbinden v. Schnüren u. Drähten. 1598 — Einfluß v. Bahngleichrichtern auf Fernmeldeleit. 1598 — „Safir"-Lichtpausverfahr. 1598 — Energiewirtschaft. 1599

Vereinsnachrichten. 1600 **Bekanntmachung des VDE.** 1601

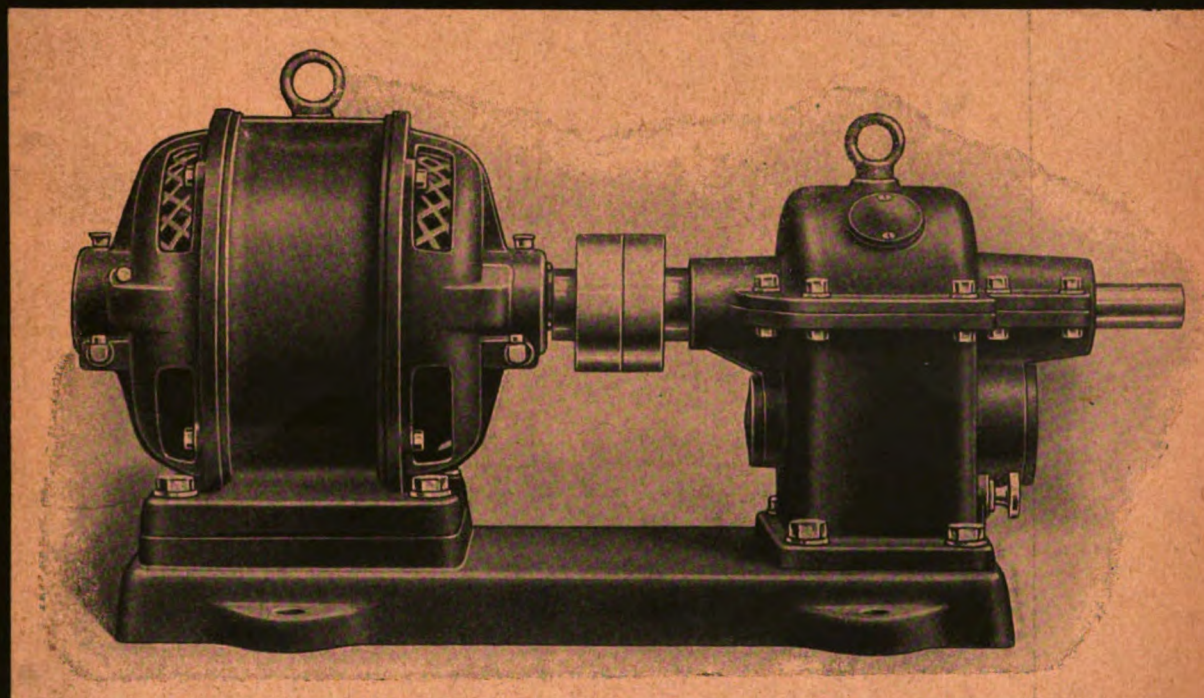
Sitzungskalender. 1601

Literatur: H. C. Möller, W. Schrage, A. Eulenhöfer, F. Gabriel, J. Winckelmann, ESC., R. Rothe, C. v. Eicken, P. Melchior, H. Dubbel, W. Exner. Neue Zeitschriften. Eingegang. Doktordissertationen. 1602

Geschäftliche Mitteilungen. 1604

Bezugsquellenverzeichnis. 1604

Berichtigung. 1604



Heuergetriebe sind Drehzahlminderer mit festen od. veränderlichen Drehzahlen

für Übersetzungen von 2 : 1 bis 1000 : 1, für Übertragungen von 0,5 PS bis 1000 PS

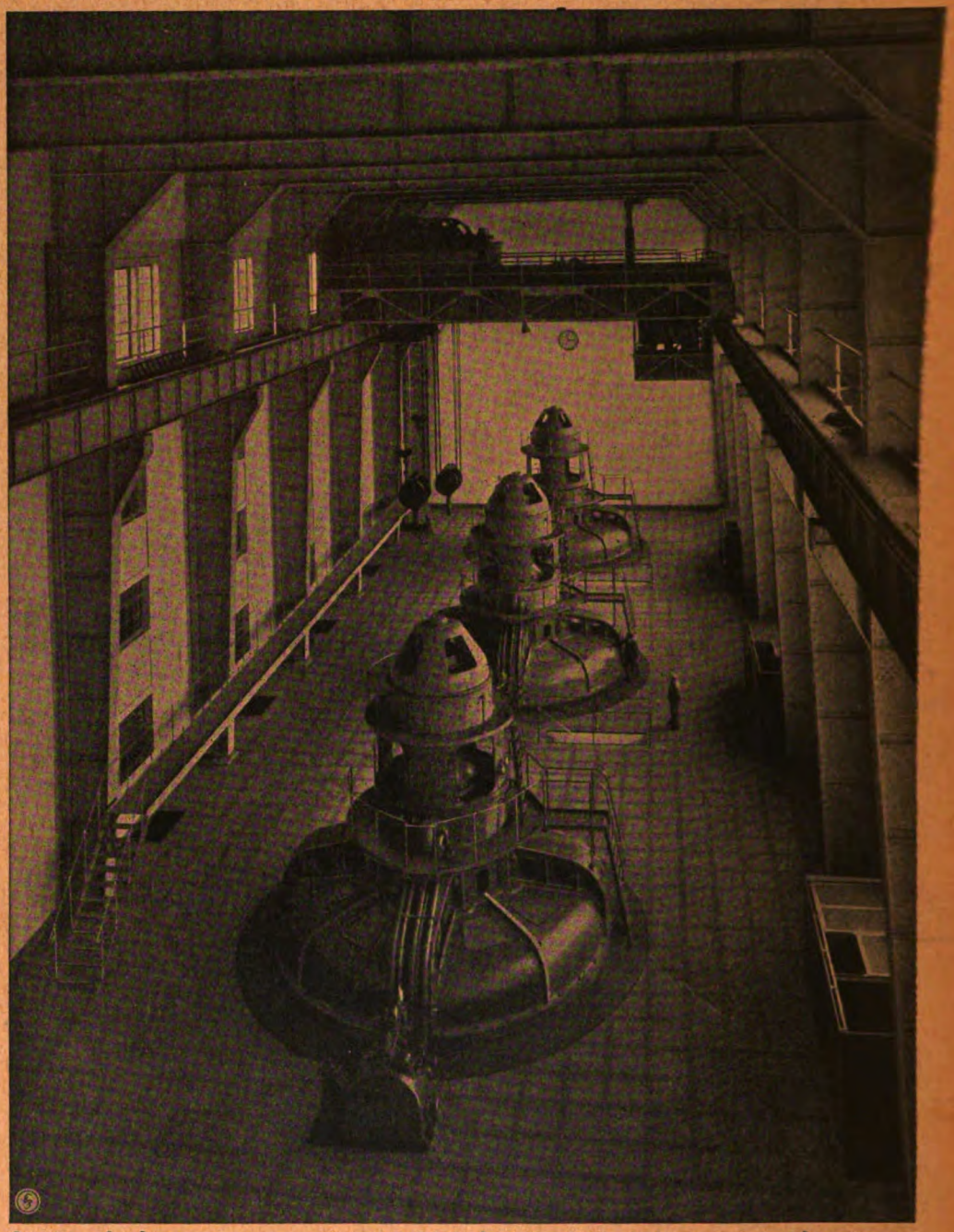
Bis 98 % Nutzeffekt — Tausende in der ganzen Welt verbreitet! — Man verlange neue Liste Nr. 25

Saxoniawerk Paul Heuer G. m. b. H. Dresden 16 s

46. HEFT · 51. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W
(1573-1604) 13. NOVEMBER 193

Digitized by Google

WASSERKRAFT-GENERATOREN



3 Vertikalgeneratoren je 30 000 kVA, 150 U/min, im Shannon-Kraftwerk des Freistaates Irland.

SIEMENS-SCHUCKERT

Digitized by Google

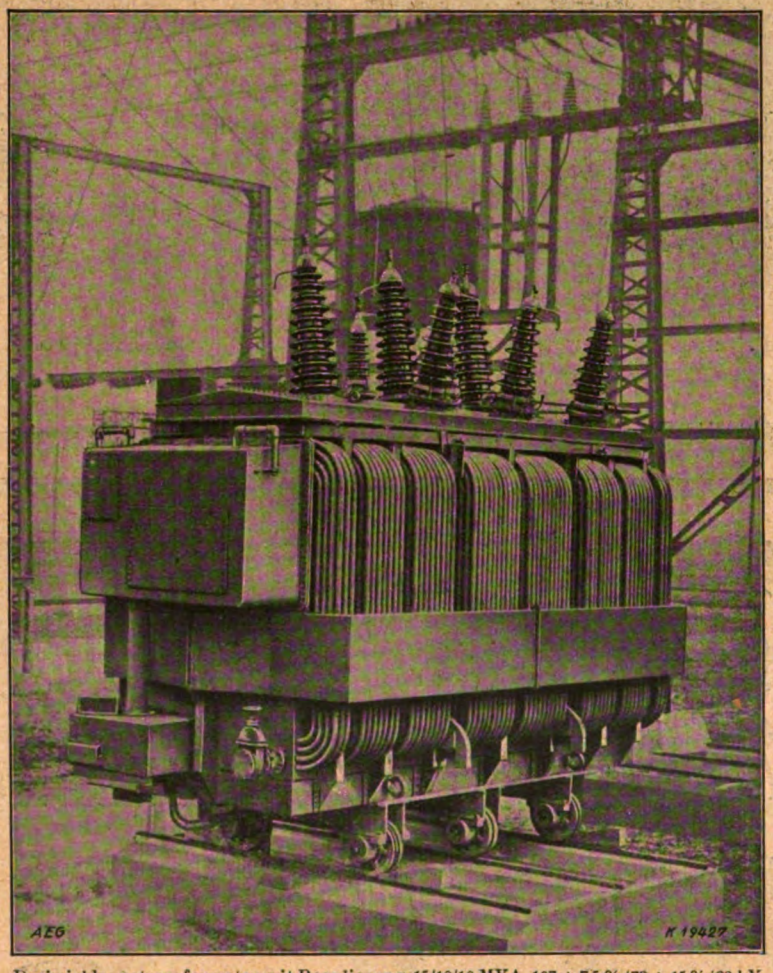
Dreiwicklungs-Reguliertransformator.

Mitteilung der AEG.

Von größter Bedeutung für den Zusammenschluß von Großkraftnetzen ist die Möglichkeit, die durch die Belastungsschwankungen unvermeidlichen, oft innerhalb weiter Grenzen liegenden Spannungsänderungen an der Übertragungsstelle ohne Unterbrechung der Stromlieferung auszugleichen. Dies kann mit Hilfe einer an den Leistungstransformator angebauten Stufenregulier-einrichtung erfolgen, die durch Änderung des Übersetzungsverhältnisses die gewünschte Konstanthaltung der Spannung bewirkt.

Die Abb. zeigt einen Kupplungstransformator der AEG, der auf diese Weise drei große Netze von 100, 70 und 20 kV miteinander verbindet. Die Leistung beträgt 15000/10000/10000 kVA, die Schaltung ist Stern/Stern/Stern. Außerdem ist eine in Dreieck geschaltete Ausgleichwicklung für 4500 kVA vorgesehen. Da als Primärseite hauptsächlich die 100 kV-Seite in Betracht kommt, ist die 100 kV-Wicklung zwischen der am Kern liegenden 20 kV- und der außenliegenden 70 kV-Wicklung angeordnet, so daß die inneren Spannungsabfälle im Transformator bei 100/20 und 100/70 kV auch bei verschiedenen Belastungen gegenseitig nahezu unbeeinflußt bleiben. Die Spannung der ankommenden 100 kV-Leitung schwankt nicht nur täglich in weiten Grenzen, sondern ist auch im Laufe des Jahres periodisch außerordentlich verschieden. Es war deshalb, um den Regulierbereich auch bei den periodischen Schwankungen zu erhalten, nötig, die 100 kV-Wicklung mit festen Anzapfungen bei ± 7,5 vH zu versehen, die mittels Umschaltvorrichtung während einer Betriebspause in abgeschaltetem Zustand verstellt werden können. Außerdem erhält die 70 kV-Wicklung eine Regulierwicklung für ± 15 vH Spannungsänderung in ± 6 Stufen. Die Reglung der 20 kV-Seite wird durch einen in dieses Netz eingeschalteten besonderen Reguliertransformator übernommen. Das genaue Übersetzungsverhältnis beträgt demnach 107 ± 7,5 vH / 73 ± 15 vH / 23 kV, die Kurzschlußspannungen bei 10000 kVA von 107 auf 23 kV rd. 12 vH, von 107 auf 73 kV rd. 11,5 vH und von 73 auf 23 kV rd. 25 vH. Der Nullpunkt der 23 kV-Seite ist über Deckel geführt. Bis etwa 9000 kVA Gesamtleistung arbeitet der Spezial-Röhrenkasten des Transformators rein selbstkühlend, darüber hinaus bis 15000 kVA wird er von einem Luftverteilungskasten aus Düsen angeblasen. Die Abb. zeigt den um den Röhrenkasten gelegten Luftverteilungskasten. Der zugehörige Ventilator liegt auf der dem Beschauer abgewandten Breitseite.

Eine derartige Düsenkühlung arbeitet im Betriebe sehr einfach, insofern als die Düsenanblasung zu dem selbstkühlenden Betrieb nur hinzukommt, ohne etwa in der Luftführung für den selbstkühlenden Betrieb irgend eine Änderung zu benötigen. Die Zuschaltung für den Ventilator kann hierbei, falls gewünscht, auch automatisch erfolgen. Außerdem ist die Wirkung dieser Zusatzkühlung dadurch sehr intensiv, daß die im selbstkühlenden Betrieb träge aufsteigende Luft gewissermaßen durch Ejektorwirkung mitgerissen wird.



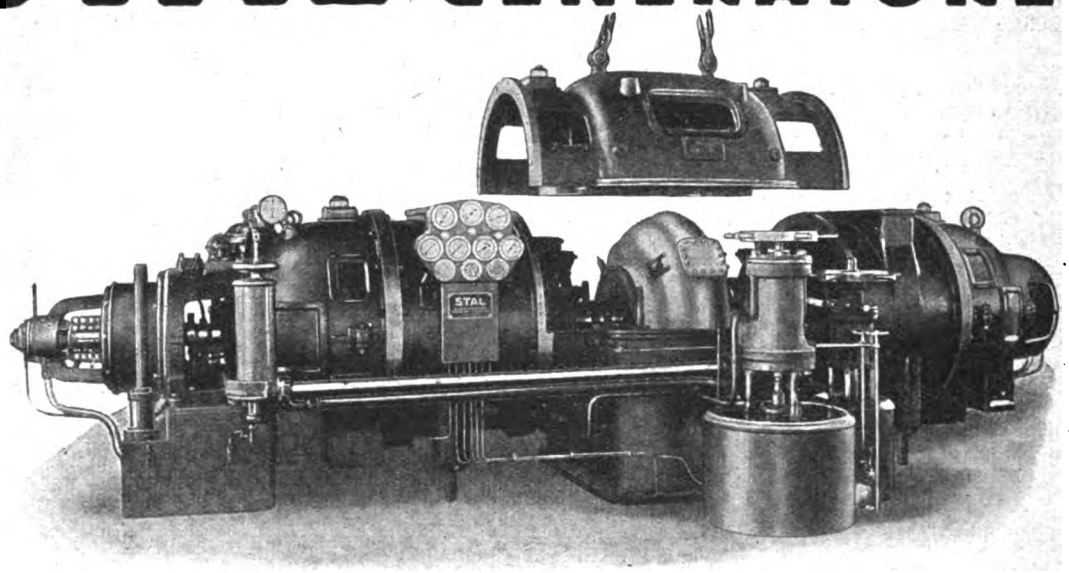
Dreiwicklungstransformator mit Regulierung, 15/10/10 MVA, 107 ± 7,5 % / 73 ± 15 % / 23 kV.

Die Regulier-einrichtung der 70 kV-Wicklung arbeitet nach dem System der Momentanüberschaltung über Widerstände (DRP Dr. Jansen). Die einzelnen Anzapfungen der Regulierwicklung sind abwechselnd an zwei Stufenwählersysteme herangeführt. Diese liegen parallel zu den Achsen der Wicklung und sind an der Schmalseite in den Transformatorkasten eingebaut. Von ihnen führt abwechselnd immer ein System die Last, während das andere ohne Belastung die gewünschte nächste Anzapfung herausgreift. Die eigentliche Lastumschaltung von einer Stufe auf die andere wird mit Hilfe besonderer Lastschütze vorgenommen, die durch einen Kraftspeicher Momentschaltung erhalten. Während des momentanen Umschaltens auf eine neue Stufe werden zur Verhinderung des Kurzschließens der zwischen den betreffenden Anzapfungen liegenden Wicklungsteile Widerstände zwischengeschaltet. Die Schmalseite des Transformators zeigt oben den Schützenkasten, unten den kombinierten Motor- und Handantrieb. Dieser ist durch eine Wellenleitung und geeignete Zahnrädergetriebe einerseits mit dem Kraftspeicher und dem Lastschütz, und anderseits mit dem Stufenwähler verbunden, so daß diese Teile in der richtigen Reihenfolge zusammen arbeiten. Die Umschaltung der Anzapfungen auf der 107 kV-Seite erfolgt ohne Last mit Hilfe dreier Umschaltvorrichtungen und eines gemeinsamen Kegelradantriebes mit Handrad.

Das ganze Aggregat ist in allen seinen Teilen so ausgeführt, daß es ohne weiteres im Freien Aufstellung finden kann. Bei abgenommenen Isolatoren und ohne Fahrgestell ist es mit Luftverteilungskasten, Schützenkasten und Antrieb auf Spezial-Tiefgangwagen bahntransportfähig.

Digitized by Google

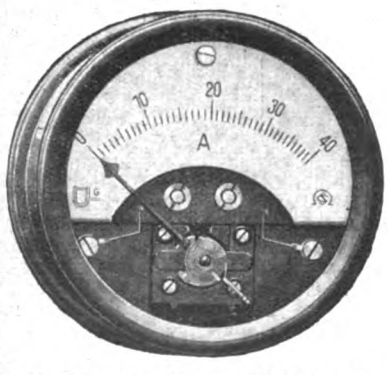
STAL-DAMPFTURBO-GENERATOREN



2100 kW STAL-Gegendruckturbogenerator mit gehobener oberer Hälfte des Turbinengehäuses.
Das Bild zeigt das gut isolierte innere Gehäuse.

STALTURBINE GMBH. DÜSSELDORF, BISMARCKSTR. 44/46

SCHOELLER MESSINSTRUMENTE



Präzisions-Schalttafel-Meßinstrumente

SCHOELLER & Co
Elektrotechnische Fabrik G·m·b·H
FRANKFURT·M·SÜD

C. & F. Schlothauer

G. m. b. H.

Ruhla, Thüringen

Spezialfabrik für Installationsmaterialien der elektrischen Beleuchtungsindustrie

Die wichtigsten Installationsmaterialien unseres Fabrikates werden mit dem Prüfzeichen des Verbandes Deutscher Elektrotechniker geliefert

Digitized by Google

DEC 6 1930

E T Z

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

Inhalt von Heft 47 der ETZ

Das mikroporöse Gummidiaphragma für Akkumulatoren. Von H. Beckmann. 1605

Internationale elektrische Kupplungen. Von K. Dohrn. 1607

Die Funkabschirmung an Flugmotoren. Von W. Dorn. 1610

Über die Bestimmung der Kupferverteerungszahl und des Stockpunkts bei Transformatoren- und Schalteröl. Von Typke. 1614

Erregung von läufererregten Kommutator-Hintermaschinen (Drehstrom-Erregermaschinen) bei ungeeigneter Netzfrequenz. Von H. Harz. 1615

Die Elektrotechnik auf dem Internationalen Luftfahrtkongreß im Haag. Von F. Born. 1618

Vielfachrundfunk auf einer Ultrakurzwelle. Von M. v. Ardenne. 1619

Mitt. der PTR. Nr. 287. 1620

Rundschau

Schwelkraftwerke. 1621 — Feuchtraumleit. 1622 — Ölgefüllte Kabel. 1622 — Hochspannungskabel-Probleme. 1623 — Einphasen-Induktionsmotor m. Kond. in d. Hilfsphase. 1623 — Wasserkraftgenerator d. Kraftw. Dnjeprstroi. 1623 — Deion-Luft- u. Ölschalter. 1624 — Diagr. z. Ermittl. d. durch Meßwandler entsteh. Fehlers b. Leistungsmess. in Drehstrom-Dreileiteranl. 1625 — Kathodenstrahl-Oszillogr. z. Aufnahme period. Vorgänge. 1625 — Beleucht. als Mittel z. Rationalis. i. Bergbau. 1625 — Beleuchtungsanl. auf Flugzeugen. 1626 — Wirtschaftlichk. d. Bandförd. im Steinkohlenbergbau. 1626 — Methode z. Registrier. v. Kapazitätsänder. u. ihre Anwend. z. lauf. Beobacht. physikal. Vorgänge. 1626 — Kugelfeld bei belieb. Phasenverschieb. d. Spann. 1627 — Dielektr. Verluste u. Durchschlag in porösen Isolierstoffen. 1627 — Stromerzeug. u. Umwandl. in d. Metall- u. Holzverarb. 1628 — Intern. Wettbew. i. d. Alum.-Verw. 1629 — Preisausschr. 1629 — Tagung d. VBI. 1629 — Das techn. Doktorat in Italien. 1629 — Jahresversamml., Kongr., Ausstell. 1630 — Energiewirtschaft. 1630 — **Rechtspflege.** 1631 — **Vereinsnachrichten.** 1632 — **Bekanntmachung des VDE.** 1633 — **Sitzungskalender.** 1634 — **Persönliches:** H. Görz †, K. Hoheisel †, Siméon u. Cremer-Chapé, H. Beckmann, O. Zdralek. 1634 — **Briefe a. d. Schriftl.:** Askania-Werke A.-G. 1634 — **Literatur:** A. Korn, K. Schmidt u. W. Volkmann, J. H. Kuhlmann, F. Seufert, F. Brock, W. Wien u. F. Harms, Eingegang. Doktordissert. 1635 — **Geschäftliche Mitteilungen.** 1636 — **Bezugsquellenverzeichnis.** 1636 — **Berichtigung.** 1636

Inhalt des neuesten Heftes des Archiv f. Elektrotechnik

(Bd. 24, H. 4): Feldtkeller u. Strecker, Theorie der Niederfrequenzverstärkerketten. — Heyne, Messungen von Gewitterüberspannungen mittels Staffelfunkenstrecke. — Müller, Der Lichtbogen im Ölschalter. — Kampschulte, Luftdurchschlag und Überschlag mit Wechselspannung von 50 und 100 000 Hertz. — Kirch u. Riebel, Untersuchungen über das dielektrische Verhalten von Öl-Harzmischungen unter besonderer Berücksichtigung des Bereichs relativ geringer Temperaturen. — Masch, Durchschlagspannung und Bestrahlung. — Rogowski, Flegler u. Buss, Die Leistungsgrenze des Kathodenoszillographen.

47. HEFT · 51. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9
(1605-1636) 20. NOVEMBER 1930

Digitized by Google

Feuer
Verzinkungsanlagen
Verzinnungsanlagen
Verbleiungsanlagen
nach dem Schleuderverfahren
Patent Miele
50% Materialersparnis gegenüber dem früheren Tauchverfahren.
Besonders geeignet für kleinere Gegenstände wie: Klein-Eisenwaren, Schrauben, Muttern, Nägel, Stanzteile, Jnstallationsmaterial, Drahtwaren, Schiffsartikel, Fittings u.s.w.
Mielewerke A.G.
Gütersloh/Westfalen

PORZELLANFABRIK ZU KLOSTER VEILSDORF
Veilsdorf (Werra)
Gegründet 1765, Aktiengesellschaft seit 1884
Werke in Kloster Veilsdorf, Eisfeld, Brattendorf und Meuselwitz i./Th.

Veilsdorfer Porzellan
Isolatoren für Hoch- und Niederspannung
Montage- und Installationsporzellan
Technisches Porzellan aller Art

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

51. Jahrgang | Berlin, 20. November 1930 | Heft 47

Das mikroporöse Gummidiaphragma für Akkumulatoren.

Von Prof. Dr. **H. Beckmann**, Berlin.

Übersicht. **Es wird über die Zweckmäßigkeit und die Entwicklung von Diaphragmen, insbesondere der Holzbrettchen-Scheider für Akkumulatoren berichtet und ausführlich Wesen, Herstellung und Vorzug eines neuen mikroporösen Hartgummi-Diaphragmas beschrieben.**

Der Akkumulator ist bei richtiger Behandlung eine außerordentlich zuverlässige und sicher arbeitende Stromquelle; sofern sich aber im Laufe eines längeren Betriebes doch einmal eine Störung einstellt, so ist diese in der Regel darauf zurückzuführen, daß sich im Innern des Akkumulators irgendeine Strombrücke bildet; derartige Störungen können dadurch verursacht werden, daß entweder Masseteilchen der einen Platte abbröckeln und sich zur anderen hinüberlegen oder daß sich durch den Strom leitende Masse als Brücke zwischen den Platten ablagert oder daß Platten sich aus irgendwelchen Gründen im Laufe der Zeit krümmen und so miteinander in Berührung kommen.

Soll der Akkumulator unbedingt störungsfrei arbeiten, so daß seine Platten bis zur vollkommenen Abnutzung im Betriebe bleiben können, dann muß die Bildung jeder Strombrücke zwischen den Platten unter allen Umständen verhütet werden.

In den ersten Jahren, als man Akkumulatoren baute, war es noch verhältnismäßig einfach, sie dementsprechend kurzschlußsicher herzustellen. Es wurden damals außerordentlich schwere Platten geliefert, die schon an sich durch übermäßig große Bleimengen starke Widerstandskraft gegen Krümmen besaßen und bei denen außerdem die Abstände zwischen den Platten, weil es sich meist um ortsfeste Batterien handelte, so weit gewählt werden konnten, daß die Kurzschlußgefahr an sich nur sehr gering war.

Es genügte darum bei den ersten Batterien, die auf den Markt kamen, daß die Platten voneinander durch zwischengeschobene quadratische Holzstäbe und später durch dicke Glasrohre getrennt wurden. Als aber dann im Anfang dieses Jahrhunderts Akkumulatoren in größerem Maße auch zum Antrieb elektrischer Fahrzeuge benutzt wurden, mußte ihre Bauart dadurch dieser neuen Aufgabe angepaßt werden, daß die Abstände zwischen den Platten auf das äußerste verringert und die Platten selbst so leicht wie möglich hergestellt wurden. Je enger nun aber die Abstände gewählt und je dünner die Platten gebaut wurden, desto notwendiger und schwieriger wurde es natürlich, auch dann noch Berührung der Platten und Bildung von Kurzschlüssen unter allen Umständen zu verhindern. Es genügte nun nicht mehr, daß die Platten an einzelnen Punkten abgestützt wurden, sondern es wurde erforderlich, ihre ganze Fläche schützend abzudecken. Das geschah zunächst in der Weise, daß gelochte, glatte oder gewellte Hartgummibleche, deren äußere Abmessungen denen der Platte entsprachen, zwischen die Platten geschoben wurden. Die Durchlochungen der Bleche waren erforderlich, damit der Strom ungehindert von Platte zu Platte fließen konnte; dabei mußte aber der gesamte freie Querschnitt der Perforationen so groß gewählt werden, daß der Strom nicht zu sehr abgedrosselt wurde; die einzelnen Durchbrechungen selbst mußten jedoch so klein wie möglich sein, damit sich nicht Kurzschlüsse durch diese Öffnungen hindurch bilden konnten. Aus Gründen der Herstellung war es nun aber nicht möglich, mit dem Lochdurchmesser unter eine gewisse Größe herunterzugehen. Infolgedessen boten auch durchlochte Hartgummibleche auf die Dauer doch keinen unbedingten und hinreichenden Schutz gegen Kurzschlüsse.

Es bedeutete deshalb einen großen Fortschritt, als etwa um das Jahr 1902 herum von Amerika her der Vorschlag gemacht wurde, dünne Holzfurniere zwischen die Platten zu schieben und dadurch dann eine zuverlässige Verhütung der Kurzschlüsse zu erreichen. Durch ihr Wachstumsgefüge sind Holzbrettchen von zartesten Poren durchsetzt, die so fein sind, daß auch kleinste Masseteilchen dadurch zurückgehalten werden; dabei ist die Anzahl der Poren so groß, daß der Gesamtwiderstand, den ein Holzbrettchen für den Strom bietet, außerordentlich gering ist. Nebenher ist es auch noch von Bedeutung, daß die Holzbrettchen beim Arbeiten des Akkumulators Substanzen abgeben, denen eine günstige Wirkung auf die negativen Platten zugeschrieben werden kann.

In der Tat bieten Holzbrettchen für viele Zwecke auch heute noch ein vollkommen befriedigendes Mittel, um Kurzschlüsse ein für allemal zu verhüten, zumal dann, wenn Holzbrettchen, wie das bei transportablen Akkumulatoren oft geschieht, vereint mit durchlochten Hartgummiblechen Verwendung finden. In dem Falle wird dann ein dünnes Holzbrettchen an die negative Platte gelegt, während nach der positiven hin die Abstützung durch gewelltes, durchlochtes Hartgummiblech erfolgt. Dann ist also gewissermaßen eine doppelte Isolation vorhanden; das gewellte Hartgummiblech schafft sicheren Abstand zwischen den Platten und dient in begrenztem Maße auch dazu, Kurzschlüsse zu verhüten, während hingegen das Holzbrettchen durch sein mikroskopisch feines Gefüge endgültig jedes kleinste Masseteilchen zurückhält.

Im Laufe der Jahre zeigte sich nun aber, daß die Holzbrettchen doch nicht allen Anforderungen der Verwendung gewachsen sind. Eine Schwäche der Brettchen liegt darin, daß sie gegen höhere Temperaturen nicht übermäßig widerstandsfähig sind und zudem leicht der lösenden Einwirkung erliegen, die das Superoxyd der positiven Platte auf Holzsubstanz ausüben kann, sofern das Superoxyd unter Stromwirkung in unmittelbare Berührung mit dem Brettchen kommt. Diese Gefahr, daß die Brettchen durch die Wirkung der positiven Platte zerstört werden, ist besonders groß, wenn doppelt gerippte Brettchen Verwendung finden, bei denen die Rippen fest an beiden Platten liegen und darum an der positiven leicht zerfressen werden. Um Batterien mit Holzbrettchen vor der nachteiligen Einwirkung hoher Temperaturen zu schützen, besteht deshalb die Vorschrift, die Elemente nicht über 40 ... 50 ° warm werden zu lassen. Wird diese Grenze überschritten, so tritt schnell eine Art Verbrennung und dadurch ein Morschwerden der Holzbrettchen ein; hat aber erst eine Zerstörung der Brettchen begonnen, so ist natürlich die Möglichkeit, daß sich daraufhin Kurzschlüsse bilden, gegeben.

Trotz der vorzüglichen Eigenschaften der Holzbrettchen bestand darum in der Akkumulatorentechnik seit Jahren der dringende Wunsch, neben den Holzbrettchen auch noch Separatoren zu besitzen, bei denen die guten Eigenschaften der Brettchen vorhanden sind, ohne daß ihnen jedoch die Empfindlichkeit eigen ist, die Brettchen nun einmal den erwähnten Zerstörungskräften gegenüber haben.

So wurde zum Beispiel vor etwa 20 Jahren ein amerikanischer Separator, der in gewissem Sinne recht gut war, in Vorschlag gebracht, bei welchem als Aufbaumaterial nicht Zellulose, sondern Hartgummi, wie bei durchlochten Blechen, benutzt wurde, wobei jedoch die Fläche des Hartgummibleches von Löchern durchsetzt war, die ungemein fein und klein waren und die dadurch gewonnen wurden, daß Baumwollfäden den Scheider senkrecht zu seiner Fläche durchzogen; der Strom konnte dann auf der Bahn dieser Fäden ungehindert den Scheider durchfließen. Abgesehen aber davon, daß dieser Separator infolge seiner

Digitized by Google

Herstellung sehr teuer war, zeigte sich doch in vielen Fällen, daß die Baumwollfäden den oxydierenden Kräften im Akkumulator nicht standzuhalten vermochten, sondern unter Umständen herausgelöst wurden und daß dann nach einiger Zeit gewissermaßen ein fein gelochter Separator vorhanden war, der auch wieder keine unbedingte Sicherheit gegen Kurzschlüsse gab.

Vergegenwärtigen wir uns noch einmal kurz, welches die Forderungen sind, die an einen guten Separator gestellt werden müssen: Er soll verhindern, daß irgendwelche noch so kleine Masseteilchen von einer Platte zur anderen herüberwandern können; er darf dem elektrischen Strom nur geringen Widerstand entgegensetzen; er muß jedoch gegenüber den chemischen Wirkungen, die von der positiven Platte ausgehen, unbedingt widerstandsfähig sein; er soll mechanisch so fest sein, daß ein zuverlässiger Einbau möglich ist, und endlich und nicht zum wenigsten, er muß hinreichend billig sein, wenn er Aussicht haben soll, Anwendung in umfangreichem Maße zu finden.

Die Bedingung der hohen chemischen und thermischen Widerstandsfähigkeit kann von einem Scheider nur dann erfüllt werden, wenn zunächst einmal sein Aufbaumaterial den vorgenannten Ansprüchen gewachsen ist. Aus dieser Erwägung heraus erschien es für die Gewinnung eines solchen Separators von vornherein zweckmäßig, von Zellulose als Baustoff überhaupt abzusehen. Wenn dann weiter verlangt wird, daß der Separator gegen kleinste stoffliche Teile vollkommenen Schutz bieten, dabei aber geringsten Widerstand haben soll, so läßt sich diese Forderung nur dann befriedigend erfüllen, wenn die Scheiderfläche durchsetzt ist von mikroskopisch kleinen Poren, die aber doch so zahlreich sind, daß die Summe ihrer Öffnungen dem Strom einen möglichst großen Gesamtquerschnitt bietet. Ein derartiger Scheider soll dann also eine poröse Platte aus einem in höchstem Grade widerstandsfähigen Stoff sein, deren Fläche von möglichst kleinen und möglichst zahlreichen Poren durchsetzt ist.

Es sind nun in der Technik allgemein Verfahren bekannt, um Poren verschiedenster Größenordnung herzustellen. In der Fabrikation der Steinzeugfilter zum Beispiel werden Poren in verschiedenen Abmessungen dadurch hergestellt, daß geeignete Stoffe bis zu einer gewissen Korngröße gepulvert und dann durch Sinterung miteinander verschmolzen werden. Die mittlere Porenweite, die auf diese Weise entsteht, hängt natürlich von dem mittleren Durchmesser der zur Verwendung kommenden gesinterten Körner ab. Durch Veränderung der Korngröße ist es dann wohl möglich, nach obenhin beliebig große Poren zu bekommen, nach untenhin aber ist eine schwer übersteigbare Grenze gezogen, weil es aus technischen Gründen nicht gut möglich ist, Körner unterhalb eines gewissen Durchmessers herzustellen.

In Erkenntnis dieser Tatsache versuchte ich, auf einem ganz anderen Wege wesentlich kleinere Poren dadurch zu gewinnen, daß ich als Bausteine für die Bildung von Separatoren Körper benutzte, die von vornherein in der Natur durch möglichst kleine Abmessungen gegeben sind, so klein, wie sie sich auf mechanischem Wege überhaupt nicht herstellen lassen. Derartig winzige Teilchen sind nun allgemein durch die Gebilde der Kolloide gegeben, und es war deshalb mein Bestreben, durch einen kolloidal aufgebauten Körper zu einem geeigneten Gel und auf diesem Wege dann zu einem mikroporösen Scheider zu kommen.

Diesem Gedanken folgend, stellte ich zunächst Separatoren nach Art der Kollodium-Ultrafilter her. Bei dieser Art von Filtern findet bekanntlich Kollodium, eine Auflösung von Baumwolle in Alkohol und Äther, Verwendung. Die so zusammengesetzte Flüssigkeit wird in dünnen Platten ausgegossen und der Luft ausgesetzt, wobei dann zunächst der Äther verdampft; es bleibt ein breiiges, ziemlich festes Gebilde zurück, bei welchem die Baumwolle zur Hauptsache nur noch von Alkohol umhüllt ist. Wird nun dieses Gel mit Wasser überspült, so wird dadurch der Alkohol herausgewaschen und durch Wasser ersetzt. Die dann entstehende Platte ist ziemlich fest, etwa wie Zelluloid, und besitzt in ihrem inneren Gefüge ein kolloides Netz von Maschen, die unendlich fein sind und jedenfalls weit unter der Sichtbarkeitsgrenze liegen. Werden derartige Scheider in Akkumulatoren benutzt, so zeigen sie in der Tat einen außerordentlich niedrigen Widerstand und halten dabei auch allerfeinste Teilchen sicher zurück. Bei der praktischen Benutzung so hergestellter Scheider ergab sich dann aber bald, daß sie chemisch nicht hinreichend widerstandsfähig waren und daß die Zellulose auch in dieser Form kein geeignetes Aufbaumittel für Akkumulatorenscheider geben konnte. Es war deshalb zweckmäßig, diesen Stoff als Grundmaterial für Scheider überhaupt aufzugeben, und ich versuchte nunmehr aus anderen Stoffen einen Separator zu gewinnen unter Benutzung des gleichen Gedankens der Herstellung. Das beste Grundmaterial für diesen Zweck ist ohne Zweifel Gummi, insbesondere Hartgummi, das sich bekanntlich durch außerordentlich hohe Widerstandsfähigkeit gegen alle chemischen Einflüsse seit langem bewährt hat. Ich versuchte darum mit Hilfe des Gummis als Aufbaustoff ein Gel zu finden, dessen Körper in Netzform, wie nach unserer Anschauung sich Gelgebilde darstellen, aufgebaut ist.

Auf Grund vieler Versuche und Studien ergab sich schließlich, daß für die Gewinnung eines solchen Gels vor allem das sogenannte Latex, die Gummimilch, aus der bekanntlich unser Rohgummi hergestellt wird, geeignet ist. In ihrem Aussehen gleicht Gummimilch vollkommen der Kuhmilch. Sie besteht aus Kautschukteilchen, die in einem wässerigen Serum frei beweglich schwimmen, ähnlich wie die Fetteilchen bei der Kuhmilch im Wasser suspendiert sind. Nun läßt sich weiter das Latex, wie die Kuhmilch wenn sie in die Form der dicken Milch übergeht, auch in den Gelzustand bringen. Sobald das eintritt, sind die einzelnen Kautschukteilchen in dem Serum nicht mehr wie vorher in der Latexflüssigkeit frei beweglich, sondern es ist eine feste Anlagerung der wässerigen Flüssigkeit an die Kautschukteilchen eingetreten derart, daß aus der gesamten Menge der Flüssigkeit ein elastisches, gallertartiges Gebilde entstanden ist. Wurde nun, ehe die Bildung dieses Gels erfolgte, der Gummimilch noch fein verteilter Schwefel zugesetzt, so ist es nachher durch Erhitzen dieses Gels möglich, den darin befindlichen Kautschuk zu vulkanisieren und ihn je nach der Menge des beigefügten Schwefels und je nach der Dauer der Vulkanisation in Weich- oder Hartgummi zu überführen. Damit das Gebilde nun aber auch bei der Vulkanisation porös bleibt, muß dafür gesorgt werden, daß die wässerige Flüssigkeit, die in der Gallerte mit den Kautschukteilchen verbunden ist, auch während der Vulkanisation nicht entweichen kann. Deshalb muß sich der Vorgang des Vulkanisierens in Wasser oder unter gesättigtem Dampf abspielen. Nach beendeter Vulkanisation ist das Skelett des Körpers, der nun entstanden ist, in sich so fest geworden, daß das Wasser, das bei dem Gel als Aufbaustoff diente, nun nicht mehr für den Aufbau erforderlich ist, sondern durch Verdampfen oder Verdunsten entfernt werden kann. Überall aber da, wo vorher in dem Körper sich Wasser befand, sind nun Poren von allerfeinster, mikroskopischer Größe entstanden, die das ganze Gebilde in wunderbarer Gleichmäßigkeit und in unendlicher Zahl durchsetzen. Da die Poren, wie vorher erwähnt wurde, ihr Dasein dem in der Gummimilch enthaltenen Wasser verdanken, so muß ihre Zahl und Größe in einem gewissen Abhängigkeitsverhältnis zu der im Gel vorhandenen Wassermenge stehen. Bis zu einem gewissen Umfange ist es deshalb möglich, die Porosität eines so hergestellten Körpers durch mehr oder weniger großen Wassergehalt des Ausgangsmaterials, der Gummimilch, zu verändern. Messungen haben gezeigt, daß die Poren, die auf solche Weise gebildet werden, im Mittel etwa eine Größe von $^2/_{1000}$ ... $^3/_{1000}$ mm besitzen, also weit unterhalb der Sichtbarkeitsgrenze liegen. Der Stoff, der so entsteht, ist mit Recht als mikroporöses Gummi zu bezeichnen; ein Quadratzentimeter des Scheiders wird von etwa 20 000 000 Poren durchsetzt.

Das Verfahren zur Herstellung von mikroporösem Gummi und die Verwendung dieser Scheider ist durch zahlreiche Patente im In- und Auslande geschützt. Das Recht, nach diesem Verfahren Scheider herzustellen und anzuwenden, steht der Accumulatoren-Fabrik Aktiengesellschaft, Berlin, zu, die derartige mikroporöse Scheider nunmehr unter der Bezeichnung „Mipor“ in größerem Maße zur Anwendung bringen wird.

Die Herstellung der Mipor-Scheider im großen ist verhältnismäßig einfach. Gummimilch, der eine entsprechende Menge von Schwefel hinzugefügt wurde, wird durch Zugabe bestimmter Stoffe zum Eindicken gebracht und im Vulkanisationskessel unter Dampfdruck erhitzt. Komplizierte Maschinenanlagen, wie sie sonst in der Gummifabrikation gebraucht werden, sind nicht erforderlich. Es lassen sich ohne beträchtliche Schwierigkeiten Scheider beliebiger Größe laufend herstellen.

Bevor sich die Accumulatoren-Fabrik Aktiengesellschaft entschloß, Mipor-Scheider in den von ihr gelieferten Akkumulatoren zu verwenden, wurde die technische Brauchbarkeit und Zuverlässigkeit der Mipor-Scheider während mehrerer Jahre in groß angelegten Dauerversuchsreihen im Laboratorium und in der Praxis erprobt.

Durch Messungen im Laboratorium wurde zunächst festgestellt, daß der elektrische Widerstand des Mipor-Scheiders auffallend niedrig ist. Ungefähr kann man annehmen, daß ein Mipor-Scheider nur wenig mehr als die Hälfte des Widerstandes besitzt, den ein Holzbrettchenscheider gleicher Stärke und Größe dem elektrischen Strom bietet. Dieser Vorzug tritt besonders bei hohen Strombe-

Digitized by Google

lastungen in Erscheinung, bei denen die Spannung des Akkumulators sich unter Verwendung von Mipor-Scheidern günstiger als bei Holzbrettchen stellt. Der größte Vorteil, den die Mipor-Scheider bieten, besteht vor allem in ihrer sehr hohen Widerstandsfähigkeit gegen chemische Einflüsse und gegen erhöhte Temperatur. Dauerversuche, die unter verschiedensten Beanspruchungen angestellt wurden, ergaben, daß Mipor-Scheider auch bei sehr langer Benutzung diese hohe Widerstandsfähigkeit unverändert behalten und daß auch bei jahrelanger und starker Belastung meist nicht die geringste Spur eines Angriffes auf den Flächen des Separators erkennbar ist. Infolgedessen ist die Lebensdauer der Mipor-Scheider vielfach größer als diejenige der zur Verwendung kommenden Akkumulatorenplatten; es ist deshalb fast immer möglich, die Mipor-Scheider nach Aufbrauch der Platten von neuem, in der Regel sogar mehrmals einzubauen und zu benutzen. Ganz besonders tritt dieser hohe technische Vorzug, den die Scheider besitzen, dann hervor, wenn der Elektrolyt aus irgendwelchen Gründen höhere Temperaturen annimmt. Während, wie erwähnt, Brettchen bei Temperaturen von 40 ... 50 ° Schaden leiden oder zerstört werden, erfährt der Mipor-Scheider keinerlei Angriff, selbst wenn die Temperatur für längere Zeit auf 50 ° oder 60 ° hinaufgeht; ja auch höhere Wärmegrade würden, wie die Daueruntersuchungen zeigten, für den Mipor-Scheider an sich nicht nachteilig sein, nur ist eine Temperatursteigerung etwa über 60 ° für die Akkumulatorenplatten selbst von beträchtlichem Schaden und deshalb zu vermeiden.

Auf Grund aller dieser von der Accumulatoren-Fabrik Aktiengesellschaft während mehrerer Jahre äußerst sorgfältig durchgeführten Dauerversuche läßt sich mit vollkommener Sicherheit sagen, daß der Mipor-Scheider einen beträchtlichen Fortschritt in der Akkumulatorentechnik darstellt und daß er tatsächlich ein Scheider ist, der unter allen Umständen für dauernde, zuverlässige Trennung der Akkumulatorenplatten voneinander und für sichere Verhinderung noch so feiner Kurzschlüsse bürgt. Es dürfte danach wohl möglich sein, jetzt auch solche Probleme für Verwendung transportabler Akkumulatoren zu lösen, bei denen bisher Schwierigkeiten dadurch bestanden, daß die zur Verwendung kommenden Holzbrettchen sich als zu empfindlich gegen Temperatureinflüsse erwiesen. Da die Brettchen vielfach auch ohne besondere Belastung oft früher aufgebraucht waren als die mit ihnen zusammenarbeitenden Platten, so war es nicht selten erforderlich, einen Ersatz der Brettchen vorzunehmen, noch ehe etwa die positiven Platten vollkommen aufgebraucht waren; bei Verwendung von Mipor-Scheidern dürfte es künftig möglich sein, alle Akkumulatoren, wie immer sie auch beansprucht werden, ohne Störung bis zum vollkommenen Aufbrauch der Platten zu benutzen.

Es darf demnach erwartet werden, daß mit Einführung des Mipor-Scheiders sich die Anwendungsmöglichkeit des Akkumulators erweitert, seine Unterhaltung sich verbilligt, sein Betrieb vereinfacht und daß somit die Anwendung des Akkumulators im allgemeinen durch den Mipor-Scheider eine beträchtliche Förderung erfahren wird.

Internationaler elektrischer Stromaustausch.

Von Dr. **Klaus Dohrn**, Diplom-Volkswirt, Berlin.

Übersicht. **Die technische und wirtschaftliche Entwicklung der Elektrizitätswirtschaft ist mit einer ständigen räumlichen Ausdehnung der Versorgungsbezirke notwendig verbunden. Die politischen Grenzen der Länder können das folgerichtige Fortschreiten dieser Expansionsbewegung nicht aufhalten. Seit einiger Zeit bahnen sich zwischenstaatlicher Austausch sowie Aus- und Einfuhr elektrischer Arbeit an verschiedenen Stellen in Europa und Amerika an. Mit gewissen Ausnahmen sind jedoch die bisherigen internationalen elektrowirtschaftlichen Verbindungen noch ohne ernstere Bedeutung. Eine wachsende Intensivierung und Ausbreitung zwischenstaatlicher elektrischer Kupplungen ist aber für die Zukunft als wahrscheinlich anzunehmen. Daraus können sich möglicherweise Verstärkungen der internationalen wirtschaftlichen und politischen Abhängigkeitsverhältnisse ergeben, die allgemeine Aufmerksamkeit verdienen. Über Entwicklung und gegenwärtigen Stand der Frage in einigen besonders daran beteiligten Staaten wird vom wirtschaftlichen Standpunkt aus in großen Zügen berichtet.**

Die Tendenz für eine internationale Ausgestaltung der Elektrizitätswirtschaft ist bei der technisch und wirtschaftlich bedingten Weite moderner Elektrowirtschaftsgebiete und der relativen räumlichen Enge besonders der politischen Verhältnisse Europas eine natürliche Entwicklungserscheinung. Anfänge einer internationalen Energieversorgung sind in Europa und Amerika vorhanden. Allerdings wird gegenwärtig höchstens 1 % der Welterzeugung von elektrischem Strom auf dem Wege vom Erzeuger zum Verbraucher über Staatsgrenzen transportiert. Auch bei den bereits an internationalen elektrowirtschaftlichen Kupplungen beteiligten Staaten haben Ausfuhr oder Einfuhr von Elektrizität mit geringen Ausnahmen einen meist nur unbedeutenden Anteil an der Gesamtstromerzeugung des Landes. Viele Anzeichen deuten aber darauf hin, daß internationaler Stromaustausch, Aus- und Einfuhr von Energie in Zukunft an Bedeutung gewinnen werden. Dabei wird die Entwicklung innerhalb der engen Gebietsgrenzen Europas zweifellos auf größere Schwierigkeiten stoßen als anderwärts. Die Weiträumigkeit des einheitlichen amerikanischen Wirtschaftsgebietes hat z. B. schon seit einiger Zeit Kraftwerkskupplungen über gewaltige Flächen ermöglicht. Ein Stromaustausch findet dort zwischen den großen Kraftsystemen am Atlantik bis zum Mississippi, am Golf von Mexiko bis nach Kanada statt, einem Gebiet, dreimal so groß wie Deutschland, England und Frankreich zusammengenommen. Für Europa hat Dr. Oliven in seinem bedeutungsvollen Hauptvortrage auf der Berliner Weltkraftkonferenz[1] einen Vorschlag für den Aufbau eines umfassenden internationalen Großkraftnetzes entwickelt. Dabei lag der Gedanke zugrunde, eine Klärung aller damit verbundenen Fragen so rechtzeitig herbeizuführen, daß die Schaffung des gedachten zukünftigen europäischen Einheitsystems der Energieversorgung mit seinem gewaltigen Kapitalbedarf nicht durch planloses Neben- und Gegeneinanderarbeiten ohne Rücksicht auf die voraussichtlichen künftigen Bedürfnisse in der Gegenwart gefährdet oder verzögert wird.

Internationale elektrische Kupplungen bestehen heute in Europa bei Deutschland, Frankreich, Italien, Österreich, der Schweiz, von geringerer Bedeutung bei den skandinavischen Staaten, Spanien, Portugal, Polen, Holland, der Tschechoslowakei und dem Saargebiet. Über den Stand in einigen wichtigen Ländern wird im folgenden berichtet.

Die Schweiz hat internationale energiewirtschaftliche Beziehungen am weitesten entwickelt. Der Stromexport setzte bei ihr bereits mit dem Bau der ersten Kraftwerke ein. Die schweizerische Ausfuhr — hauptsächlich ausländischen Elektrizitätswerken und Verteilungsunternehmungen, in geringerem Maße den Verbrauchern direkt zugeleitet — nahm absolut wie im Verhältnis zur Gesamtstromerzeugung eine stetige Aufwärtsentwicklung.

Gesamtstromerzeugung und Stromausfuhr der Schweiz in Mill kWh[*2].

	Gesamtstromerzeugung	Ausfuhr	Ausfuhr in % der Gesamterzeugung
1916	1540	296	19,2
1919	1786	327	18,3
1922	1969	462	23,5
1925	2734	654	23,9
1926	3020	854	28,3
1927	3361	961	28,6
1928	3648	1107	30,4
1929	3736	1059	28,0

Von der Schweizer Stromausfuhr gingen in Mill kWh nach

	1925	1926	1927	1928	1929
Deutschland . . .	—	148,1	156,8	110,5	166,0
Frankreich	307,0	396,0	430,0	500,0	—
Italien[3]	—	—	195,0	242,0	260,0

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 983.

[*2] Statistisches Jahrbuch der Schweiz 1929, S. 150, Bauer u. Dünner im Bericht Nr. 218 zur Zweiten Weltkraftkonferenz, Berlin 1930 sowie W. Muri, Der schweizerische Export elektrischer Energie, Zürich 1926, S. 51.

[3] Italien erhebt eine Einfuhrabgabe auf elektrischen Strom in Höhe von 0,025 Lire/kWh lt. kgl. Verordnung v. 21. X. 1926, Nr. 2479 (Gazetta Ufficiale v. 12. III. 1927, S. 1082).

Digitized by Google

Nach den Schätzungen von H a a s hatten die schweizer Exporte 1927/28 einen Wert von etwa 22 Mill Fr[4].

Über die Vorteile oder Nachteile der Elektrizitätsexporte sind in der Schweiz zahlreiche, oft heftige Kontroversen geführt worden, die auch heute noch nicht ganz verstummt sind und in anderen Ländern mit verwandter elektrowirtschaftlicher Struktur — Österreich etwa und in gewissem Sinne auch Kanada — ihre Parallelen finden. Natürlicherweise bringen die schweizerischen Elektrizitätswerke der Förderung der Stromausfuhr, die ihnen eine willkommene Absatzerweiterung verschafft, starkes Interesse entgegen. Ihre Stellungnahme ergibt sich daraus, daß oft erst mit der Einleitung von Auslandslieferungen die Möglichkeit für Neubauten und Erweiterungen von Kraftwerken gegeben ist, daß die Rentabilität mancher Zentralen, besonders in der ersten Zeit ihres Bestehens, durch die durch Ausfuhr allein erzielbare Verwertung von Überschuß- oder Abfallenergien gehoben, der Wert der Anlagen also entsprechend gesteigert werden kann, und daß dann bei einem derart verbesserten Ausnutzungskoeffizienten Strompreissenkungen für den Inlandsverbrauch möglich werden. Wie das Beispiel von Olten-Gösgen zeigt, sind in der Tat verschiedene Werke nur mit Hilfe der Stromausfuhr finanziert worden. Eine Gefährdung der Inlandsversorgung durch die Stromausfuhr ist entgegen gewissen Behauptungen angesichts der vorhandenen großen Kraftreserven nicht anzunehmen. Ferner wird von dieser Seite auch dargelegt, daß die Ausfuhrverbindungen nützliche sog. stille Energiereserven schaffen, die die Herstellung besonderer Speicheranlagen oder thermischer Reservezentralen entbehrlich machen und so zur Ersparung sonst erforderlicher erheblicher Kapitalaufwendungen führen. Auch die günstigen handelspolitischen Wirkungen der Stromausfuhr werden betont, die um so vorteilhafter sind, als dieser Exportzweig nicht wie sonst in der Regel den Import von ausländischen Rohmaterialien zur Voraussetzung hat.

Die Anschauungen der Exportfreunde sind vielfach auf Widerstand gestoßen[5]. Man argumentierte dagegen, die Stromausfuhr sei eine Verschleuderung wertvollen Nationalgutes — des einzigen schweizerischen Rohproduktes. Es wurde darüber geklagt, die in den Wasserkräften ruhenden großen wirtschaftlichen Möglichkeiten würden infolge der Energieexporte nicht genügend zugunsten der Heimat ausgenutzt. An Stelle der Stromausfuhr forderte man die Umstellung der gesamten inländischen Wirtschaft und des Verkehrs auf elektrischen Betrieb und, wo das — wie in der Schweiz in der Regel längst der Fall — bereits durchgeführt, die Neuschaffung von Industrien mit besonders hohem Kraftbedarf zur Entwicklung eines aufnahmefähigen großen inländischen Absatzfeldes für die sonst ins Ausland gelieferten Energiemengen. Unter häufiger Verkennung des Charakters der exportierten Energie wurden die den Auslandsbeziehern bewilligten Preise als zu niedrig bemängelt. Von einer Stärkung fremder Konkurrenzindustrien durch schweizerische Stromexporte war deshalb in diesem Zusammenhang im allgemeinen wie in besonderen Fällen häufig die Rede. Die ganze bald nach dem Kriege einsetzende Fehde gegen die Ausfuhr ging denn auch in der Hauptsache von einer Gruppe schweizerischer elektrochemischer Werke aus, die sich durch die Stromausfuhr an deutsche Konkurrenzgesellschaften besonders benachteiligt fühlte. Man erblickte auch in der nach mehreren Seiten hin erfolgten Anknüpfung zwischenstaatlicher Elektroverbindungen Gefahren für den Bestand der nationalen Unabhängigkeit. Ebenso hat die Befürchtung, Rückwirkungen wirtschaftlicher Entwicklungen oder Maßnahmen des mit schweizerischer Energie belieferten Auslandes könnten die Schweiz in wirtschaftliche Krisen hineinführen, eine Rolle gespielt. So dachte man z. B. daran, die von der Schweiz in großen Exportwerken investierten Kapitalien könnten aus Gründen dieser Art einmal ohne die Möglichkeit der Gegenwehr rasch entwertet werden.

Im ganzen wurzelt die exportfeindliche Strömung in der — an sich berechtigten — Anschauung, elektrischer Strom sei keine gewöhnliche Ware wie jede andere und dürfe daher nicht nach den gewöhnlichen handelspolitischen Gesichtspunkten beurteilt werden. Dazu soll die ungewöhnliche Ausstattung des Landes mit Wasserkräften in erster Linie und jedenfalls weit stärker als bisher zur Hebung und Ausgestaltung heimischer Wirtschaft und heimischen Wohlstandes herangezogen werden und nicht Fremden zugute kommen.

Zweifellos haben die Exportgegner in manchen Einzelheiten berechtigte Kritik geübt und damit zur Vertiefung der Diskussion der Ausfuhrfrage viel beigetragen. Ihre letzten Endes auf Exportrestriktion hinzielenden Bestrebungen blieben aber ohne Erfolg. Sie überschätzten doch die wirtschaftlichen und politischen Gefahren der Stromausfuhr und verkannten die in der Schweiz vorhandenen Möglichkeiten einer verstärkten Industrialisierung und weitgehenden allgemeinen energiewirtschaftlichen Umstellung, die für die Hebung des inländischen Stromabsatzes die Voraussetzung bilden. Vor allem sahen sie nicht die engen Zusammenhänge zwischen wachsendem Ausfuhrgeschäft und gesteigerter Wirtschaftlichkeit von Inlandserzeugung und -verteilung. Unter den gegebenen Umständen ist eine große, mit der Gesamterzeugung wachsende Energieausfuhr für die Schweiz vorteilhafter als Ausfuhrbeschränkung zugunsten eines für die verfügbaren Energiemengen voraussichtlich auch in Zukunft zunächst nicht voll aufnahmefähigen Inlandsmarktes. Die Politik der schweizerischen Regierung hat dieser Lage Rechnung getragen. Die Elektrizitätsausfuhr ist heute nach den Bestimmungen des Art. 24 der Bundesverfassung von der Bewilligung durch den Bund abhängig gemacht. Für die Einzelregelung der Frage sind die Art. 8, 72 und 74 des „Bundesgesetzes über die Nutzbarmachung der Wasserkräfte vom 1. I. 1918" maßgebend. Zur Durchführung der darin gegebenen Vorschriften wurde die „Verordnung betr. die Ausfuhr elektrischer Energie ins Ausland vom 1. V. 1918" erlassen, die später fortlaufende Ergänzungen durch verschiedene Bundesratsbeschlüsse, so z. B. besonders vom 4. IX. 1924, erhalten hat. Die Erledigung eingehender Exportgesuche erfolgt im Zusammenwirken des Bundesrates, des Departements des Inneren, des Eidgenössischen Amtes für Wasserwirtschaft und der Kommission für Ausfuhr elektrischer Energie. Die Bewilligung wird unter der Voraussetzung erteilt, daß das öffentliche Wohl gewahrt und der Inlandsbedarf gedeckt ist bzw. die betreffenden Energiemengen im Inlande keinen Absatz finden würden. Die beteiligten Kantonalregierungen werden gehört. Wichtig ist dabei besonders die Beschränkung der Dauer von Ausfuhrgenehmigungen auf höchstens 20 Jahre. Hierdurch sicherte sich die Regierung eine Kontrolle der Stromausfuhr auf längere Sicht, ohne die jeweils möglichst vollständige Ausnutzung der heimischen Wasserkräfte im Interesse der Gesamtwirtschaft zu hemmen. Die in der praktischen Handhabung elastisch und milde gestalteten Beschränkungen der Elektrizitätsexporte dienen so dem Zweck, dem Lande die freie Verfügung über die eigenen Energiequellen für die nächsten Jahrzehnte zu erhalten und zu verhindern, daß Bindungen auf längere Zeit eingegangen werden, deren Bestehen bei einer heute noch schwer übersehbaren Zukunftsentwicklung der Industrie oder einem aus anderen Gründen wachsenden Energiebedarf die Befriedigung der Stromnachfrage gefährden müßte. Dazu werden die Ausfuhrbewilligungen in der Regel noch an die Bedingung geknüpft, in die Lieferungsverträge Klauseln aufzunehmen, die auch im Falle vorübergehenden inländischen Energiemangels — etwa infolge anormaler Trockenheit oder Kälte — eine Einschränkung der Ausfuhr ermöglichen.

Heute ist die schweizerische Energieausfuhr ein nützliches Mittel zur rationellen Verwertung der Wasserkräfte und gerade auch für die wirtschaftlichste Gestaltung der inländischen Kraftversorgung von Bedeutung. Ursprünglich aus dem Bedürfnis entstanden, für die vom Inland zeitweilig nicht absorbierten Energien Absatzmöglichkeiten zu finden, haben sich die Exporte allmählich zu einem wesentlichen Faktor der Elektrizitätswirtschaft entwickelt. Eine der Aufgaben des Anfang dieses Jahres gegründeten neuen Bundesamtes für Elektrizitätswirtschaft wird es sein, zur Klärung der umstrittenen Fragen der Stromausfuhr beizutragen. Die Alternative: Stromausfuhr oder Inlandabsatz gibt es jedenfalls heute für die Schweiz nicht. Auf absehbare Zeit liegt der wirtschaftliche Vorteil auf Seiten der Stromausfuhr, und eine bedeutende Stromausfuhr wiederum ist die Vorbedingung für eine wirtschaftliche Energieversorgung des Inlandes. In der Ausfuhrkontrolle hat der Staat das geeignete Mittel in der Hand, die Entwicklung zum Vorteil der Gesamtwirtschaft und der nationalpolitischen Interessen der Schweiz zu lenken.

Österreich wird ähnlich der Schweiz selbst bei erheblich gesteigertem Eigenverbrauch über große Energiemengen verfügen, die im Inlande bei der gegebenen Wirtschaftstruktur unverwendbar sind. Heute werden die vorhandenen Anlagen nur unvollkommen ausgenutzt. Die Förderung der Stromausfuhr kann also im Interesse der Rationalisierung der Energiewirtschaft von Wert sein. Für eine Exportsteigerung werden in Zukunft hauptsächlich zunächst die Wasserkräfte Westtirols in Betracht kom-

[4] R. Haas, Austausch elektrischer Energie zwischen verschiedenen Ländern. Berichterstattung der Weltkraftkonferenz Basel 1926, S. 988.

[5] Hierüber siehe u. a. Nicolas Kamm, Die Ausfuhr elektrischer Energie aus der Schweiz ins Ausland, Frankfurt 1924 (ungedruckt), W. Murl, a. a. O.

Digitized by Google

en, die eine ähnlich günstige Grenzlage zu den deutschen infuhrstellen besitzen wie die schweizerischen Ausfuhrentralen. Die Exporte aus Ostösterreich, mit denen sich kanntlich ebenfalls große Projekte befassen (Tauern), nd dagegen infolge der ungünstigeren Lage und der Konurrenz der vorgelagerten bayerischen Wasserkräfte gerissen Erschwerungen ausgesetzt.

Dem schweizerischen Beispiel folgend hat Österreich en Stromexport durch Bundesgesetz vom 2. VII. 1929 von er Genehmigung durch den Bund abhängig gemacht[6]. Die ntscheidung über die Bewilligungen liegt beim Bundesinister für Handel und Verkehr gemeinsam mit den Bunesministern für Land- und Forstwirtschaft und für inanzen. Die Regierungen der beteiligten Bundesländer erden gehört. Drohen die Exporte die Inlandsversorung zu beeinträchtigen, so kann die Genehmigung veragt werden. Außerdem sollen die Einrichtungen der für ie Ausfuhr arbeitenden Zentralen nach Möglichkeit in sterreich hergestellt sein sowie Aktienmehrheit und Leiung der Unternehmungen in österreichischen Händen liezen. Auf diese Weise sucht man, ausländische Einflüsse n den für Stromexport arbeitenden Werken zu beschränken und die aus der Stromausfuhr fließenden Erträge soweit als möglich der österreichischen Wirtschaft zu sichern. Gegenwärtig treffen diese Maßnahmen vorwiegend reichsdeutsche Interessen. Es ist allerdings fraglich, ob diese Regelung auf die Dauer von Vorteil sein wird. Die Beschränkung der Wirtschaftsfreiheit nichtösterreichischer Unternehmungen, die bei der Weiterentwicklung der österreichischen Elektrizitätswirtschaft durch Förderung der Stromausfuhr kaum entbehrt werden können, hat in den in Frage kommenden Kreisen eine gewisse Enttäuschung hervorgerufen[7].

Die Schweiz und Österreich weisen neben den Stromexporten auch Energieimporte geringeren Ausmaßes auf, die sich teils beim lokalen Grenzverkehr, teils beim zwischenstaatlichen Stromaustausch ergeben.

Deutschlands Anteil am internationalen Verkehr mit elektrischer Energie zeigt die folgende Zusammenstellung[8]:

Jahr	Einfuhr	Ausfuhr
	Mill kWh	
1926	205,592	120,432
1927	264,886	175,513
1928	293,011	180,947
1929	302,227	177,828

Von der Einfuhr kamen aus:

Land	1926		1927		1928		1929	
	Mill kWh	% der Gesamteinfuhr	Mill kWh	% der Gesamteinfuhr	Mill kWh	% der Gesamteinfuhr	Mill kWh	% der Gesamteinfuhr
Schweiz	148,0	72,0	156,8	59,0	110,5	37,9	166,0	55,0
Österreich	24,3	11,8	43,7	16,5	99,7	34,0	32,7	10,1
Frankreich	15,1	7,4	37,7	14,3	46,0	15,7	50,1	16,6
Polen	0,7	—	11,1	4,2	3,3	1,1	2,6	0,9
Saargebiet	17,2	8,4	14,9	5,6	33,4	11,4	50,7	16,8

Von der Ausfuhr gingen nach:

Land	1926		1927		1928		1929	
	Mill kWh	% der Gesamtausfuhr	Mill kWh	% der Gesamtausfuhr	Mill kWh	% der Gesamtausfuhr	Mill kWh	% der Gesamtausfuhr
Schweiz	86,9	72,2	27,7	15,8	38,2	21,1	42,8	24,1
Österreich	0,2	0,2	0,1	0,1	0,9	0,5	3,2	1,8
Frankreich	2,1	1,8	59,4	33,8	61,5	34,0	60.3	33,9
Polen	10,6	8,8	63,2	36,0	53,4	30,0	51,8	29,1
Tschechoslowakei	15,3	12,7	17,5	10,0	17,8	9,8	19.1	10,7
Saargebiet	4,8	4,1	7,4	4,2	8,9	4,9	0,6	0,4

In Prozenten der deutschen Gesamterzeugung betrug der deutsche Einfuhrüberschuß an elektrischem Strom etwa 0,4 % jährlich von 1926 bis 1929. An der deutschen Gesamterzeugung hatten die eingeführten Strommengen einen Anteil von:

0,97 % in 1926
1,06 „ in 1927
1,05 „ in 1928
0,95 „ in 1929.

Nach den Schätzungen des Enquete-Ausschusses[9] betrug bei Zugrundelegung eines durchschnittlichen Arbeitspreises von 3 Pf bei der Einfuhr und 2 Pf/kWh bei der Ausfuhr der Wert der deutschen Stromeinfuhr von 1924 bis 1929 jährlich ungefähr 8 Mill RM. Tatsächlich dürften diese Summen in den ersten Jahren etwas niedriger liegen, 1929 dagegen auf 9 Mill RM anzusetzen sein. Der Wert der deutschen Stromausfuhr wird von derselben Stelle für die Jahre 1924/26, 1928 und 1929 mit je etwa 3 Mill RM, für 1927 mit 4 Mill RM berechnet.

Im ganzen spielt demnach die Einfuhr ausländischer Elektrizität bzw. die Stromausfuhr für die deutsche Elektrizitätswirtschaft vorläufig nur eine geringe Rolle. Auch für die Zukunft ist Deutschland auf den Bezug ausländischen Stromes nicht angewiesen, da es auf absehbare Zeit in der Lage ist, seinen Elektrizitätsbedarf aus eigenen Kraftquellen zu decken. Das bringen auch die Sachverständigen, die sich an den Untersuchungen des Enquete-Ausschusses über die deutsche Elektrizitätswirtschaft beteiligten, ziemlich übereinstimmend zum Ausdruck[10]. Die Frage der Stromeinfuhr ist für Deutschlands Elektrizitätswirtschaft mehr eine Frage der rationellen Betriebsgestaltung auf dem Wege zwischenstaatlichen Belastungsausgleiches. Die deutsche Stromausfuhr ist wahrscheinlich nach verschiedenen Seiten hin einer starken Steigerung fähig, zu großer Bedeutung dürfte sie aber auch kaum gelangen.

Der mengenmäßig größte zwischenstaatliche Energieverkehr in der Welt findet zwischen Kanada und den V. S. Amerika statt. Dabei sind auf amerikanischer Seite besonders die Neuengland-Staaten, New York, Washington und Minnesota, auf kanadischer die Provinzen Quebec und Ontario, in geringerem Umfange auch Britisch-Columbia beteiligt. Unter den industriellen Neuländern der Erde hat Kanada in den vergangenen Jahrzehnten einen besonders raschen Aufschwung genommen. Neben der außerordentlichen Entwicklung seiner Landwirtschaft erlangten auch einzelne Industriezweige wie die Holz-, Papier- und Nahrungsmittelindustrie Weltgeltung. Begünstigt, ja wesentlich bedingt wird dieser Industrialisierungsprozeß besonders durch die reichen Wasserkräfte, die vor allem in den industriellen Hauptzentren Ontario und Quebec stark ausgebaut wurden. Wasserkräfte ersetzen in Kanada in weitestem Maße die Kohle, ihr Ausbau und die Entfaltung der Industrie wie der gesamten Wirtschaft hängen eng miteinander zusammen. Dieser Umstand ist für die kanadische Einstellung zum Stromexport nach den V. S. Amerika von Wichtigkeit.

Während die Fragen der Stromeinfuhr aus Kanada in den V. S. Amerika i. a. keine besondere Beachtung fanden, haben die Debatten über das Für und Wider der Exporte in Kanada selbst schon seit Jahren eine gewisse Rolle in der Öffentlichkeit gespielt, u. a. auch das Parlament in Ottawa beschäftigt[11]. Im ganzen überwiegt die Stellungnahme gegen die Stromausfuhr. Die Motive zu dieser Einstellung zeigen eine interessante Vermischung nüchtern-wirtschaftlicher Erwägungen mit nationalen Empfindungen. Gegner der Stromexporte sind einmal die Franko-Kanadier mit ihren völkisch-konservativen Sonderinteressen. Diese in ihren Wohnsitzen auf Quebec und Ontario konzentrierte Bevölkerungsgruppe stellt im kanadischen Volkskörper einen Bestandteil von geschlossener Eigenart dar. Für die Stromexporte nach der Union kommen aber nach Lage und Wasserkraftreichtum gerade diese Gebiete in erster Linie in Betracht. Die Auffassung der Franko-Kanadier vom Nutzen oder Schaden der Elektrizitätsausfuhr gewinnt daher eine gewisse Bedeutung. Kanada erlebte von Jahr zu Jahr in steigendem Maße, daß vereinsstaatliche Unternehmergruppen mit amerikandischem Kapital auf kanadischem Boden an die Ausnutzung kanadischer Wasserkräfte gingen, sie in Form elektrischer Energie über die Grenze leiteten und dort bedeutende Industrien damit betrieben. So halfen Kanadas Wasserkräfte bei der Schaffung von Fabriken im Auslande mit, bereiteten dadurch Arbeitsmöglichkeiten für viele Tausende, aber im Ausland, und ließen so indirekt neue Siedlungen um die entstandenen Industrien wachsen. Nicht Kanada, das Produktionsland der wirtschaftsfördernden Energien, sondern die Union erntete die Früchte dieser Entwicklung. Das Bestehen großer Kraftanlagen innerhalb der Landesgrenzen konnte also Kanada so lange oft wenig nützen, als die erzeugten Arbeitsmengen großenteils ins Ausland übertragen wurden. Kraftwerksbetriebe beanspruchen nur wenig Bedienungspersonal. Unter Mitwirkung weniger Menschen können ungeheure Strommengen erzeugt und verteilt werden. Für die Besiedlung und wirtschaftliche Erschließung ihrer

[6] J. Jellinek, Elektrizitätsgesetz in Österreich, Wirtschaftsdienst 1928, Heft 43.
[7] A. Koepchen, Das RWE in der deutschen Elektrizitätswirtschaft, Essen 1930, S. 6.
[8] Nach Wirtsch. u. Stat. Bd. 8, 1928, S. 533; Bd. 9, 1929, S. 79, 866; Bd. 10, 1930, S. 486.
[9] Die Deutsche Zahlungsbilanz 1930, S. 62.
[10] Die deutsche Elektrizitätswirtschaft, herausgegeb. v. Ausschuß z. Untersuchung der Erzeugungs- und Absatzbedingungen der deutschen Wirtschaft Berlin 1930. Ebenda G. Siegel, S. 282, R. Werner, S. 149 ff., Petersen, S. 182 ff., Wolfes, S. 205 ff.
[11] 1906 erhielt die Bundesregierung die Ermächtigung zur Erhebung einer „export duty on electric power".

Digitized by Google

Standortsgebiete — für Kanada eine sehr wichtige Frage — ist von der Existenz derartiger Zentralen daher zunächst zu wenig zu erwarten. Wesentlich ist, wohin der Energieabsatz der betreffenden Stationen erfolgt, wo die von dem in den Zentralen erzeugten Strom betriebenen Industrien ihren Standort wählen. An den Ort des Energieverbrauches wandern die Arbeitskräfte, dort entstehen Siedlungen, entfaltet sich wirtschaftliches Leben. Die Verfügung über die Rohstoffbasis der Energiegewinnung ist zwar heute ebenso wichtig wie in früheren Epochen der Energiebewirtschaftung, sie kann jedoch allein die wirtschaftliche Entwicklung eines Landes nicht gewährleisten, weil heute die Standorte der Rohstoffe oder der Energiegewinnung nicht notwendig auch die der Energieverbraucher zu sein brauchen. Die Wirtschafts- und Bevölkerungspolitik muß daher gegebenenfalls auch auf Art und Richtung des durch die Elektrizität örtlich in gewissen weiten Grenzen unabhängig gewordenen Energieabsatzes Einfluß zu nehmen suchen. In den kanadischen Verhältnissen liegen die nötigen Voraussetzungen für eine derartige Politik. Tatsächlich haben kanadische Bürger infolge der Elektrizitätsausfuhr nach der Union jenseits der Grenzen zuweilen günstigere Arbeitsgelegenheiten — z. B. in der Textilindustrie — gefunden als in der Heimat. In der Befürchtung, die Stromausfuhr werde eine Menschenabwanderung mit allen ihren gerade für das menschenarme Kanada nachteiligen Folgen nach sich ziehen, treffen sich nun die nationalpolitischen Argumente der Franko-Kanadier mit allgemein-wirtschaftlichen Erwägungen gegen die Elektrizitätsexporte. Die franko-kanadischen Restriktionsbestrebungen entspringen ganz einfach dem Wunsch, die Volksgenossen im angestammten Zusammenhang der Rassen- und Glaubensgemeinschaft festzuhalten und deswegen die Gefahren auszuschalten, die sich vielleicht aus Wanderungen in der Richtung der Stromexporte ergeben könnten. Vom allgemeinwirtschaftlichen Standpunkt aus aber hält man es in Kanada für zweckmäßig, die Stromausfuhr zu beschränken, vielleicht allmählich ganz einzustellen, um dafür aber diejenigen, die für ihre Betriebe Energie benötigen, einzuladen, ihre Fabriken in Kanada zu errichten, anstatt sie in der Union mit kanadischen Ausfuhrstrom zu betreiben[12].

Die Bemühungen der Exportgegner haben den Erlaß von Ausfuhrverboten nicht erreichen können, da sich die Bundesregierung in dem Bestreben, Härten zu vermeiden, zu radikalen Maßnahmen bisher nicht verstanden hat, wohl auch mehr Schaden als Nutzen von solchem Vorgehen erwartet. Quebec dagegen führte Ausfuhrkontrollen und -beschränkungen ein, die sich von Jahr zu Jahr verschärfen und schließlich einem Verbot gleichkommen werden. Nach kanadischen Stimmen[13] zu urteilen, hat die bisherige Drosselung der Stromausfuhr bereits gewisse vorteilhafte Wirkungen gehabt. So wird u. a. die Errichtung der Werke der Aluminum Co. of America am Saguenay River und der der International Paper Co. am Gatineau und St. Maurice als Erfolg der neuen Elektropolitik verbucht. Indessen ist wohl anzunehmen, daß die Standortswahl der genannten Unternehmungen wesentlich auch noch durch andere als energiewirtschaftliche Gesichtspunkte (Holzbasis z. B.) beeinflußt wurde.

Zahlenmäßig bietet die Entwicklung des Energieverkehrs zwischen Kanada und den V. S. Amerika folgendes Bild:

Kanadische Ein- und Ausfuhr von Elektrizität[14].

Jahr	Einfuhr		Ausfuhr	
	Mill kWh	Wert $	Mill kWh	Wert $
1922	—	—	861 575	—
1923	2384	—	1 055 974	—
1924	2378	—	1 396 522	—
1925	2591	—	1 239 071	—
1926	3009	—	1 336 844	—
1927	5236	88 012	1 570 404	4 590 818
1928	5008	86 253	1 629 083	4 778 783
1929[15]	6016	—	1 444 208	—

Der Anteil der ausgeführten Elektrizität an der kanadischen Gesamterzeugung sank von 1927 bis 1929 von rd 11 % auf etwa 8 %. Auch gemessen an der Gesamterzeugung der Ausfuhr treibenden Werke allein nahm die Bedeutung der Stromexporte relativ ab: von 60,8 % in 1911 sank der Anteil der Ausfuhr auf 50 % in 1914, 34 % in 1923, 28 % in 1926 und dürfte seitdem noch weiter gefallen sein[16]. Gleichfalls sank der ohnehin geringe Anteil der Stromeinfuhr an der Gesamtstromerzeugung der V. S. Amerika von rd. 4 % in 1917 auf unter 2 % in 1929[17].

Die Bestrebungen, die gewaltigen skandinavischen Wasserkräfte für die Energieversorgung Mitteleuropas heranzuziehen, sind vorläufig über das Projektstadium noch nicht hinausgelangt[18].

Neben den technischen und wirtschaftlichen Problemen einer internationalen Elektroverbundwirtschaft steht noch die rechtliche und — politische Seite dieses neuartigen Fragenkomplexes, auf die hier nur hingewiesen werden kann. Ansätze zu internationalen rechtlichen Regelungen finden sich in zwei 1923 beim Völkerbund zustandegekommenen Konventionen (Convention relative au transport transit de l'énergie électrique und Convention relative à l'aménagement des forces hydrauliques intéressant plusieurs états), die jedoch nur von wenigen Staaten ratifiziert wurden. Ferner bemühten sich die Haager Konferenz für Internationales Recht und die Internationale Handelskammer zu Paris um die Festlegung einheitlicher Richtlinien sowie um die internationale Anerkennung schiedsgerichtlicher Urteile in allen den zwischenstaatlichen elektrowirtschaftlichen Verkehr betreffenden Fragen. Über die Ergebnisse dieser Bemühungen ist bisher nichts bekannt geworden. Zur politischen Seite der Frage ist hier auch nur andeutungsweise zu sagen: mit der Schaffung internationaler Großkraftnetze und einzelner Riesenkraftwerke zu ihrer Speisung entstehen neue wirtschaftliche Machtinstrumente, damit neue Objekte politischen Machtinteresses und evtl. neue Konfliktsmöglichkeiten. Andererseits hält eine neue Form von Abhängigkeitsverhältnissen in die internationalen Wirtschaftsbeziehungen Einzug, die das Prinzip des gegenseitigen Aufeinanderangewiesenseins verstärkt zur Geltung bringt. Politische Hindernisse sollten indessen hier ebensowenig die Entwicklung hemmen wie bei anderen internationalen Handels- und Verkehrsbeziehungen. Welchen Verlauf die Dinge aber auch immer nehmen mögen, fest steht, daß der ganze Fragenbereich der Aufmerksamkeit nicht nur der Fachwelt wert ist.

[12] W. M. Carpenter, Canada holds electric power for own industries: some facts and problems, Annalist, New York, 835, 161/163.
[13] Siehe J. S. Pentrice, Canada's attitude toward the exportation of hydro-electric power, Journ. of Polit. Economy Bd. 36, 1928, S. 592 ff.
[14] Nach Canada Year Book 1929, S. 487.
[15] Nach Economic Conditions in Canada, Department of Overseas Trade, London 1930, S. 57.
[16] A. Friedrich, Wirtschaftsdienst 1929, S. 132.
[17] Statistical Abstract of the United States 1929, S. 367.
[18] B. Stuevold-Hansen, Kinck und Norstrand, Export elektrischer Energie von Norwegen nach Deutschland, Bericht Nr. 162 der Zweiten Weltkraftkonferenz, Berlin 1930.

Die Funkabschirmung an Flugmotoren.

Von Dr. W. **Dorn**, Stuttgart.

Übersicht. Auf die Notwendigkeit der Funkabschirmung bei Radioempfang im Flugzeug wird hingewiesen. Die bisher dafür verwendeten Mittel werden aufgezählt; allgemein brauchbar ist nur, sämtliche störenden Apparate und Leitungen mit geerdeten Metallhüllen zu versehen. Die an eine gute Funkabschirmung zu stellenden Forderungen und die Mittel zu ihrer Verwirklichung werden an Hand ausgeführter Anlagen besprochen.

Der drahtlose Verkehr zwischen Flugzeug und Erde gewinnt ständig an Bedeutung; seine reibungslose Abwicklung trägt wesentlich zur Erhöhung der Sicherheit und Regelmäßigkeit und damit zur Wirtschaftlichkeit des Flugverkehrs bei. Leider wird aber der Empfang der drahtlosen Zeichen im Flugzeug durch die elektrische Anlage des Flugzeugs, besonders durch die Zündanlage des Motors, gestört[1]. Diese wirkt nämlich durch jeden in ihr entstehenden Funken als kleiner Funkensender, dessen Wellen von der Antenne aufgefangen werden. Wenn nun auch bei den verschiedenen Flugzeug- und Motortypen die Störungen nicht in gleicher Stärke auftreten, ja manchmal bei günstiger Lage der Antenne nahezu nicht bemerkbar sind[2], so läßt doch die Entwicklung des Flugfunkwesens die Ausbildung von Vorrichtungen für ihre Beseitigung als dringend erwünscht erscheinen.

[1] K. Krüger, Z. techn. Phys. Bd. 10, S. 530 (1929).
[2] Robertson u. Hull, J. Soc. Aut. Engs. Bd. 27, S. 85 (1930).

Digitized by Google

Es scheint nämlich Neigung vorhanden zu sein, in immer größerem Umfang von der Telegraphie zur Telephonie überzugehen. Dieser Übergang, der im Ausland schon größtenteils vollzogen ist, wird auch in Deutschland um so eher erfolgen, je rascher durch gute Störbefreiung die Telephonie den gleichen Grad von Betriebsicherheit erlangt wie die Telegraphie. Die Telephonie verlangt aus zwei Gründen eine bessere Störbefreiung als die Telegraphie: Erstens kann die Telegraphie mit einem viel schmaleren Frequenzband arbeiten als die Telephonie; der Telegraphieempfänger kann also sehr selektiv eingestellt sein und nimmt daher aus dem Frequenzgemisch, aus dem die stark gedämpfte oder aperiodische Störwelle besteht, nur einen schmalen Frequenzbereich und damit wenig Störenergie auf, während der Telephonieempfänger mit einem breiten Frequenzband arbeiten muß und daher auch verhältnismäßig viel Störenergie aufnimmt. Zweitens kann das Ohr die reinen Summertöne der Telegraphie aus einem viel größeren Störlärm deutlich heraushören als die Sprache, die bei starken Störungen leicht ganz unverständlich wird[3].

Ferner neigt man mehr und mehr zum Einbau fester Antennen, die vor allem für die Funkpeilung wegen ihrer unveränderlichen Lage zum Flugzeug geeigneter sind als die bisher üblichen Schleppantennen[4]. Diese feste Antenne muß meist in der Nähe des Motors eingebaut werden; sie verläuft dann mehr im Störbereich der Zündanlage als die Schleppantenne, und dies wirkt sich um so ungünstiger aus, als wegen ihrer kleinen Abmessungen auch größere Empfindlichkeit des Aufnahmegerätes nötig ist.

Zur Erreichung der Störbefreiung sind verschiedene Mittel vorgeschlagen worden. Theoretisch am einfachsten und wirksamsten werden sämtliche hochfrequenzführenden Teile der Zündanlage mit einer gutleitenden geerdeten Metallhülle umgeben. Schon Heinrich Hertz hat erkannt, daß hochfrequente Schwingungen, die im Innern einer solchen Hülle erzeugt werden, nicht nach außen gelangen können. Leider macht dies theoretisch so einfache Verfahren praktisch große Schwierigkeiten, so daß man zunächst mit anderen Mitteln auszukommen versucht hat. Mit Hilfe von Schutzdrosseln und Widerständen an der Kerze sollten elektrische Schwingungen in den Zündkabeln verhindert und die an ihnen entlanglaufende Wellenstirn abgeflacht werden; Kompensationschaltungen wurden erdacht, bei denen die Störwelle in der Antenne zwei gleichgroße, einander aufhebende Störspannungen entgegengesetzten Vorzeichens erzeugte; schließlich wurde versucht, durch Unterteilung des Zündkabels in kleinste elektrisch getrennte Abschnitte die Störschwingung ins Gebiet der ultrakurzen Wellen zu verlegen und so für den normalen Funkempfang unschädlich zu machen. Auf diese Versuche soll hier nicht weiter eingegangen werden, da sie nur teilweisen Erfolg hatten[5]. Für eine restlose Störbefreiung, die bei keinem Motor und bei keinem Flugzeug versagt, kommt nur die metallische Umhüllung sämtlicher hochfrequenzführender Teile in Frage[6].

Die Forderungen, die vom Standpunkt des Funkempfangs an einen wirksamen Funkschutz zu stellen sind, lassen sich zusammenfassen in der Forderung der Lückenlosigkeit. Diese deckt sich nun durchaus nicht mit dem, was man im statischen Sinne unter lückenloser Umhüllung zu verstehen pflegt; es läßt sich leicht zeigen, daß eine statisch vollkommene Abschirmung recht beträchtige Störungen nach außen gelangen lassen kann. Ein Beispiel möge dies verdeutlichen.

In dem Schema (Abb. 1) bedeutet F die Funkenstrecke (Kerze), Z den Zünder, K das Zündkabel, H die metallische Hülle mit den Masseverbindungen E_1 und E_2 und der Trennungstelle T, an der die beiden Hüllenstücke H_1 und H_2 wohl ineinander geschoben, aber (etwa durch einen Papierstreifen) elektrisch voneinander isoliert sind. Das Kabel K ist dadurch gegen die Außenwelt statisch vollkommen abgeschirmt, d. h. es kann beliebig hoch aufgeladen sein, ohne daß es außerhalb der Hülle H irgendein elektrisches Feld zu erzeugen vermag. Sobald aber in F ein Funke springt, läuft eine Welle von der Kerze aus an dem Kabel entlang, d. h. in der Nähe der Kerze ist schon die gesamte verfügbare Elektrizitätsmenge aus dem Kabel verschwunden, es ist also spannungslos, während es in größerer Entfernung von der Kerze noch seine Spannung besitzt. Es wird also die bisher durch die Aufladung des Kabels auf der Kabelhülle gebundene Elektrizitätsmenge zuerst in der Nähe der Kerze frei werden und sich gegen Masse ausgleichen. Wenn die Kabelumhüllung gut leitend ist, so wird durch diesen Ausgleich keine große Spannung auf ihr entstehen können, weist sie aber schlecht leitende Stellen oder gar Unterbrechungen auf, so bilden sich Spannungen in ihrer Längsrichtung aus, die sich im Empfänger als Störungen bemerkbar machen.

Bisher wurde die elektrische Seite der elektromagnetischen Welle betrachtet, wir können natürlich ebenso gut auch die magnetischen Vorgänge heranziehen. Wir haben nämlich im Augenblick des Funkenübergangs einen sehr starken Strom im Kabel, der mehrere Ampere betragen kann. In der Kabelhülle fließt dann ein Gegenstrom, der die magnetischen Wirkungen des Kabelstroms vollkommen aufhebt, wenn die Hülle ein idealer Leiter ist. Ist sie aber unterbrochen oder weist sie Stellen erhöhten Widerstandes auf, so fließt der Ausgleichstrom etwa an E_1 teilweise zur Erde und an E_2 wieder in die Kabelhülle zurück, während er sich auf der Strecke E_1T und E_2T nur sehr unvollkommen ausbilden kann. Wir haben eine Schleife (E_1 — Erde — E_2 — Kabelseele zwischen E_1 und E_2) gebildet, die von einem Strom durchflossen wird und daher ein magnetisches Störfeld erzeugt.

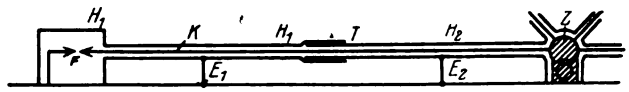


Abb. 1. Unbrauchbare Abschirmung, schematisch.

Es ist also wichtig, daß die Schutzhülle in der Längsrichtung keinerlei Unterbrechungen aufweist; Kabel mit schraubenförmig aufgewickeltem Metallband sind gegen Funkstörungen nicht als abgeschirmt anzusehen. Dagegen schaden Löcher in der Umhüllung dann nichts, wenn sie den Wellenwiderstand der Hülle in der Richtung der Ausgleichvorgänge nicht merklich vergrößern.

Zu den hochfrequenzführenden Teilen gehören vor allem die Kerzen, die Kabel zu den Kerzen und die Verteilerscheibe des Magnetzünders, aber auch das Kabel zum Anlaßmagnetzünder einschließlich des Anlaßmagnetzünders und etwaigen Hochspannungsumschalters sowie das Kabel zum Kurzschlußschalter einschließlich des Kurzschlußschalters. Das letztere führt Niederspannung, deren Höhe zwar nur einen Bruchteil der Kerzenspannung beträgt, sich aber durchaus noch störend bemerkbar machen kann; das erstere erhält über die Kapazität zwischen Anlaßelektrode und Hauptelektrode im Verteilerstecker die auf den Kerzenkabeln befindliche Hochfrequenz nahezu ungeschwächt zugeführt und wirkt in ungeschütztem Zustand auch bei stillstehendem Anlaßmagnetzünder so störend wie ein ungeschütztes Kerzenkabel. Die Umhüllung dieser mannigfachen Teile kann natürlich nicht in einem einzigen Stück erfolgen; die Verbindung zwischen den verschiedenen Hüllstücken muß elektrisch einwandfrei sein und vor allem bleiben. Die Verbindungstücke müssen also mechanisch genügend widerstandsfähig sein, um sich bei den Erschütterungen, die im Flugbetrieb auftreten, nicht zu verformen und zu lösen. Die fertigen Verbindungsstellen werden zweckmäßig zur Vermeidung von Korrosion und daraus folgenden Übergangswiderständen mit einem geeigneten Schutzanstrich versehen.

Eine unbedingt zuverlässige mechanische Durchbildung des Funkschutzes ist eine selbstverständliche Forderung[7], die aber nur dann erfüllt werden kann, wenn ein gewisser Mindestaufwand an Gewicht zugebilligt wird. Allzu starkes Streben nach Gewichtsersparnis kann zu recht unangenehmen Enttäuschungen führen. In diesen Zusammenhang gehört auch die sorgfältige Verlegung der Kabel; sie sollen am Motor gut befestigt sein und möglichst wenig Bewegungsfreiheit haben. Dies gilt vor allem für Sternmotoren, wo die Kabel dem Propellerwind frei ausgesetzt sind und bei ungenügender Befestigung in Schwingungen geraten, die unter Umständen in kurzer Zeit den Dauerbruch der Umklöpplungsdrähte herbeiführen. Die freistehenden Bruchstellen sind meist sehr hart; sie dringen daher verhältnismäßig leicht in die Kabelisolierung ein und führen Kurzschlüsse herbei. Deshalb verwendet man bei der Einzelverlegung an Sternmotoren vorteilhafterweise ein Kabel, in dem die Isolation durch ein Hartmessingband gegen gebrochene Drahtenden geschützt ist.

Zur elektrischen Betriebsicherheit gehört vor allem, daß trotz der unvermeidlichen kapazitiven

[3] Faßbender u. Krüger, Z. techn. Phys. Bd. 8, S. 277 (1927). — Eisner, Z. techn. Phys. Bd. 10, S. 532 (1929).

[4] Drake, Proc. Inst. Radio Engs. Bd. 17, S. 306. — Diamond u. Gardner, Bur. of Stand. Journ. of Research, Bd. 4, S. 416.

[5] Kulebakin, ETZ 1923, S. 537; 1925, S. 1061, DRP 377 319; DRP 419 695; vgl. dazu Hyland, Aviation Bd. 26, S. 889 (1929). — Ferner: Shoemaker, J. Soc. Aut. Engs. Bd. 21, S. 30 (1927); Robertson u. Hull, J. Soc. Aut. Engs. Bd. 27, S. 79 (1930).

[6] DRP. 367 802.

[7] Vgl. Diamond u. Gardner, Bur. of Stand. Journ. of Research Bd. 4, S. 415 (1930).

Digitized by Google

Belastung der Zündleitungen durch ihre metallische Umhüllung die zur sicheren Zündung erforderliche Spannung an der Kerze erreicht wird. Die Kapazität für 1 cm metallumklöppeltes Kabel von 7 mm Dmr. beträgt rd. 10^{-12} F. Da die Leitung zwischen Magnetzünder und Kerze bis zu 2 m lang ist, erhält man bei Einzelverlegung der abgeschirmten Kabel zusätzliche Sekundärkapazitäten von rd. $200 \cdot 10^{-12}$ F, die zu ihrer Aufladung verhältnismäßig beträchtliche Energiemengen erfordern. Man sucht nun

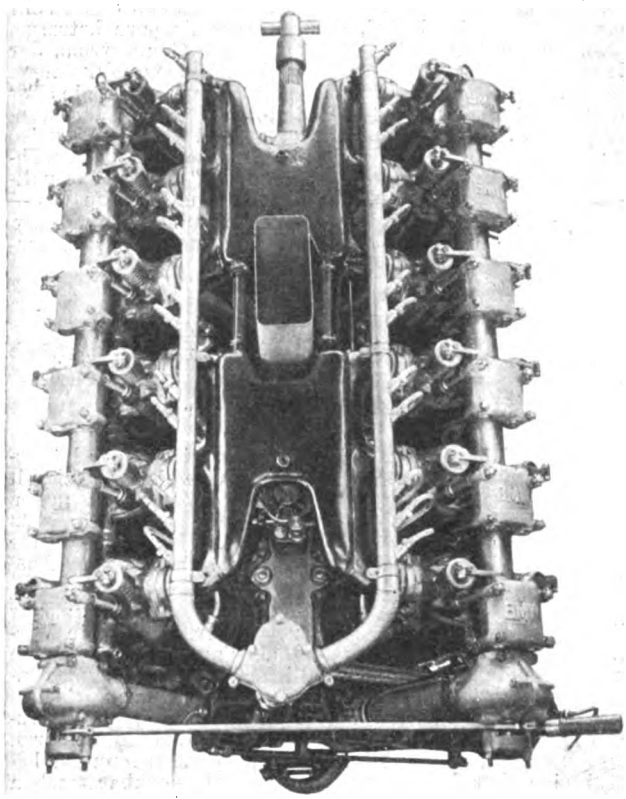


Abb. 2. BMW-VI b-Flugmotor mit abgeschirmter Zündanlage. Gemeinsame Kabelverlegung.

die Leitungskapazität durch Verlegung der nicht armierten Kabel in einem gemeinsamen Metallrohr herabzudrücken, wobei nur die möglichst kurz gehaltenen Verbindungstücke zwischen Kerze und Rohr mit Metallumklöppelung versehen werden. Dieser Grundsatz läßt sich bei Reihenmotoren fast vollständig durchführen (Abb. 2), während bei Sternmotoren immer noch lange Kabelenden mit Einzelumhüllungen vorgesehen werden müssen (Abb. 3). Der Magnetzünder muß also auf jeden Fall so gebaut werden, daß die von ihm erzeugte Spannung gegen hohe Sekundärkapazitäten verhältnismäßig unempfindlich ist, d. h. er muß große Energiemengen hergeben können. Besonders gilt dies für den Anlaßmagnetzünder, für den Sekundärkapazitäten von $500 \cdot 10^{-12}$ F durchaus als normal anzusehen sind. Von dem vereinten Einfluß der großen Magnetzünderenergie und der großen Leitungskapazität bleiben die Kerzen nicht ganz unberührt, sie neigen unter diesen Verhältnissen zu rascherem Elektrodenabbrand als sonst.

Sicherheit gegen Überschläge von hochspannungführenden Teilen zur geerdeten Metallhülle zu erreichen, macht in trockenem Zustand keine großen Schwierigkeiten. Die Bedingung dafür sind reichliche Kriechwege, besonders im Kerzenschutz, wo sie allerdings dazu führen, daß er nicht so klein gebaut werden kann, wie es aus Einbaurücksichten erwünscht wäre (Abb. 4). Allerdings können die Isolierstrecken nicht so bemessen werden, daß sie feucht werden dürfen; dies gilt besonders für die Kerze. Die Einführungstelle der Zündleitung in den Kerzenschutzkörper erhält daher zweckmäßig eine Gummidichtung (Abb. 5), so daß kein Wasser entlang dem Zündkabel ins Innere des Kerzenschutzes gelangen kann. Außerdem ist der Kerzenschutz wirksam belüftet, um auch jede Kondenswasserbildung auszuschließen.

Die Sicherheit gegen Durchschlag spielt eine gewisse Rolle beim Kerzenschutz, der ursprünglich sowohl in Amerika als auch bei unseren Versuchen aus Glimmer gewickelte Isolierkörper erhielt. Diese befriedigten auch zunächst elektrisch, doch wurde der Glimmer durch die betriebsmäßigen Erschütterungen mechanisch beschädigt, so daß seine Durchschlagspannung unzulässig abnahm. Man verwendet deshalb jetzt durchweg keramische Massen für die Isolierung des Kerzenschutzes. Sie lassen sich bei sorgfältiger Herstellung leicht durchschlagsicher bauen, ohne übermäßige Abmessungen zu beanspruchen. Schwieriger ist es, beim Zündkabel genügende Durchschlagsicherheit zu erreichen, ist es doch auf seiner ganzen Länge eng von einem geerdeten Metallschlauch umgeben, der besonders deswegen gefährlich ist, weil sich zwischen ihm und der Kabelisolierung stille Entladungen ausbilden können. Diese schädigen durch Ozonbildung den gummihaltigen Isolierstoff, besonders dann, wenn er durch gleichzeitiges Biegen auch mechanisch beansprucht wird. Zur Abhilfe hindert man durch eine eng anliegende Hülle aus Lackgewebe den Luftsauerstoff am Zutritt zu der Gummiisolierung und erreicht dadurch zugleich einen mechanischen Schutz gegen Verletzungen und gegen den schädigenden Einfluß von Öl und Kraftstoffen.

Schließlich darf die Funkabschirmung die Wirkung der Kerzen nicht beeinträchtigen. Die Umhüllung der Kerze mit dem Kerzenschutz ändert nämlich ihre Wärmeableitung und damit die Temperatur der Elektroden, die für ein einwandfreies Arbeiten der Kerze einen ziemlich eng begrenzten Wert einhalten muß. Es muß also die Kerze in ihren wärmetechnischen Eigenschaften auf ihren Kerzenschutz abgestimmt sein, wenn nicht Anstände durch Glühzündungen oder durch Verrußung auftreten sollen.

Die größte Schwierigkeit, die sich der Schaffung einer leicht einzubauenden und nachzusehenden Funkabschirmung in den Weg stellt, ist die große Mannigfaltigkeit unter den Flugmotoren. Immerhin lassen sich einige allgemeine Grundsätze aufstellen.

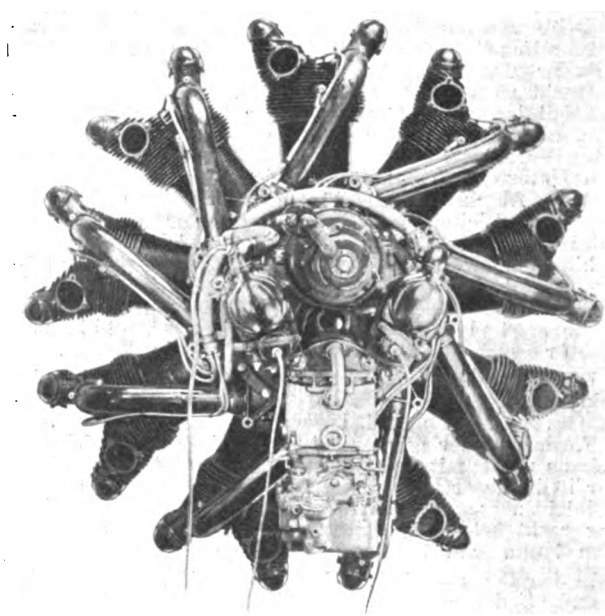


Abb. 3. Hornet-Neunzylinder-Flugmotor mit abgeschirmter Zündanlage.

Zunächst ist zu beachten, daß das Auswechseln der am meisten gefährdeten Teile, als die nach dem heutigen Stand der Technik zweifellos die Kabel anzusehen sind, nicht zu viel Arbeit und Kosten verursachen darf. Aus diesem Grund dürfte die Verwendung eines einheitlich mit Metall umklöppelten Satzes abgepaßter Kabel nicht zu empfehlen sein; der Durchschlag eines einzigen Kabels macht die Auswechslung des ganzen Kabelsatzes notwendig[8]. Im Gegensatz dazu ist bei der Verlegung der ungeschützten Kabel in einem gemeinsamen Metallrohr die Auswechslung eines etwa durchgeschlagenen Kabels jederzeit ohne allzugroße Mühe möglich. Am wenigsten Arbeit beim Einbau und bei etwaigen Reparaturen entsteht allerdings bei Einzelverlegung. Sie ist daher aus betriebstechnischen Rücksichten überall da zu empfehlen, wo nicht unter allen Umständen die Sekundärkapazität möglichst

[8] Vgl. etwa Hyland, Aviation Bd. 26, S. 889 (1929).

Digitized by Google

herabgedrückt werden muß oder wo, wie bei kleinen Motoren, die Zündleitungen so kurz sind, daß die kapazitive Belastung der Sekundärleitungen von selbst klein bleibt. Einen Magnetzünder mit Ansatz für Einzelverlegung zeigt Abb. 6.

Wichtig ist ferner, daß Auswechseln und Reinigen der Kerzen ohne große Mühe und Zeitverlust erfolgen können. In Abb. 4 und 5 wurde gezeigt, daß zum Abnehmen des Kerzenschutzes nur der Federbügel auf die Seite geschoben werden muß, worauf der Schutzkörper ohne weiteres nach oben gezogen werden kann. Im Gegensatz zur kombinierten geschützten Kerze kann die Kerze nunmehr mit einem Steckschlüssel leicht abgeschraubt werden, wenn die Bauart des Motors dies zuläßt. Da in der Regel die Kerzen täglich nachgesehen werden, bedeutet diese Möglichkeit für den praktischen Betrieb eine nicht unwesentliche Erleichterung.

Weiter ist es angenehm, wenn der Einbau und Ausbau der Zündanlage ohne Zuhilfenahme von Sonderwerkzeugen erfolgen kann und wenn dabei keine kleinen Teile wie Schrauben, Muttern oder Rohrschellen abgenommen werden müssen, die dem Monteur aus den Fingern gleiten können und sich dann auf oder in dem Motor nur schwer wieder finden lassen. Es wurden daher zum Befestigen der Umklöppelungen durchweg Überwurfmuttern verwendet, die von ihrem Kabelstück nicht ohne weiteres abgleiten können und die sich im Notfall von Hand genügend fest anziehen lassen (siehe Abb. 5).

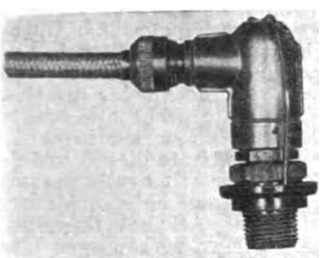


Abb. 4. Flugkerze mit abnehmbarem Kerzenschutz.

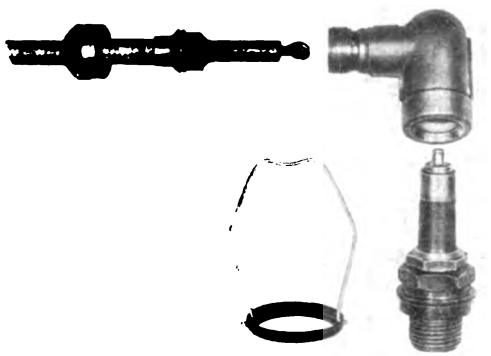


Abb. 5. Flugkerze mit Kerzenschutz, zerlegt.

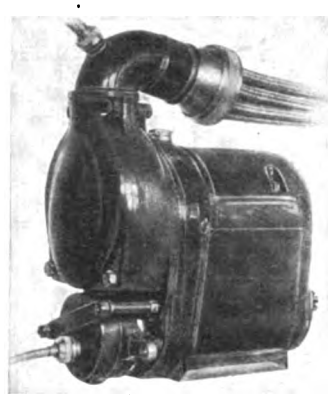


Abb. 6. Abgeschirmter Flugzeug-Magnetzünder (Bosch GE 9) für Einzelverlegung der Zündkabel.

Mit der Abschirmung von Batteriezündanlagen wollen wir uns hier nicht eingehend befassen, da sie im Flugverkehr bisher kaum zur Verwendung gelangen. Für die Hochspannungseite ergeben sich auch keinerlei neue Gesichtspunkte, ihre Abschirmung hat genau wie bei der Magnetzündung zu erfolgen. Dagegen hat man darauf Rücksicht zu nehmen, daß auch das von der Spule zur Batterie führende Niederspannungskabel Träger von hochfrequenten Vorgängen ist und diese über die Batterie hinweg auf das gesamte an die Batterie angeschlossene Leitungssystem übertragen kann. Sichere Abhilfe bietet die vollständige Abschirmung dieses Systems einschließlich der Batterie, doch wird es in den meisten Fällen genügen, die Störungen durch Kondensatoren abzufangen.

Außer von einer Batteriezündung können auch von der Ladedynamo Störungen auf das Niederspannungsnetz übertragen werden. Sie entstehen durch Funkenbildung am Kommutator oder am Spannungsregler. Es scheint amerikanische Praxis zu sein, sämtliche Niederspannungsleitungen deswegen abzuschirmen, doch zeigen Versuche, die bei der Robert Bosch AG. angestellt wurden, daß sich auch durch Einbau von Kondensatoren eine recht weitgehende Störbefreiung erreichen läßt. Sollte sie in Einzelfällen ungenügend sein, so läßt sich durch metallische Einhüllung des ganzen Leitungssystems jederzeit ein vollkommener Schutz schaffen.

Die endgültige Erprobung der Anlagen kann natürlich nur im praktischen Flugbetrieb geschehen. Nun kann sich aber bei der großen Anzahl zu schützender Einzelteile trotz des an sich einfachen Aufbaues bei der Entwicklung einer Schutzanlage leicht ein grundsätzlicher Fehler einschleichen, dessen Ursache an der im Motor eingebauten Anlage kaum mehr festzustellen ist. In einer in der Nähe eines arbeitenden Motors aufgestellten Empfangsanlage treten eben bekanntlich auch Störgeräusche auf, die nicht auf sein Zündsystem zurückgeführt werden können, sondern andere Ursachen haben. Als solche kommen vor allem Wackelkontakte zwischen Metallteilen des Motors oder des Flugzeugs in Betracht[9]. Diese Wackelkontaktstörungen treten besonders bei Erschütterungen auf, die am laufenden Motor vorzugsweise im Takt des Kolbenspiels erfolgen. Man kann daher auch bei Störungen, die genau im Takt der Zündung zu hören sind, nicht ohne weiteres sicher sagen, ob sie von der Zündanlage herrühren. Zur Entscheidung kann man die beiden Magnetzünder des Motors auf einen Augenblick kurzschließen, so daß dadurch der Lauf des Motors möglichst wenig gestört wird; nur wenn die Störungen beim Kurzschließen sofort verschwinden, kann man ihren Ursprung mit ziemlicher Sicherheit in der Zündanlage suchen.

Es ist deshalb sehr zu empfehlen, die Zündanlage samt ihrem Schutz schon bei ihrer Entwicklung im Laboratorium auf Fehlerfreiheit zu prüfen, da hier die mannigfachen Fehlerquellen vermieden werden können, mit denen bei der Prüfung auf dem Bremsstand oder im fertigen Flugzeug gerechnet werden muß. Diese vorläufige Prüfung erfolgt bei der Robert Bosch AG. derart, daß die geschützte Anlage etwa 50 cm von der Antenne entfernt aufgebaut wird. Bei empfindlicher Einstellung der Prüfgeräte (für Langwellen: Telefunken 40, für Kurzwellen: DTW K 6) darf im Kopfhörer beim Betrieb der Zündanlage kein merkliches Störgeräusch mehr vorhanden sein. Da diese Empfangsgeräte im Fabrikgelände aufgebaut werden mußten, war es erforderlich, sie den vielerlei Störungen durch Gleichstrommotoren, Dauerprüfanlagen für Zündgeräte usw. zu entziehen. Hierzu wurden sie samt ihrer Antenne und der zu prüfenden Anlage in einem vollständig geschlossenen Käfig aus engmaschigem Messinggeflecht untergebracht, in den der Antriebsmotor nur mit seiner Riemenscheibe hereinragt, während sämtliche Betätigungsschalter und -widerstände außen angebaut sind und von innen mit Stäben aus Isolierstoff bedient werden. Diese Anordnung hat sich sehr gut bewährt und ist für die gründliche Durchbildung der Schutzanlagen unentbehrlich geworden, da sie auch sehr schwache Störgeräusche zu erkennen und nach Ermittlung ihrer Ursache auszumerzen gestattet.

Zu diesen Laboratoriumsversuchen sind auch schon praktische Erprobungen getreten. Die abgeschirmten Kerzen wurden bei der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt in Adlershof auf ihre Brauchbarkeit am Motor geprüft und für gut befunden. Auf dem Bremsstand der Bayerischen Motorenwerke AG. wurden vollständig abgeschirmte Anlagen am BMW-VI b-Motor und an einem bei BMW gebauten Hornet-Motor eingebaut und festgestellt, daß die Leistung der Motoren dadurch in keiner Weise leidet. Auch der erreichte Grad der Störbefreiung wurde bei einer der beiden Anlagen untersucht und für sehr gut befunden. Es ist daher anzunehmen, daß die demnächst stattfindenden eingehenden Untersuchungen am Flugzeug den Beweis für die volle Brauchbarkeit der abgeschirmten Anlagen erbringen werden.

[9] Siehe Draft Outline Specifications for Bonding of Aircraft, Radio Laboratory, Bureau of Standards, v. 9. VI. 1929.

Digitized by Google

Über die Bestimmung der Kupferverteerungszahl und des Stockpunkts bei Transformatoren- und Schalteröl.

(Mitteilung aus dem Chem. Laboratorium der AEG-Transformatorenfabrik.)

Von Dr. Typke, Berlin.

Übersicht. Es wird eine für die Bestimmung der Kupferempfindlichkeit günstigere Ausführungsart als die Schiedsmethode beschrieben und auf einen Apparat zur bequemen Bestimmung des Stockpunktes von — 40 ° hingewiesen.

I. Kupferverteerungszahl.

Bereits vor einiger Zeit[1] wurde vorgeschlagen, Transformatoren- und Schalteröle auf ihre Empfindlichkeit gegen Katalysatoren der Kupfergruppe — Blei dürfte ja in neueren Apparaten nur noch selten anzutreffen sein — mittels der Kupferverteerungszahl zu prüfen. Es hat sich gezeigt, daß es notwendig ist, nach einer genau festgelegten Arbeitsweise zu verfahren. Die gegenüber der Schiedsmethode in einigen Punkten abgeänderte Vorschrift, die im Chemischen Laboratorium der AEG-Transformatorenfabrik angewandt wird[2], lautet wie folgt:

150 g des frischen, ungebrauchten filtrierten Öles werden in einem 300 cm³ fassenden Erlenmeyer-Kolben (Schott & Gen., Jena) in einem Ölbade 70 h ununterbrochen unter gleichzeitigem Durchleiten von Sauerstoff auf 120 ° erwärmt. Das Niveau des Ölbades soll 5 mm höher als das des im Kolben befindlichen Öles sein. Der Sauerstoff passiert zwei Waschflaschen, von denen die erste mit Kalilauge (spezifisches Gewicht 1,32), die zweite mit konzentrierter Schwefelsäure (spezifisches Gewicht 1,84) beschickt ist; die Waschflaschen sollen ein Fassungsvermögen von mindestens ¼ l bei hoher zylindrischer Form haben und etwa auf ⅓ ihrer Höhe mit der Waschflüssigkeit beschickt sein. Die Erwärmung wird in einem zuverlässig regelbar geheizten Ölbade ausgeführt. Die vorgeschriebene Temperatur ist in dem zu untersuchenden Öl zu überwachen. Die Korrektur für den herausragenden Faden ist zu berücksichtigen. Das Ölbad ist mit einem Rührwerk auszustatten. Der Kolben ist durch einen Korkstopfen mit seitlicher Einkerbung zu verschließen, durch den das 1 ... 2 mm über dem Boden des Kolbens mündende gerade abgeschnittene Einleitungsrohr führt (die lichte Weite des Einleitungsrohres soll genau 3 mm, die Anzahl der Blasen 2/s betragen). Für genaueste Einhaltung der Blasenzahl ist Sorge zu tragen. Um das Einleitungsrohr wird spiralförmig ein Stück walzblankes 100 mm langes, 10 mm breites und 0,1 mm dickes Elektrolytkupferblech derart gelegt, daß die Spirale sich gerade durch den Hals des Erlenmeyer-Kolbens einführen läßt und eine Berührung der Windungen der Spirale unter sich nicht stattfindet. Das Elektrolytkupferblech ist unter Abschluß des Zutrittes der Luft, z. B. in einer mit Stopfen versehenen Flasche aufzubewahren. Nach der geschilderten 70stündigen Vorbehandlung und Stehenlassen des Kolbens über Nacht werden 50 g des gut durchgerührten Öles in einem mit Rückflußkühler versehenen, 300 cm³ fassenden Erlenmeyer-Kolben 20 min lang auf siedendem Wasserbade mit 50 cm³ einer Lösung erwärmt, die durch Auflösen von 75 g möglichst reinem Ätznatron in 1 l destilliertem Wasser und durch Hinzufügen von 1 l 96prozentigen Alkohols zu bereiten ist. Ohne den Rückflußkühler zu entfernen wird hiernach das warme Gemisch 5 min lang kräftig geschüttelt, wobei der Kolben zweckmäßig mit einem Tuch umwickelt wird. Sein Inhalt wird nach dem Erkalten in einen Scheidetrichter übergeführt und über Nacht absitzen gelassen. Nach eingetretener Schichtung wird ein möglichst großer Anteil der alkoholisch-wässerigen Lauge durch ein gewöhnliches Filter in einen Kolben filtriert. Von dem Filtrat werden 40 cm³ abpipettiert, in einem zweiten Scheidetrichter mit einigen Tropfen Methylorange versetzt und mit Salzsäure bis zur deutlichen Rotfärbung der Flüssigkeit angesäuert. (Hierzu sind etwa 6 cm³ Salzsäure vom spezifischen Gewicht 1,124 erforderlich.) Nach dem Ansäuern werden 50 cm³ destilliertes Wasser zugesetzt; erst dann wird mit Benzol ausgeschüttelt, da in 50prozentigem Alkohol Benzol und mit ihm auch die darin gelösten Teerstoffe etwas löslich sind. Die durch das Ansäuern abgeschiedenen Teerstoffe werden in 50 cm³ reinem, thiophenfreien Benzol vom Siedepunkt 80/82 °, das beim Eindampfen auf dem Wasserbade keine Spur eines Rückstandes hinterlassen darf, aufgenommen. Das Ausschütteln ist mit 50 cm³ Benzol in einem dritten und vierten Scheidetrichter noch einmal zu wiederholen.

Den letzten (dritten) Benzolauszug läßt man eine halbe Stunde im Scheidetrichter über der Lauge stehen und vereinigt dann die drei Benzolauszüge unter Nachspülen des jeweils verwendeten Scheidetrichters mit etwas Benzol. Die Benzolauszüge werden dann im Scheidetrichter zweimal mit je 50 cm³ destilliertem Wasser sorgfältig ausgeschüttelt. Starkes Schütteln ist zu vermeiden, da sonst Emulsionsbildung eintritt. Wenn sich hierbei eine starke Emulsion bildet, setzt man nach Ablassen des klaren Teiles der Wasserlösung einige Tropfen Alkohol zu, so daß die Benzolschicht vollkommen klar bleibt. Nach dem Ablassen der letzten sichtbaren Wasserreste wird die im Scheidetrichter zurückbleibende Benzollösung in einen Weithals-Stehkolben von 250 cm³ Inhalt (Schott & Gen., Jena) übergeführt, der zuvor auf der analytischen Waage gewogen wurde. Dieser Kolben wird mit einem tadellosen, gut ausgepreßten und von jeglichem Korkstaub befreiten, durchbohrten Korken, in dem ein möglichst direkt über ihm abgebogenes weites Dampfleitungsrohr steckt, das in einem Kühler mündet, verschlossen und mittels eines Ringes, der Einkerbungen zum Durchleiten des Wasserbaddampfes besitzt, auf das Wasserbad gestellt. Kolben und Ableitungsrohr werden dann mit einem oben geschlossenen Blechmantel überdeckt, der an einer Seite zur Durchführung des Ableitungsrohres geschlitzt ist. Das Wasserbad wird schließlich so stark erhitzt, daß die in den Blechmantel steigenden Dämpfe diesen und damit auch Kolben und Ableitungsrohr mit erwärmen und so jegliches Dephlegmieren der Benzoldämpfe verhindern. Nach dem Eindampfen wird etwas Alkohol (absoluter oder 96prozentiger) zugegeben, um etwa vorhandenes Wasser zu verjagen, und der Kolben offen und liegend auf das mit gewöhnlichem Ringe versehene Wasserbad gestellt, so daß die schweren Dämpfe bequem abfließen können. Dann wird der Kolben in einem auf 105 ° eingestellten Trockenschrank 10 min lang getrocknet und nach dem Erkalten gewogen. Die gefundene Teermenge in Gramm mit 2,5 multipliziert ergibt die prozentuale Verteerungszahl.

Schlammbildung (gravimetrisch). — 10 g des verteerten Öles werden mit 30 cm³ Normalbenzin versetzt. Nach 24stündigem Stehen wird festgestellt, ob sich Schlamm ausgeschieden hat. Ist dieses der Fall, so ist die Benzinlösung nach gutem Durchschütteln durch ein Filter (Schleicher & Schüll, Weißband 589) zu filtrieren. Das Filter wird dann mit kaltem Normalbenzin ölfrei gewaschen, der Schlamm in Benzol gelöst und die Benzollösung in einem gewogenen 250 cm³ Weithalskolben (Schott & Gen., Jena) eingedampft. Nach dem Eindampfen wird etwas Alkohol (absoluter oder 96prozentiger) zugegeben, um etwa vorhandenes Wasser zu verjagen und der Kolben offen und liegend auf das mit gewöhnlichem Ringe versehene Wasserbad gestellt, so daß die schweren Dämpfe bequem abfließen können. Dann wird der Kolben in einem auf 105 ° eingestellten Trockenschrank 10 min lang getrocknet und nach dem Erkalten gewogen.

Es ist insbesondere darauf hinzuweisen, daß die zugeführte Menge Sauerstoff genau eingehalten werden muß. Es ist zweckmäßig, Blasenzähler zu verwenden, wobei natürlich das Verhältnis der Blasen im Blasenzähler zu den im Kolben austretenden berücksichtigt werden muß. Die Fehlergrenze der Methode in der vorliegenden Form beträgt etwa 50 %, welche Grenze wohl von kaum einer mit Katalysatoren arbeitenden Methode wesentlich unterschritten werden dürfte. Gute Öle wiesen bei keiner unserer Bestimmungen Kupferverteerungszahlen über 0,4 und über 0,1 Gewichtsprozent Schlamm auf.

Die Kupferverteerungszahl soll auch in der vorstehend beschriebenen Form nicht als wissenschaftliche Methode gewertet werden; sie soll lediglich ein mit den an vielen Stellen bereits vorhandenen Apparaten ausführbares Hilfsmittel zur Ausschaltung von gegen Katalysatoren der Kupfergruppe besonders empfindlichen Ölen für die Übergangszeit sein, bis die systematischen Arbeiten zur Schaffung einer internationalen Prüfmethode greifbare Formen angenommen haben.

[1] Heyden u. Typke, ETZ 1930, S. 1137.

[2] Über die experimentellen Grundlagen siehe Allgem. Öl- u. Fettztg. Bd. 27, Beil.: Mineralöle, S. 36 u. 42 (1930).

Digitized by Google

II. Stockpunktbestimmung.

In den Vorschriften für Transformatoren- und Schalteröle des VDE[3] ist als einfachste Methode für die Bestimmung des Stockpunktes von — 40 ° die Abkühlung in Benzin, das durch ein Gemisch von fester Kohlensäure und Alkohol gekühlt wird, empfohlen. Durch den inzwischen herausgekommenen Apparat zur Bestimmung des Kältepunktes nach der Äthermethode mit dreiwandigem Dewargefäß[4] ist eine wesentlich bequemere Bestimmung möglich. Bei Versuchen in unserem Laboratorium wurden regelmäßig Temperaturen von unter — 40 °, bei besonders gutem Arbeiten der Wasserstrahlpumpe bis gegen — 50 ° herunter, erreicht. Es sei noch darauf aufmerksam gemacht, daß sich die Stockpunktbestimmung bei der tiefen Temperatur bedeutend sicherer ausführen läßt, wenn man zur Feststellung, ob das Öl noch fließt, nicht das Reagensglas herausnimmt, sondern den ganzen Apparat neigt. Bei dem geringen Temperaturgefälle zwischen Äther und Öl hat dies kein Bedenken, während bei der beim Herausnehmen des Reagensglases leicht eintretenden Erwärmung der äußeren Ölschicht zu günstige Ergebnisse vorgetäuscht werden können.

[3] ETZ 1927, S. 474; Sonderdruck VDE 405.
[4] DRGM. 1 054 105, Hersteller: Stelling, Hamburg.

Erregung von läufererregten Kommutator-Hintermaschinen (Drehstrom-Erregermaschinen) bei ungeeigneter Netzfrequenz.

Von Dipl.-Ing. **Hermann Harz**, Berlin.

Übersicht. Es wird gezeigt, wie sich durch zweckentsprechende Umformung der Erregerfrequenz von läufergespeisten Kommutator-Hintermaschinen (Drehstrom-Erregermaschinen) manche neue Aufgaben lösen lassen.

Läufererregte Kommutator-Hintermaschinen haben in den letzten Jahren zunehmende Verbreitung gefunden. Es sei nur an ihre Verwendung als Drehstrom-Erregermaschine erinnert, wodurch das Problem der Blindleistungserzeugung mit Hilfe von Asynchronmaschinen in so überaus einfacher Weise gelöst worden ist. Für die Läufererregung der Kommutator-Hintermaschinen galt bisher bei mechanischer Kupplung von Haupt- und Hintermaschine das Gesetz, daß die Erregerfrequenz gleich der Netzfrequenz sein müsse, während bei elektrischer Kupplung die Erregung gewöhnlich mit der Umdrehungsfrequenz der Hauptmaschine erfolgte. Abb. 1 zeigt dies für die mechanische und Abb. 2 für die elektrische Kupplung[1].

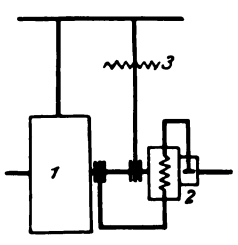


Abb. 1. Mechanisch gekuppelte Kommutator-Hintermaschine.

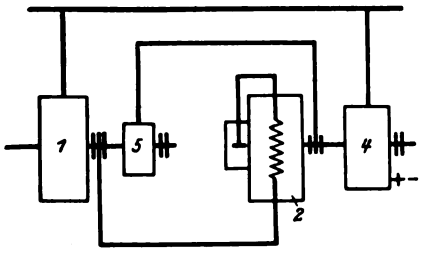


Abb. 2. Elektrisch gekuppelte Kommutator-Hintermaschine.

1 Hauptmaschine
2 Kommutator-Hintermaschine
3 Erregertransformator
4 Antriebsmaschine (synchron)
5 Drehfeld-Erregermaschine (synchron)

Wie in den folgenden Ausführungen gezeigt werden soll, läßt das Erregungsgesetz auch eine allgemeinere Formulierung zu, die sich für manche Verhältnisse mit Vorteil anwenden läßt. Hierher gehören z. B. Fälle, in denen die Erregung mit Netzfrequenz oder Umdrehungsfrequenz der Hauptmaschine für die Hintermaschine zu ungünstige Betriebsbedingungen oder Abmessungen ergibt. Dies ist der Fall, wenn Asynchronmaschinen in Netzen mit kleiner Frequenz, wie sie z. B. die Bahnnetze darstellen, mit Drehstrom-Erregermaschinen ausgerüstet werden sollen. Die Verwendung asynchroner Maschinen in solchen Netzen, sei es als Motorteil von Motorgeneratoren zur Umformung von Einphasenstrom in Gleichstrom oder als reine Blindleistungsmaschinen, hat sich wegen der Unempfindlichkeit gegen Spannungs- und Frequenzschwankungen und der sonstigen bekannten Vorteile des asynchronen Antriebs (leichter Anlauf, hohe Überlastungsfähigkeit usw.) in mehrfach ausgeführten Fällen als überaus zweckmäßig und richtig erwiesen[2]. Die kleine Frequenz von gewöhnlich 16⅔ Hz verursacht eine schlechte Ausnutzung der Hauptmaschine, so daß man, um nicht zu große Modelle zu erhalten, mit der Drehzahl so hoch wie möglich geht, d. h. die Polzahl klein wählt. Für kleine Polzahlen lassen sich aber Kommutatormaschinen weniger gut bauen als für größere; auch setzt die maximal mögliche Polleistung hier eine Grenze. Umgekehrt können sich auch Schwierigkeiten in Netzen mit abnormal hoher Frequenz ergeben. In allen diesen Fällen ist es vorteilhaft, die Erregerfrequenz der Kommutator-Hintermaschine auf einen für eine gute Ausnutzung und Arbeitsweise dieser Maschine günstigen Wert umzuformen. Dies soll an Hand der Abb. 3

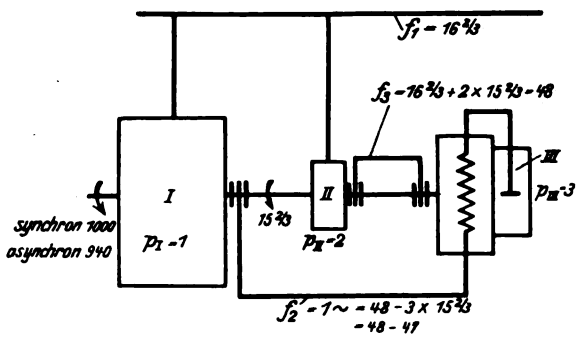


Abb. 3. Umformung der Erregerfrequenz (Grundschaltung).

zunächst allgemein behandelt werden. Es bezeichnet *I* die asynchrone Hauptmaschine, die an einem Ein- oder Mehrphasennetz liegt. Ihre Polpaarzahl sei p_I, die Netzfrequenz ist dann

$$f_1 = p_I \, n_0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

und die Umdrehungsfrequenz der Maschine *I*

$$f_I = p_I \, n_I, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

worin n_0 die synchrone Drehzahl in der Sekunde und n_I die tatsächliche Drehzahl/s bedeuten.

Direkt mit *I* ist eine asynchrone Drehfeldmaschine *II* (normale Drehstrom-Asynchronmaschine) gekuppelt. Diese besitzt die Polpaarzahl p_{II}, die im allgemeinen von p_I verschieden ist. Die Drehungsfrequenz dieser Maschine ist dann

$$f_{II} = p_{II} \, n_{II}, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

n_{II} tatsächliche Drehzahl der Maschine *II*.

Ferner ist mit der Hauptmaschine *I* noch die Drehstrom-Erregermaschine *III* gekuppelt, welche die Polpaarzahl p_{III} und damit die Drehungsfrequenz

$$f_{III} = p_{III} \, n_{III} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

besitzt, n_{III} tatsächliche Drehzahl der Maschine *III*. Wenn $n_I = n_{II} = n_{III}$ ist, verhalten sich demnach die Drehungsfrequenzen der 3 Maschinen wie die Polpaarzahlen.

Für die Schlupffrequenz f_2 im Läuferkreis der Maschine *I* gilt die Beziehung

$$f_2 = f_1 \, s = f_1 - f_I, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (5a)$$

s = Schlupf,

$$f_2 = f_3 - f_{III} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (5b)$$

[1] Näheres siehe Kozisek, Drehstrom-Erregermaschine mit Fremderregung, ETZ 1925, S. 142; Drehstromregelsätze mit Läuferfremderregung, ETZ 1926, S. 989.

[2] Über Einphasen-Asynchronmaschinen mit Drehstrom-Erregermaschinen vgl. Kozisek, Die Einphasen-Induktionsmaschine mit fremderregter Drehstrom-Erregermaschine, Siemens-Z. Bd. 6, S. 533 (1926). — Schaar, Einphasen-Blindleistungsmaschine im elektrischen Vollbahnbetrieb, Siemens-Z. Bd. 9, S. 302 (1929). — Loukert u. Schunk, Die asynchrone Einphasenmaschine als Blindleistungserzeuger im Bahnbetrieb, Siemens Z. Bd. 9, S. 306 (1929).

Digitized by Google

und für die Erregerfrequenz f_3 der Hintermaschine

$$f_3 = f_1 \pm f_{II} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (6a)$$

$$f_3 = f_{III} + f_2. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (6b)$$

Das Minuszeichen in Formel (6 a) gilt für die Fälle, wo die Erregerfrequenz f_3 gegenüber der Netzfrequenz herabgesetzt werden soll. Für Übersynchronismus gelten die Formeln ebenfalls, f_2 wird dann jeweils negativ.

Aus den beiden letzten Gl. (6 a) und (6 b) folgt

$$f_{III} + f_2 = f_1 \pm f_{II}. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (7)$$

Setzt man hierin für f_2 aus Gl. (5 a) den Wert $f_1 - f_I$ ein, so erhält man

$$f_{III} + f_1 - f_I = f_1 \pm f_{II}$$

oder

$$f_{III} = f_I \pm f_{II} \text{ bzw. } p_{III}\, n_{III} = p_I\, n_I \pm p_{II}\, n_{II}. \quad (8)$$

Dies besagt, daß die Drehungsfrequenz der Maschine *III* und damit ihre Ausnutzung und Beanspruchung je nach Bedarf größer oder kleiner als die der Hauptmaschine gewählt werden kann. Ferner ergibt sich daraus, daß die 3 Maschinen nicht nur direkt, sondern auch über schlüpfungsfreie Getriebe miteinander gekuppelt sein können, so daß die Drehzahlen n_I, n_{II}, n_{III} ganz allgemein verschieden sind. Es bleibt noch zu beweisen, daß die Beziehung $f_2 = f_3 - f_{III}$ aus Gl. (5 b) auch tatsächlich die Schlupffrequenz der Hauptmaschine ergibt.

Es ist gemäß Gl. (5 b)

$$f_2 = f_3 - f_{III};$$

für f_3 den Wert aus Gl. (6 a) eingesetzt ergibt

$$f_2 = f_1 \pm f_{II} - f_{III}. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (9)$$

Für $\pm f_{II} - f_{III}$ kann man aus Gl. (8) setzen:

$$\pm f_{II} - f_{III} = -f_I; \quad \ldots\ldots\ldots \quad (10)$$

dies eingesetzt in Gl. (9) gibt

$$f_2 = f_1 - f_I. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (11)$$

Dies ist aber nach Gl. (5 a) die Schlupffrequenz $f_1 s$, d. h. die Gl. (5 b): $f_2 = f_3 - f_{III}$, gibt immer die jeweilige Schlupffrequenz, wenn die Bedingung (8) erfüllt ist.

Von Interesse ist es noch, zu untersuchen, in welcher Weise die Klemmenspannung der läufergespeisten kompensierten Drehstrom-Erregermaschine vom Schlupf abhängig ist. Für eine unmittelbar vom Netz erregte Maschine gilt das Gesetz, daß die Klemmenspannung E_K bei gleichbleibender Erregerfrequenz der Drehzahl proportional ist[3]. Die Beziehung für die Klemmenspannung läßt sich in unserem Fall in der Form schreiben:

$$E_K = k\,(f_3 - f_2), \quad \ldots\ldots\ldots \quad (12)$$

worin k eine Konstante bedeutet. Setzt man hierin aus Gl. (6 a) $f_3 = f_1 \pm f_{II}$ und

$$f_{II} = p_{II}\, n_{II_0}\,(1 - s), \quad \ldots\ldots\ldots \quad (13)$$

worin $n_{II_0} = n_0$ die synchrone Geschwindigkeit der Hauptmaschine bedeutet, ferner lt. Gl. (5 a) $f_2 = f_1 s$, so erhält man

$$f_3 = f_1 \pm \frac{p_{II}\, n_{II_0}\, p_I}{p_I}\,(1 - s)$$

$$= f_1 \left[1 \pm \frac{p_{II}}{p_I}\,(1 - s)\right]; \quad \ldots\ldots \quad (14)$$

eingesetzt in Gl. (12) ergibt

$$E_K = k \left\{ f_1 \left[1 \pm \frac{p_{II}}{p_I}\,(1 - s)\right] - f_1 s \right\}$$

$$= k f_1 \left(1 \pm \frac{p_{II}}{p_I}\right)(1 - s). \quad \ldots\ldots \quad (15)$$

$f_1 \left(1 \pm \frac{p_{II}}{p_I}\right)$ stellt die synchrone Erregerfrequenz f_{30} der Drehstrom-Erregermaschine, eine Konstante, dar, so daß Gl. (15) übergeht in

$$E_K = k'(1 - s). \quad \ldots\ldots\ldots \quad (16)$$

Das Glied $(1 - s)$ ist der Drehzahl des Maschinensatzes proportional, so daß auch in dieser Schaltung das obengenannte Gesetz der Proportionalität zwischen Drehzahl und Spannung bei gleichbleibenden magnetischen Beanspruchungen Gültigkeit hat, trotzdem sich die Erregerfrequenz mit der Drehzahl ändert.

Zwei **Beispiele** sollen das Gesagte noch praktisch belegen. Die Hauptmaschine *I* liege an einem niederfrequenten Wechselstromnetz von 16⅔ Hz, ihre Polpaarzahl p_I sei 1, so daß die synchrone Geschwindigkeit 1000 U/min betragen würde. Bei einem Schlupf von 6 % läuft die Maschine mit einer tatsächlichen Drehzahl von 940 U/min. Demnach hat sie eine Drehungsfrequenz $f_{II} = 940 \cdot 1/60 = 15⅔$ Hz und in ihrem Sekundärkreis herrscht eine Schlupffrequenz $f_2 = 1$ Hz. Die Maschine *II* habe eine Polpaarzahl $p_{II} = 2$ und demnach eine Drehungsfrequenz $f_{II} = 31⅓$ Hz. Im Sekundärteil dieser Maschine besteht also, wenn sich Drehungsfrequenz und zugeführte Frequenz addieren, die Frequenz $f_3 = 16⅔ + 31⅓ = 48$ Hz. Mit dieser Frequenz wird die Maschine *III* erregt, z. B. eine läufererregte kompensierte Drehstrom-Erregermaschine, die die Polpaarzahl $p_{III} = 3 = p_I + p_{II}$, demnach die Drehungsfrequenz $f_{III} = 47$ Hz besitzt und entgegen der Richtung ihres Drehfeldes angetrieben wird. Damit kommt an ihrem Kommutator die Differenz beider Frequenzen $48 - 47 = 1$ Hz, die geforderte Schlupffrequenz, zustande. Die Erregerfrequenz 48 unterscheidet sich von der sonst üblichen 50 nur sehr wenig, so daß also für derartige Anordnungen Drehstrom-Erregermaschinen normaler Bauart benutzt werden können. Auch für die Drehfeldmaschine *II*, die in dem angeführten Fall nur die Erregerleistung der Hintermaschine zu liefern braucht und daher an sich nicht groß ausfällt, lassen sich normale Maschinen verwenden, da sie ebenfalls mit der hohen Frequenz ausgenutzt ist. Derartige Schaltungen eignen sich, wie bereits oben erwähnt, besonders für einphasige Bahnnetze kleiner Frequenz.

Für den umgekehrten Fall, wo die Netzfrequenz für die Hintermaschine ungünstig hoch liegt, sei folgendes Beispiel angeführt. Die Hauptmaschine *I* liege an einem Netz von 100 Hz und habe die Polpaarzahl $p_I = 4$. Ihre Drehungsfrequenz beträgt also bei 1485 U/min 99 Hz. Die Drehfeldmaschine *II* und die Hintermaschine *III* haben beide gleiche Polpaarzahl $p_{II} = p_{III} = 2$, ihre Drehungsfrequenz ist daher 49,5 Hz. Da in diesem Fall die Anordnung so getroffen ist, daß für Maschine *II* sich zugeführte Frequenz und Drehungsfrequenz subtrahieren, beträgt die Erregerfrequenz der Maschine *III* $100 - 49{,}5 = 50{,}5$ Hz. Von dieser Frequenz subtrahiert sich wieder die Drehungsfrequenz der Maschine *III* mit 49,5 Hz, so daß die Schlupffrequenz wieder richtig mit 1 Hz zum Vorschein kommt.

Die Vorteile der neuen Schaltung scheinen zunächst nur darin zu liegen, durch Umformung der Netzfrequenz bessere Ausnutzung und günstigere Arbeitsbedingungen für die Kommutator-Hintermaschine *III* zu erhalten. Bei näherer Betrachtung ergeben sich jedoch noch verschiedene andere Vorteile. Z. B. wird man zweckmäßig die Beeinflussung der den Schleifringen der Kommutator-Hintermaschine *III* zuzuführenden Erregerleistung im Primärkreis der Induktionsmaschine *II* vornehmen. In diesem Kreis herrscht meist eine kleine Stromstärke, so daß die Regelapparate (Stufenschalter usw.) klein bemessen werden können. Außerdem ergibt sich in den Fällen, wo die Netzfrequenz auf höhere Werte umgeformt wird (z. B. von 16⅔ auf 48 Hz im ersten Beispiel), eine beträchtliche Verminderung der zu regelnden Leistung, weil die Induktionsmaschine *II* hierbei als Verstärkungsglied arbeitet, denn die Leistungen in Ständer und Läufer der Induktionsmaschine stehen bekanntlich etwa im Verhältnis der Frequenzen.

Für sehr große Leistungen (Blindleistungsmaschinen, Asynchrongeneratoren) verwendet man häufig zum Anfahren einen besonderen Motor, der entweder direkt am Netz liegt oder auch mit der Hauptmaschine in Reihe geschaltet wird. Es ist naheliegend, diesen Motor zu benutzen, um die Netzfrequenz auf die Erregerfrequenz der Kommutator-Hintermaschine umzuformen, wodurch eine besondere Maschine für diesen Zweck entfällt.

Die beschriebene Schaltung läßt sich sinngemäß auch auf elektrische Kupplung der Hintermaschine anwenden, worauf hier nicht näher eingegangen werden soll. Sie gilt ferner auch dann, wenn die Kommutator-Hintermaschine nicht den Sekundärkreis einer Induktionsmaschine speist, sondern zur Erregung von ständergespeisten Kommutator-Hintermaschinen benutzt wird. Auf einen weiteren Vorteil soll noch hingewiesen werden, den die Schaltung auch in Netzen normaler Frequenz bietet, wenn es sich darum handelt, polumschaltbare Motoren mit läuferfremderregten Hintermaschinen zu versehen[4]. Man machte davon bisher keinen Gebrauch, weil es nicht möglich war, die Kommu-

[3] Vgl. Fußnote 1.

[4] Den Hinweis auf diese Möglichkeit verdanke ich Herrn Obering. Kozisek.

Digitized by Google

tatormaschine polumschaltbar zu machen. Mit Hilfe der beschriebenen Schaltung läßt sich die Aufgabe sehr einfach lösen. Wenn man in dem zuletzt behandelten Zahlenbeispiel annimmt, daß die Hauptmaschine *I* im Verhältnis 1 : 2 polumschaltbar sei, so kann die Hintermaschine *III* bei Schaltung der Hauptmaschine auf die Polpaarzahl $p_I = 2$ direkt vom Netz aus erregt werden, das ir diesem Fall ein Netz mit normaler Frequenz sei. Ist die Hauptmaschine jedoch auf die Polpaarzahl $p_I = 4$ geschaltet, so erfolgt die Erregung der Hintermaschine über die Maschine *II* mit etwa der halben Netzfrequenz. Die Leistung der Hintermaschine geht natürlich entsprechend der verminderten Drehzahl und Erregerfrequenz herunter, aber das gleiche trifft für die Hauptmaschine zu, so daß auch die Schlupfleistung bei gleichem Schlupf in demselben Maß zurückgeht. Anderseits kann man auf diese Weise den Regelbereich einer Kaskade wesentlich erweitern, wenn sich die durch die Polumschaltung ergebenden beiden Regelbereiche berühren. Z. B. soll in obengenanntem Fall die Hintermaschine für eine Regelung von ± 33⅓ % um die obere synchrone Drehzahl von 1500 U/min bei 50 Hz ausgelegt sein. Damit läßt sich die Drehzahl in den Grenzen 1000 ... 2000 U/min regeln. Nach der Umschaltung ergibt sich bei gleichem Regelbereich von ± 33⅓ % eine Drehzahlregelung in den Grenzen 500 ... 1000 U/min, so daß also ohne besonderen Mehraufwand eine Verdopplung der Regelung von 1 : 2 auf 1 : 4 eintritt.

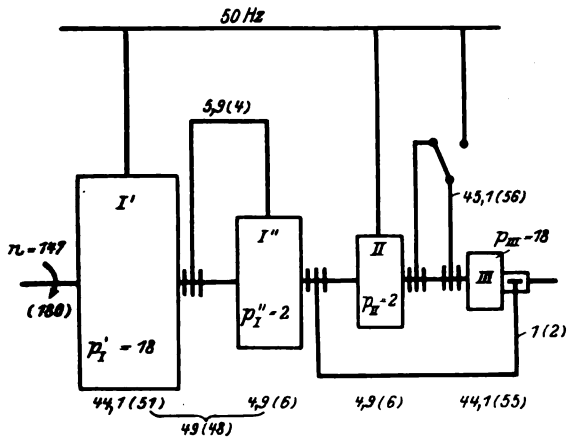


Abb. 4. Umformung der Erregerfrequenz bei Induktionskaskaden; Hilfsmaschine *II* vom Netz erregt.

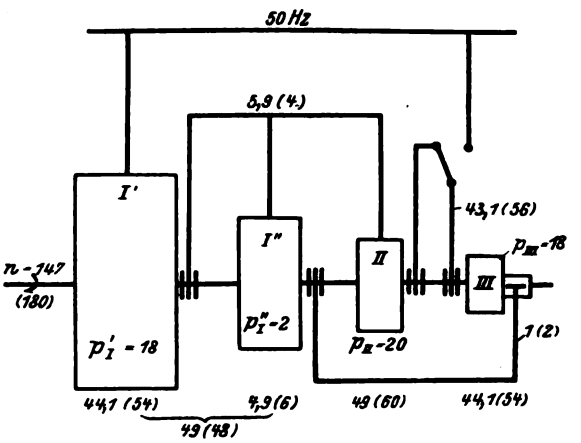


Abb. 5. Umformung der Erregerfrequenz bei Induktionskaskaden; Hilfsmaschine *II* vom Sekundärteil der Hauptmaschine *I'* erregt.

Auch bei Induktionskaskaden bietet die Schaltung bemerkenswerte Vorteile. Kaskadenschaltung von zwei, eventuell mehr Induktionsmaschinen wird öfters angewendet, wenn verlustlose Drehzahlregelung in wenigen groben Stufen ausreicht. Man erhält z. B. bei Kaskadenschaltung von 2 Induktionsmaschinen 4 Drehzahlstufen, einmal die normalen asynchronen Drehzahlen von jeder Induktionsmaschine allein und dann die unter- und übersynchrone Kaskadendrehzahl nach der Beziehung

$$n = \frac{f_1 \cdot 60}{p_I' \pm p_I''} \cdot (1 - s),$$

worin p_I' und p_I'' die Polpaarzahlen der beiden Induktionsmaschinen und s den Schlupf, bezogen auf die synchrone Kaskadendrehzahl, bedeuten. Die übersynchrone Kaskadendrehzahl ergibt sich durch Umkehr des Drehfeldes in der zweiten Kaskadenmaschine, sie läßt sich jedoch nur erreichen, wenn der Maschinensatz durch besondere Mittel (Antrieb durch eine Kraftmaschine, Regelsatz) durch den Synchronismus der ersten Kaskadenmaschine gebracht wird[5]. Trotzdem gewinnen solche Fälle zuweilen Bedeutung, z. B. in Wasserkraftwerken mit Speicherpumpenbetrieb, wenn es sich darum handelt, die Pumpendrehzahl dem wechselnden Gefälle anzupassen, ohne für die Drehzahlbeeinflussung Kommutator-Hintermaschinen von erheblicher Leistung zu verwenden. Die Aufgabe, die hier der Kommutatormaschine erwächst, beruht dann nur darin, den Erregerbedarf des Maschinensatzes bei allen Drehzahlen zu decken. Die Netzfrequenz kann als Erregerfrequenz nur für eine der möglichen Drehzahlen verwendet werden, für die anderen Drehzahlen ist eine Umformung erforderlich. Die Gesichtspunkte, nach denen dies geschieht, ergeben sich sinngemäß aus Gl. (8), wenn man sich anstatt der beiden Hauptinduktionsmaschinen eine Maschine mit der Summe bzw. Differenz ihrer Polpaarzahlen denkt, die dann als p_I in die Formel einzusetzen wäre, u. zw. in den Fällen, wo die Hilfsmaschine direkt vom Netz erregt wird (Abb. 4). Man kann diese Maschine jedoch auch von den Schleifringen der ersten Induktionsmaschine aus erregen (Abb. 5), weil man dadurch günstigere Abmessungen für diese Maschine erhalten kann. In diesem Fall ist dann die Polpaarzahl der zweiten Induktionsmaschine als p_I in Gl. (8) einzuführen. Beide Möglichkeiten sind in Abb. 4 und 5 an **Beispielen** erläutert, u. zw. für unter- und übersynchrone Kaskadendrehzahlen. In beiden Abbildungen bedeutet *I'* die erste Kaskadenmaschine mit der Polpaarzahl $p_I' = 18$, *I''* die zweite Kaskadenmaschine mit der Polpaarzahl $p_I'' = 2$. Ist die Maschine *I'* allein in Betrieb, so ist die synchrone Drehzahl der Welle 167 U/min, die Kommutator-Hintermaschine mit $p_{III} = 18$ erhält für diesen Fall schleifringseitig Netzfrequenz und arbeitet kommutatorseitig auf den Läufer der Maschine *I'*. Als untere synchrone Kaskadendrehzahl erhält man $\frac{50 \cdot 60}{18 + 2} =$ 150 U/min, als obere $\frac{50 \cdot 60}{18 - 2} = 188$ U/min, die resultierende Polpaarzahl ist also im ersten Fall 20, im zweiten 16. Man bekommt demnach in beiden Fällen für die Maschine *II* $p_{II} = 20 - 18 = 18 - 16 = 2$. Es kommt hierbei nur auf die absolute Differenz an, weil das Vorzeichen sich auf den Umlaufsinn des Drehfeldes bezieht, der durch Vertauschen zweier Klemmen stets richtiggestellt werden kann. Wenn der Maschinensatz im untersynchronen Kaskadenbereich mit 2 % Schlupf fährt, beträgt die Drehzahl der Welle 147 U/min, die Umdrehungsfrequenz der Maschine *I'* 44,1 Hz, die Maschine *I''* läuft mit 4,9 Hz um, die Maschine *II* ebenfalls und die Maschine *III* besitzt wieder 44,1 Hz. Die Summe der Frequenzen von *I'* und *I''* ergibt die mechanische Kaskadenfrequenz 49. Im Schleifringkreis der Maschine *I'* herrschen dann 50 — 44,1 = 5,9 Hz, im Schleifringkreis der Maschine *I''* 5,9 — 4,9 = 1 Hz, im Schleifringkreis der Maschine *II* 50 — 4,9 = 45,1 Hz. Von dieser Frequenz subtrahieren sich in der Maschine *III* 44,1 Hz, so daß an deren Kommutator wieder 1 Hz erscheint. In gleicher Weise ergeben sich die Werte für eine übersynchrone Kaskadendrehzahl. Die eingeklammerten Werte beziehen sich auf eine Drehzahl von 180 U/min (4 % Schlupf bei 187,5 U/min synchron), demnach auf eine mechanische Kaskadenfrequenz von 48 Hz, und lassen erkennen, daß auch für diesen Fall die Frequenzgleichungen eingehalten sind.

In Abb. 5 ist das Zahlenbeispiel für die gleichen Verhältnisse durchgeführt mit dem Unterschied, daß die Maschine *II* ihre Erregerfrequenz nicht vom Netz, sondern von den Schleifringen der Maschine *I'* bezieht, die dann von ihr auf den passenden Wert für die Maschine *III* umgeformt wird. Auch hier kann bei Betrieb mit der normalen asynchronen Drehzahl der Maschine *I'* die Erregung der Kommutator-Hintermaschine wieder direkt vom Netz erfolgen. Man kann ferner noch einen Schritt weitergehen und als Erregerfrequenz für die Maschine *II* die Schleifringfrequenz der Maschine *I''* benutzen. Man braucht dann der Maschine *II* nur die gleiche sonst aber beliebige Umdrehungsfrequenz zu geben wie der Maschine *III*. Auf diese Schaltung soll an dieser Stelle jedoch nicht näher eingegangen werden.

[5] Vgl. Kozisek, ETZ 1920, S. 445.

Digitized by Google

Die Elektrotechnik auf dem Internationalen Luftfahrtkongreß im Haag.

Von Dr. F. Born, Berlin.

Übersicht. **Im Flugwesen gewinnen elektrotechnische und beleuchtungstechnische Fragen wachsende Bedeutung, besonders aus dem Grunde, weil die Hebung der Wirtschaftlichkeit des Luftverkehrs die Ausdehnung der Nachtflugstrecken fordert. Bei internationalen Beratungen nimmt daher das Thema der Flugsicherung durch elektrotechnische Hilfsmittel einen erheblichen Raum ein. Auf dem 5. Internationalen Luftfahrtkongreß im Haag stand eine Reihe solcher interessanten Fragen zur Verhandlung, über die berichtet wird.**

Vom 1. bis 6. IX. dieses Jahres fand im Haag der 5. Internationale Luftfahrtkongreß statt. Auf diesem Kongreß wurde ein ziemlich umfassendes Bild über den wissenschaftlichen und technischen Stand aller mit der Luftfahrt zusammenhängenden Gebiete vermittelt.

Nach Stoff und Inhalt der dem Kongreß vorgelegten Vorträge und Arbeiten gliederte sich das Gesamtgebiet in 5 Arbeitsgruppen:

I. Abteilung für Luftverkehr. Vorsitzender: A. Plesmann, Dir. d. Kgl. Luftfahrt-Ges. und d. Kgl. Niederländ.-Ind. Luftfahrt-Ges.
II. Abteilung für Wissenschaft und Technik. Vorsitzender: Dr.-Ing. E. B. Wolff, Dir. d. Staatl. Versuchsanstalt für Luftfahrt.
III. Juristische Abteilung. Vorsitzender: Dr. jur. J. Wolterbeek Müller, Präsident d. jur. Komm. d. Kgl. Aero-Clubs.
IV. Medizinische Abteilung. Vorsitzender: Prof. Dr. J. Boeke, Präsident der mediz. Komm. d. Kgl. Aero-Clubs.
V. Abteilung für Flugsport. Vorsitzender: C. Kolff, Präsident des Aero-Clubs von Rotterdam.

Die Arbeit der I. Abteilung brachte eine Reihe vom elektrischen Standpunkt aus interessanter Vorträge und Diskussionen, von denen die wichtigsten hier kurz berichtet werden sollen[1].

Der Vortrag des Herrn van Braam van Vloten[2] (Leiter des Versuchsamtes der holländischen Küstenbefeuerung) „Die Befeuerung der Nachtflugstrecken" führte ein in die gesetzmäßigen Zusammenhänge zwischen Lichtstärke, Schwellenwert der Augenempfindlichkeit und Abstand der Feuer sowie in die Beziehung zwischen Lichtstärke, Blitzdauer und dem vom Vortragenden geschaffenen Begriff des Lichtwertes eines Blitzfeuers. Für viele Zwecke hält der Vortragende die Linsenoptik für günstiger als die Spiegeloptik; für letztere spricht der Vorteil des besseren Nutzeffektes und des niedrigeren Preises. Auf der von Amsterdam nach der deutschen Grenze führenden befeuerten Flugstrecke sind ein Spiegelfeuer und vier Linsenfeuer eingebaut, deren Eigenschaften besprochen wurden.

In dem Vortrag von Dr. F. Born (Osram G. m. b. H., Berlin) „Hochleistungs-Neonröhren und ihre Verwendung im Luftverkehr"[3] wurde ausgeführt, daß die neuen Hochleistungs-Neonröhren für direkten Netzspannungsanschluß hinsichtlich ihrer Lichtstärke und Leuchtdichte sowie hinsichtlich Einfachheit und erleichterter Wartung gegenüber den alten Neonröhren für Hochspannungsbetrieb einen großen Fortschritt darstellen. Einige für Luftverkehrszwecke besonders geeignete Typen solcher Hochleistungsröhren wurden beschrieben und eine Originalröhre der Osram G. m. b. H. Berlin im Betrieb vorgeführt. Die verschiedenen Anwendungsgebiete der Röhre wurden erörtert sowie ein Vergleich der Wirtschaftlichkeit der Hochleistungs-Neonröhren und elektrischen Glühlampen angestellt, der unter bestimmten mit der Praxis in Übereinstimmung befindlichen Voraussetzungen zugunsten der Neonröhren ausfällt.

In der lebhaften Diskussion, an der in erster Linie Herr Franck (französisches Luftfahrtministerium), Herr van Braam van Vloten und Freiherr von der Goltz (Leiter des Flughafens Hamburg) beteiligt waren, wurde angeregt, die Versuche in der Richtung weiterzuführen, daß die Röhren in den Brennpunkt eines Spiegels gesetzt und eine Konzentration des Lichtbündels erzielt werden kann.

Der Kongreß nahm in der Empfehlung 1[4] die Fortschritte, die mit diesen Leuchtröhren für Niederspannung erzielt sind, mit Interesse zur Kenntnis und brachte den Wunsch nach Fortsetzung der Versuche zum Ausdruck.

In der dem Kongreß vorgelegten Arbeit von Ch. E. Ward und Dr. W. M. Hampton „Die gegenwärtigen Anforderungen an die Beleuchtungsausrüstung von Flughäfen und Flugstrecken" wurde eine Übersicht über den Stand der Luftverkehrsbeleuchtung in Europa gegeben. Die Verfasser lehnten sich eng an das Ergebnis der Berliner Tagung des Studienkomitees für Flugverkehrsbeleuchtung der Internationalen Beleuchtungskommission an[5]. Sie stellten fest, daß die grundlegenden Gedanken in bezug auf die Befeuerung im Nachtflugwesen in allen Staaten die gleichen sind: Sicherung des Nachtflugverkehrs durch Schaffung möglichst lichtstarker Anlagen, jedoch innerhalb eines vernünftigen Kostenaufwandes und unter Voraussetzung sorgfältigster Konstruktion und Herstellung aller Beleuchtungsgeräte und Feuer. Die Schaffung von Einheitsgeräten und die Vereinbarung einheitlicher Lichtzeichen wurden als dringend erforderlich bezeichnet.

Einen wertvollen Beitrag zur Frage der Bodenorganisation bildete die dem Kongreß vorgelegte Arbeit von Major Mealing (britisches Luftfahrtministerium) „Die Bodenorganisation". Major Mealing erörterte die für die ordnungsgemäße Abwicklung bei Tage und während der Nacht erforderliche Ausrüstung eines Flughafens sowie der Flugstrecken. Seine Ausführungen über die zweckmäßigsten Beleuchtungs- und Befeuerungseinrichtungen stehen sachlich ebenfalls durchaus im Einklang mit den bereits erwähnten Beratungsergebnissen der Internationalen Beleuchtungskommission. Ferner wurden die Einrichtungen zur drahtlosen Übermittlung von Nachrichten meteorologischen und flugbetriebstechnischen Inhalts zwischen Flugzeug und Bodendienststellen behandelt. Er besprach die für die Sicherheit des Fliegens besonders im Nebel bereits vielfach bewährten Radioscheinwerfer, mit deren Hilfe eine zuverlässige Kurshaltung des Flugzeuges möglich ist.

Im Zusammenhang mit der Aussprache über die Befeuerung von Flughäfen und Flugstrecken kam es zu einer lebhaften Diskussion über die in Berlin vereinbarten „Vorläufigen Empfehlungen" der Internationalen Beleuchtungskommission[6]. Die Besprechung der Empfehlungen ergab, daß der Kongreß grundsätzlich den darin niedergelegten Gesichtspunkten zustimmt. Darüber hinaus wurde festgestellt, daß es von großem Interesse sei, mit möglichster Genauigkeit die vertikale Lichtverteilung von Blitzscheinwerfern festzulegen.

Die Sichtbarkeitskala, die in der Meteorologie für die Sichtbarkeitsverhältnisse am Tage definiert ist, sollte in ähnlicher Weise auch auf die Sichtbarkeit der Feuer während der Nacht ausgedehnt werden.

Schließlich wurde vorgeschlagen, die internationale Einführung einer Definition für die Lichtstärke von Scheinwerfern zu studieren in Zusammenarbeit mit der Vereinigung der Vorstände, Ingenieure und Konstrukteure im Seezeichenwesen.

Über den „Ausbau der Flughäfen" sprach Freiherr v. d. Goltz (Leiter des Flughafens Hamburg). Abgesehen von den rein bodentechnischen und wirtschaftlichen Fragen sind die Ausführungen über das Nachrichtenwesen und die Beleuchtungsausrüstung von großem Interesse. Der Nachrichtendienst erfolgt teils drahtlos, teils auf Kabeln. Die wichtigsten Flughäfen sind untereinander durch ein Kabelnetz verbunden. Bezüglich der Beleuchtungseinrichtungen betonte der Vortragende die Notwendigkeit der Vereinheitlichung der Zeichengebung in den verschiedenen Ländern. Für die Bezeichnung der Landebahn empfahl er die Beleuchtung mit lichtstarken Scheinwerfern, jedoch sollten auch die Flugzeuge mit Scheinwerfern versehen sein, die eine ausreichende Beleuchtung bei Notlandungen sicherstellen.

„Die amerikanische Flugstreckenpraxis" behandelte C. M. Young. In den V. S. Amerika sind 25 000 km Flugstrecken mit 1500 Flugstreckenscheinwerfern befeuert. 350 Hilfslandeplätze sind mit Beleuchtungseinrichtungen versehen. Sehr weit ausgebaut ist in Amerika die Flugsicherung durch Radioanlagen, die der Übermittlung von Wetterberichten, von Start- und Landemeldungen usw. dienen. Radioscheinwerfer ermöglichen die sichere Führung des Flugzeuges unter ungünstigen Wetterbedingun-

[1] Über die Arbeiten aus dem Gebiet der Radiotelegraphie, Radiotelephonie und Radiopeilung soll in der „Rundschau" referiert werden.
[2] Vgl. auch The Hydrographic Review 1924, Nr. 1, und De Ingenieur 1924, Nr. 5.
[3] Vgl. M. Pirani, ETZ 1930, S. 889.
[4] Die Ergebnisse der Verhandlungen wurden in Empfehlungen (Vœux) niedergelegt.
[5] Vgl. F. Born, ETZ 1930, S. 1202.
[6] Vgl. F. Born, Licht u. Lampe Bd. 19, S. 911 (1930).

Digitized by Google

gen. Radiomarken sind an gefährlichen Geländestellen und an der Kreuzung zweier durch Radioscheinwerfer bezeichneter Streckenabschnitte aufgestellt.

Ein großer Teil der Arbeit der Abteilung I erstreckte sich auf flugverkehrstechnische Fragen. R. S. Capon griff das interessante Problem der „Sicherung des Flugs und der Landung im Nebel" auf. Er beschrieb einige Methoden, die unter weitgehender Benutzung radiotechnischer Hilfsmittel nach seiner Ansicht in nicht allzulanger Zeit das Fliegen im Nebel erleichtern und die Nebellandung ermöglichen können.

N. Macmillan („Die Probleme des Luftverkehrs vom Standpunkt des Piloten") ging auf die Schwierigkeiten ein, die sich bei der Auswahl geeigneter Piloten ergeben. Er brachte eine Reihe von Hinweisen, wie die technische Erziehung des heutigen Piloten zu erfolgen hat.

Der Vortrag von Dipl.-Ing. W. Möller (Askania-Werke), „Kompaßübertragung und Kompaßsteuerung im Flugzeug", zeigte den schwierigen Entwicklungsweg, der bei der Herstellung eines verläßlichen selbsttätigen Steuergerätes zurückgelegt werden mußte. In der Empfehlung Nr. 3 des Kongresses wird der Wunsch zum Ausdruck gebracht, daß die vielversprechenden Arbeiten auf diesem Gebiete tatkräftig gefördert werden sollen. Es wurde besonders betont, daß selbsttätige Stabilisierungseinrichtungen nicht den Zweck haben dürfen, die Flugeigenschaften unstabiler Flugzeuge zu verbessern.

Die Vorträge der Herren Dir. Plesman (K. L. M.) und Dir. Wronsky (Deutsche Luft Hansa) behandelten sehr interessante, aber reine flugverkehrstechnische Fragen.

Die Arbeit der Abteilung für Wissenschaft und Technik erstreckte sich vornehmlich auf Flugzeugkonstruktion, Flugeigenschaften, Stabilität, Aerodynamik usw. Ferner wurden die verschiedenen Antriebsmittel behandelt, wasser- und luftgekühlte Motoren, Brennstoffe und Schmiermittel. In das Arbeitsgebiet gehörten weiterhin alle Arbeiten über Instrumente und Apparate für Luftnavigation und schließlich meteorologische Probleme.

Die Juristische Abteilung beschäftigte sich vornehmlich mit Fragen des Völkerrechts, der Oberhoheit der Staaten, des Verwaltungsrechtes und des Privatrechtes.

Sehr anregend waren dann die Arbeiten der Medizinischen Abteilung über Physiologie, Sauerstoffversorgung, über Gesundheitsprobleme, Sanitätsdienst usw.

Die Abteilung für Flugsport klärte vorwiegend Fragen des internationalen Flugsportes, ferner der Ausbildung und Prüfung der Sportflugschüler.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß auf diesem Kongreß ein großer Teil der für das Flugwesen zur Zeit brennenden Fragen eine sehr begrüßenswerte Förderung und Klärung erfahren hat. Auf der Schlußsitzung wurde vereinbart, daß die nächste Tagung im Jahre 1934 in Paris stattfinden soll.

Vielfachrundfunk auf einer Ultrakurzwelle.

Von **Manfred von Ardenne**, Berlin.

Übersicht. Die hier beschriebene Methode eines Vielfachrundfunks auf einer Ultrakurzwelle unterscheidet sich von dem vom Verfasser in einem früheren Vortrag vor dem Elektrotechnischen Verein[1] gemachten Vorschlag dadurch, daß auf die Wiederausstrahlung der Hochfrequenzen verzichtet wird. Die verschiedenen einer Ultrakurzwelle aufmodulierten Hochfrequenzen werden nicht in einer Zentrale, sondern vom Teilnehmer selbst durch einen Stufengleichrichter entnommen. Der Teilnehmer kann auf diese Weise nach Vorschaltung des Gleichrichterzusatzes die Selektion und Verstärkung eines Rundfunkgerätes voll ausnutzen. Die vorliegende Arbeit wurde durch die Besprechung[1] des oben genannten Vortrages insofern beeinflußt, als der Verfasser erkannt hat, daß das Bestehen einer gewissen Flackerzone für die ausgestrahlten Wellen als schwerwiegender Nachteil beurteilt wurde. In der vorliegenden Form, die den Vorteil hat, im wesentlichen auch praktisch untersucht zu sein, fallen diese Bedenken fort.

Der Ausdruck Vielfachrundfunk soll eine Rundfunktechnik bezeichnen, welche dem einzelnen Teilnehmer regelmäßig die Möglichkeit gibt, mehr als ein Programm wahlweise aufzunehmen. Das Streben nach einer solchen Weiterentwicklung im Rundfunk hat gerade in jüngster Zeit wiederum zwei technische Vorschläge gezeitigt: das Ultrakurzwellenprojekt nach Esau und das Feldverstärkungssystem des Verfassers. Bei dem Vorschlage des Verfassers[1] war der leitende Grundgedanke der, ohne jede Veränderung an den vorhandenen Rundfunkempfängern und ohne Belegung neuer Wellen Vielfachrundfunk einzuführen. Es haften daher dieser Methode naturgemäß die charakteristischen Schwierigkeiten des Gleichwellenbetriebes an, welche vor allem in dem Auftreten von Interferenzzonen in der Umgebung der Relaissender liegen. Allerdings sind sie hier durch die Energieverhältnisse stark gemildert.

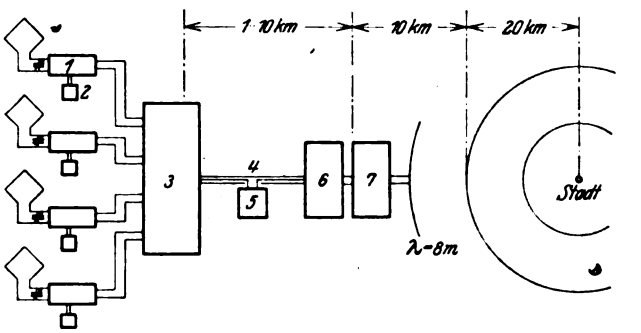
Der Ultrakurzwellen-Rundfunk ist bereits ins Versuchstadium gekommen. Die Aufnahme einer 9 m-Welle hat sich nach G. Leithäuser überall in der Großstadt als durchführbar erwiesen. In der heutigen Form hat die Ultrakurzwellen-Methode jedoch den Nachteil, daß die vorhandenen Rundfunkempfänger nur zum Teil, nämlich auf der Niederfrequenzseite ausgenutzt werden können. Der gesamte Hochfrequenzteil der Geräte (Selektionsmittel, Rückkopplung und Verstärker umfassend) bleibt unausgenutzt, und man ist auf die an sich unempfindlichen Empfangsmethoden für ultrakurze Wellen angewiesen. Die natürliche Dämpfung von Ultrakurzwellen-Kreisen ist groß; Entdämpfung ist mit bequemen Mitteln nicht herstellbar. Ein Vielfachrundfunk durch Einsatz mehrerer Ultrakurzwellen mit je einem Programm stößt auf Selektionschwierigkeiten beim Empfang und ist nur mit schwer bedienbaren Mehrkreis- oder Rückkopplungsgeräten zu erreichen. Der Verfasser macht daher auf Grund der bisherigen Mitteilungen den folgenden Vorschlag, welcher die geschilderten Nachteile der beiden erwähnten Verfahren umgeht und bereits praktisch ausprobiert ist.

[1] Vortrag, gehalten in einer gemeinsamen Sitzung des Elektrotechnischen Vereins und der Heinrich-Hertz-Gesellschaft in Berlin am 21. X. 1930. Bericht über Vortrag und Besprechung auf S. 1632 dieses Heftes.

Die Hochfrequenz-Zwischenwelle. Mehrfachmodulation.

a) Allgemeines.

Der ultrakurze Träger wird nicht direkt mit Niederfrequenz besprochen, sondern mit einer Rundfunkfrequenz zwischen 2000 und 300 m moduliert, welche ihrerseits Träger der Niederfrequenz ist. Die Ultrakurzwelle ist also zweifach moduliert. Es ist gelungen, gleichzeitig mehrere solcher Zwischenwellen auf die Ultrawelle aufzumodulieren, wobei die Zwischenwellen verschiedene Sprachmodulationen tragen.



1 Bandfilter-Hochfrequenzverstärker
2 Fadingausgleich
3 aperiodischer Hochfrequenz-Kraftverstärker
4 Energieleitung
5 aperiodischer Zwischenverstärker
6 mit Niederfrequenz am Ort modulierter Hochfrequenzsender u. aperiodischer Verstärker
7 Ultrakurzwellensender

Abb. 1. Schema einer Anlage für gleichzeitige Übertragung von mehreren Fernstationen oder mehreren Programmen.

Auf der Empfangseite befindet sich ein einziger einfacher Gleichrichter für die Ultrafrequenz, z. B. ein Detektor. Hinter diesem Gleichrichter kann man auf sämtliche Zwischenwellen mit Rundfunkkreisen abstimmen. Man kann daher den Detektorausgang mit einem normalen Rundfunkapparat koppeln und auf diesem nach Wahl die Zwischenwelle selektiv abstimmen und zur gewünschten Niederfrequenz demodulieren. Man hat dabei folgende Vorteile: 1. Mehrfachprogramm ohne Einsatz mehrerer Ultrawellen, 2. Ausnutzung der großen Hochfrequenzempfindlichkeit und der Rückkopplungsfähigkeit des Empfängers, 3. Verwendbarkeit des unabgeänderten vollständigen Rundfunkgerätes

Digitized by Google

in seiner Gesamtheit zusammen mit einem einfachen Gleichrichtervorsatz, 4. einfache Bedienung auch bei Mehrfachprogramm, 5. Störungen durch die Beanspruchung der Ultrakurzwelle sind an anderen Orten infolge der geradlinigen Ausbreitung nicht zu erwarten.

Steht zur Übertragung unmittelbar Niederfrequenz zur Verfügung, so muß am Sender die passend gewählte Zwischenwelle künstlich erzeugt werden. Bei Fernempfangsübertragungen dagegen kann

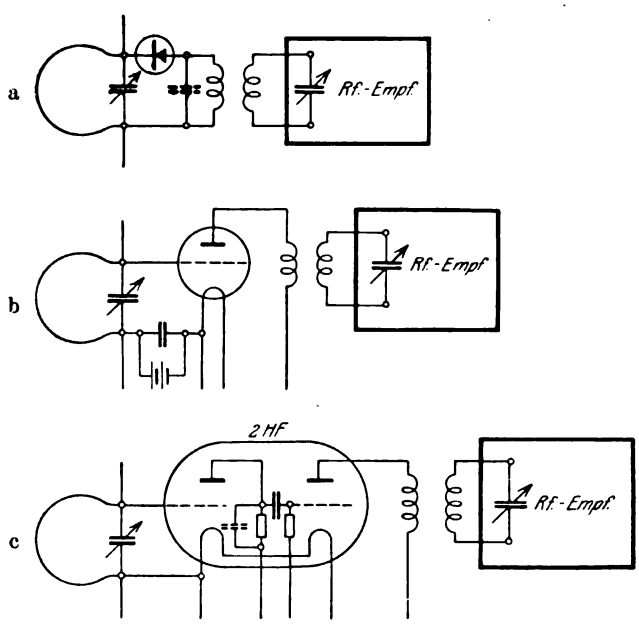


Abb. 2. Schaltungen zur Demodulation einer mit mehreren Hochfrequenzen modulierten Ultrakurzwelle.

wie bei der erwähnten Methode der Feldverstärkung direkt die verstärkte, an störfreien Punkten aufgenommene Rundfunkträgerwelle auf den Ultrasender aufmoduliert werden. Man erzielt dadurch eine Fernempfangsübertragung, welche 1. von einer zweifachen Gleichrichterverzerrung durch Niederfrequenzmodulation frei ist und 2. den extrem kleinen Störspiegel der auswärtigen Empfangszentrale hat, da ja bei der Ultrawellenaufnahme praktisch kein zusätzlicher Störspiegel hinzukommt. Abb. 1 zeigt schematisch eine solche Anlage. Der Ultrasender strahlt z. B. aus geeigneter Entfernung und Höhe schwach gebündelt ein homogenes starkes Feld über das Stadtgebiet oder ist unmittelbar in der Stadt angeordnet. Die Empfangszentrale befindet sich hier in einem gewissen Abstand vom Sender, um Beeinflussungen zu vermeiden, die bei den Erdungschwierigkeiten leicht vorkommen.

b) Physikalische Grundlagen.

1. Die Seitenbandbreite. — Auf 9 m-Trägerwellen beträgt die Verstimmung bei Übertragung der kürzesten Rundfunkwelle von 200 m nur 4 %; die Halbwertbreite normaler Ultrakurzwellenkreise mit Detektor ist ein Vielfaches davon, daher erscheinen hinter dem Gleichrichter alle Zwischenwellen im ursprünglichen Stärkeverhältnis.

2. Die Energieverhältnisse. — Ein Ultrakurzwellensender werde für gleichzeitige Übertragung von 5 Zwischenwellen bemessen; die Amplituden dieser Wellen seien demnach höchstens mit $^1/_5$ seiner Maximalamplitude angesetzt. Um zeitweilige Übersteuerung zu vermeiden, mögen nur 3 oder 4 Zwischenwellen übertragen werden. Wird jede dieser Wellen 20prozentig niederfrequent moduliert, so müßte der Sender also die 25fache Strahlungsleistung haben wie ein Sender, welcher nur mit einer Niederfrequenz 20prozentig moduliert ist, um hinter einer einfachen Gleichrichtung bis zur Niederfrequenz die gleiche Niederfrequenzamplitude zu geben. Hierdurch scheint eine Grenze für die Zahl der übertragbaren Zwischenwellen gezogen zu sein. Praktisch liegen die Dinge günstiger, denn durch die Möglichkeit, die Zwischenwellen am Empfangsort hochfrequent zu verstärken, kann man die geringere Empfangsleistung pro Komponente der Ultrawelle ausgleichen und sogar überkompensieren. Ferner bedeutet die erforderliche Vergrößerung der Ultrafrequenzenergie eine wesentliche Verbesserung für den Wirkungsgrad des ersten Gleichrichters, die allen Komponenten zugute kommt. Die Verhältnisse sind im wesentlichen analog den bei Zwischenfrequenzempfängern üblichen.

Praktische Erfahrungen mit Zwischenmodulation von Ultrakurzwellen.

Die Mehrfachmodulation von ultrakurzen Wellen mit verschiedenen modulierten Hochfrequenzen wurde mit gutem Erfolg durchgeführt. Als Empfänger für sukzessive Gleichrichtung (Stufengleichrichtung), d. h. als Vorsatzgeräte für die Rundfunkempfänger, wurden folgende untersucht (s. Abb. 2):

a) Detektor,
b) Einröhrenschaltung,
c) Zweifach-Hochfrequenzröhre mit Widerstandskopplung.

Die Detektorschaltung, die unempfindlichste der drei Schaltungen, unterscheidet sich von der bekannten Detektor-Telephonschaltung nur durch den Ersatz der Kombination Telephon—Blockkondensator durch eine Hochfrequenzkopplung mit einem Zwischenfrequenz-Schwingungskreis. Der Detektor kann direkt in einen abgestimmten Dipol eingeschaltet sein. Der Einröhrenvorsatz ist ein Richtverstärker, an dessen Gitterkreis der abgestimmte Ultrafrequenzkreis und die entsprechende negative Gittervorspannung, in dessen Anodenkreis der Zwischenfrequenz-Schwingungskreis bzw. sein Hochfrequenztransformator liegen. Die Ankopplung kann wegen der geringeren Pseudodämpfung ohne Verlust an Abstimmschärfe sehr fest gemacht werden.

Als empfindlichste Vorsatzeinrichtung erwies sich eine Zweifach-Hochfrequenzröhre. In Abb. 2c ist diese Schaltung im Empfänger gezeichnet. Das erste System einer Loewe-Zweifachröhre arbeitet für Ultrafrequenz in optimaler Kurzschlußgleichrichtung, während sich die Zwischenwellen an dem für sie kapazitätsarmen Anodenwiderstand von 30 000 Ω gleichmäßig stark ausbilden und in der zweiten Stufe aperiodisch noch 10fach verstärkt werden. Welche der drei einfachen Vorsatzschaltungen zu wählen ist, hängt von der Feldstärke der Kurzwelle, den örtlichen Verhältnissen und der Empfindlichkeit des zur Verfügung stehenden Röhrengerätes ab.

Die Versuche haben gezeigt, daß wesentliche Schwierigkeiten auf der Sende- und Empfangseite nicht mehr bestehen. Mit Rücksicht auf die Tatsache, daß bei dieser Methode die bestehenden Röhrenempfangsanlagen ohne jede Änderung oder Umschaltung für einen Vielfachrundfunk in der Großstadt geeignet werden, wird es sich empfehlen, die bereits durchgeführten Versuche mit großen Leistungen zu wiederholen.

Mitteilungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

Bekanntmachung über Prüfungen und Beglaubigungen durch die Elektrischen Prüfämter[1].

Nr. 287.

Auf Grund des § 10 des Gesetzes vom 1. VI. 1898, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, werden den Systemen $\overline{|131|}$ und $\overline{|141|}$ folgende Elektrizitätszählerformen als Zusatz eingereiht.

I. Zusatz zu System $\overline{|131|}$, die Formen J6f, J6Ef, J6fmk, J6Efmk, TJ6f, TJ6Ef, UJ6f, UJ6Ef, J6ft, J6Eft, J6ftmk, J6Eftmk, TJ6ft, TJ6Eft, UJ6ft, UJ6Eft, Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom,

II. Zusatz zu System $\overline{|141|}$, die Formen D 2/3 und D 2/4, Induktionszähler für mehrphasigen Wechselstrom,

sämtlich hergestellt von der **Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft** in Berlin.

Berlin-Charlottenburg, den 16. IX. 1930.

Der Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.
Paschen.

Beschreibung.

I. Zusatz zu System $\overline{|131|}$,

die Formen J6f, J6Ef, J6fmk, J6Efmk, TJ6f, TJ6Ef, UJ6f, UJ6Ef, J6ft, J6Eft, J6ftmk, J6Eftmk, TJ6ft, TJ6Eft, UJ6ft, UJ6Eft, Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom, hergestellt von der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft in Berlin.

Die durch die Bekanntmachung Nr. 275 vom 7. IX. 1929 (ETZ 1929, S. 1698) zur Beglaubigung zugelassenen

[1] Reichsministerialblatt 1930, S. 557.

Digitized by Google

Wechselstromzähler der Formen J 6, J 6 E, J 6 m k, J 6 E m k, T J 6, T J 6 E, U J 6 und U J 6 E des Systems 181 werden auch mit einer Vorrichtung zur Feineinstellung der Bremskraft des Magneten versehen hergestellt. Die Vorrichtung besteht darin, daß ein am Magneten angebrachter drehbarer Regulierflügel durch eine Regulierschraube in seiner Stellung zu den Magnetpolen verändert werden kann. Die Formzeichen der Zähler dieser Ausführung unterscheiden sich von den entsprechenden Formzeichen der bisher zugelassenen Zähler durch ein angehängtes bzw. eingefügtes f. Sie führen demnach die Formzeichen: J 6 f, J 6 E f, J 6 f m k, J 6 E f m k, T J 6 f, T J 6 E f, U J 6 f und U J 6 E f. Die Zähler können für die gleichen Meßbereiche wie die bisher zugelassenen Ausführungsformen beglaubigt werden.

Gleichzeitig können diese mit der Vorrichtung zur Feineinstellung der Bremskraft versehenen Zähler auch noch mit einer Vorrichtung ausgerüstet sein, die dazu dient, die Abhängigkeit der Zählerangaben von Temperaturänderungen herabzusetzen. Diese Vorrichtung besteht darin, daß an dem Bremsmagneten ein magnetischer Nebenschluß aus einem Material angebracht ist, dessen magnetische Durchlässigkeit von der Temperatur abhängig ist. Die Zähler dieser Ausführung führen in ihren Formzeichen zur Unterscheidung von den durch die Bekanntmachung Nr. 275 zugelassenen Ausführungsformen die Buchstabengruppe f t. Ihre Formbezeichnungen lauten demgemäß: J 6 f t, J 6 E f t, J 6 f t m k, J 6 E f t m k, T J 6 f t, T J 6 E f t, U J 6 f t und U J 6 E f t. Die Zähler können für die gleichen Meßbereiche wie die bisher zugelassenen Ausführungsformen beglaubigt werden.

II. Zusatz zu System 141,

die Formen D 2/3 und D 2/4, Induktionszähler für mehrphasigen Wechselstrom, hergestellt von der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft in Berlin.

Die durch die Bekanntmachung Nr. 236 vom 16. V. 1927 (ETZ 1927, S. 1078) zur Beglaubigung zugelassenen Induktionszähler für mehrphasigen Wechselstrom der Form D des Systems 141 werden in unveränderter Ausführung bei Verwendung in Drehstrom-Vierleiteranlagen, wenn nur zwei Hauptleiter und der Nulleiter in die Installation eingeführt sind, und in verketteten Zweiphasenanlagen unter der Formbezeichnung D 2/4 hergestellt. Die Zähler der Formen D 2/3 und D 2/4 können für die gleichen Meßbereiche beglaubigt werden, wie sie in der Bekanntmachung Nr. 236 für die Zähler der Form D angegeben sind.

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

Schwelkraftwerke. — Englische Ingenieurkreise veranstalteten kürzlich eine Tagung, die sich mit der Tieftemperaturverkokung von Brennstoffen unter besonderer Berücksichtigung der Kupplungsmöglichkeiten mit Elektrizitätswerken befaßte.

Über die Möglichkeit der Kupplung von Schwelanlagen und Kraftwerken in Deutschland, besonders über die Mög-

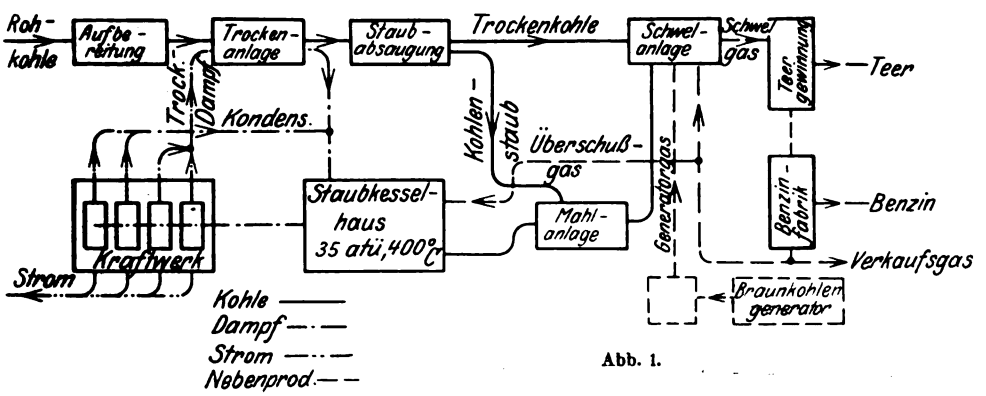


Abb. 1.

lichkeiten bei der Braunkohle, berichtete R o s i n. Er stellte eingangs fest, daß die Schwelerei für Deutschland wegen des geringen Vorkommens mineralischer Öle von außerordentlicher Bedeutung ist. Die Grundbedingung für eine Kupplung von Schwel- und Kraftwerkanlagen ist jedoch die, daß durch den Verschwelungsprozeß die Kraftwerk-Erzeugungskosten geringer als bei Verfeuerung irgendeines anderen verwendbaren Brennstoffes werden müssen.

Die in Deutschland in den Rohbraunkohlen-Kraftwerken verbrauchten erheblichen Kohlenmengen haben einen derartigen Teergehalt, daß eine Wirtschaftlichkeit vorgeschalteter Schwelanlagen möglich ist. Errichtet wurde ein derartiges Braunkohlen-Schwelkraftwerk erstmalig in Deutschland, u. zw. in Wölfersheim durch das Braunkohlenschwelwerk Hessen-Frankfurt (Hefrag), Frankfurt a. M. Die allgemeine Anordnung der Anlage geht aus Abb. 1 hervor. Die Anlagekosten neuzeitlicher Braunkohlen-Kraftwerke betragen in Deutschland ungefähr 250 ... 300 RM für 1 ausgebautes kW. Eine Schwelanlage würde diesen Betrag ungefähr um den gleichen Satz erhöhen. Dieses hohe zusätzliche Anlagekapital bedingt, daß Schwelkraftwerke nur als Grundlastkraftwerke arbeiten können. Unter der Annahme, daß eine derartige Anlage eine jährliche Benutzungstundendauer von 3500 und eine Teerausbeute, bezogen auf das Rohkohlengewicht, von 7 % aufzuweisen hätte, würden sich die Einnahmen aus der Elektrizitätsabgabe ungefähr zweimal so hoch stellen wie die aus dem Teerverkauf. In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, daß die Strompreise wahrscheinlich viel stetiger sein werden als die Teer- und Ölpreise, welche außerordentlichen Schwankungen unterworfen sein können. Aus diesem Grunde muß die Wirtschaftlichkeit von Schwelkraftwerken vor allen Dingen auf dem Stromabsatz aufgebaut sein.

Den amerikanischen Standpunkt kennzeichnete M c - E w e n. Aus verschiedenen Gründen sind die wirtschaftlichen Grenzen einer dem Kraftwerk vorgeschalteten Schwelanlage viel enger als die einer Schwelanlage mit Kokserzeugung für Hausbrandzwecke. Eine Kraftwerk-Schwelanlage muß, um ihren Zweck zu erreichen, billig in den Anlagekosten sein und für die verkaufbaren Nebenprodukte einen möglichst hohen Erlös einbringen. Letzteres ist nur möglich, wenn sich das anfallende Gas als Stadtgas absetzen läßt, da für dieses in Amerika ein guter Preis bezahlt wird. Die Gasausbeute muß daher so hoch getrieben werden, wie es mit Rücksicht auf die Güte des Schwelkokses gerade noch möglich ist. Es ist jedoch erforderlich, auch die erzielbaren Erlöse von Gas und Teer zu vergleichen, da eine hohe Gasausbeute auf Kosten der Teerausbeute geht. Der Absatz von Gas setzt naturgemäß ein enges Zusammenarbeiten zwischen den Schwelkraft- und städtischen Gaswerken voraus.

McEwen berichtet dann über eine Schwelanlage von 200 t Tagesdurchsatz, die nach den McEwen-Runge-Verfahren dem Lakeside-Kraftwerk der Milwaukee Electric Railway and Light Co. vorgeschaltet ist[1]. Auch bei dieser Anlage wird angestrebt, aus einem staubförmigen bituminösen Brennstoff eine möglichst hohe Gasausbeute zu erzielen.

Die Analyse der verwendeten Rohkohle ergibt einen Brennstoff, der in seiner Zusammensetzung ungefähr unserer Ruhrgaskohle entspricht.

Trotzdem nun bei dem Lakeside-Schwelkraftwerk die Möglichkeit bestand, das anfallende Gas an ein benachbartes Konzerngaswerk abzusetzen, scheiterte dieser Plan an dem geringen Heizwert von 2480 kcal/m³ und an dem außerordentlich hohen spezifischen Gewicht des Gases. Der ganze Schwelprozeß muß demnach durch Einführung eines anderen Heizmittels derartig umgestaltet werden, daß sich ein verkaufsfähiges Gas ergibt. Zahlen über die Wirtschaftlichkeit der Anlage werden leider an dieser Stelle

[1] S. A. T h a u, Die Verschwelung von Braun- und Steinkohle. S. 426; Brennstoffchemie 1929, S. 267.

Digitized by Google

nicht gegeben. Auch McEwen vertritt den Standpunkt, daß ein Schwelkraftwerk im allgemeinen als Grundlastkraftwerk arbeiten sollte. Vor allen Dingen muß für die Schwelanlage eines derartigen Kraftwerkes eine gleichmäßige Belastung erreicht werden.

Über die entsprechenden englischen Verhältnisse erstatteten E. H. Smythe und E. G. Weeks, die Schöpfer der Schwelanlage des Dunston-Kraftwerks der Newcastle-upon-Tyne Electric Supply Co., Bericht. Für Großbritannien haben die Kraftwerkschwelanlagen eine besondere Bedeutung. Dieses Land ist nämlich nur auf die Steinkohle als Energiequelle angewiesen. Die wenigen ausnutzbaren Wasserkräfte können höchstens 5 % des gesamten Energiebedarfs decken. Aus diesem Grunde besteht für die wirtschaftliche Ausnutzung des Hauptenergieträgers ein besonderer Anreiz. Weiter ist infolge des in den letzten Jahren durchgeführten planmäßigen Verbundbetriebes in der englischen Elektrizitätswirtschaft und der dadurch bedingten Schaffung von ausgesprochenen Grundlast-Wärmekraftwerken eine besonders günstige Vorbedingung für die Verkupplung von Schwel- und Kraftwerken geschaffen.

Bei dem Dunston-Kraftwerk waren die beiden Aufgaben:

1. die Rohkohle durch Gewinnung der wertvollen Nebenprodukte besser auszunutzen sowie hierdurch
2. die Energieerzeugungskosten des Kraftwerkes zu senken.

Als Kohlensorte stand, wie bei den meisten englischen Kraftwerken, nichtverkokbare Northumberland-Kohle zur Verfügung, deren Feuchtigkeitsgehalt zwischen 6 und 10 % schwankt. Der Gehalt an flüchtigen Bestandteilen beträgt bei 6 % Feuchtigkeit 31 %.

In ihrer chemischen Zusammensetzung sowie nach ihrem Gehalt an flüchtigen Bestandteilen entspricht die verwendete Kohle unserer Ruhr-Gasflammkohle.

Die Arten und Mengen der beim Dunston-Schwelkraftwerk außer dem Halbkoks gewonnenen Nebenprodukte gehen aus der folgenden Zusammenstellung hervor:

	Menge auf 1 t durchgesetzter Rohkohle l	Verkaufswert RM
Motoren-Treibstoff	4,47	1,17
höhersiedender Treibstoff	4,47	1,00
wasserdampfdestilliertes Kreosot	26,80	4,02
Schwerkreosotöl	10,73	0,90
niedrigsiedende Teersäure	1,79	0,67
Pech	22,30	1,22
		8,98

Die Bilanz des ganzen Verfahrens zeigt folgendes Bild:

	Gewicht %	Heizwert %	Verkaufswert 1 t Kohle = 100 %
Halbkoks und Gas für Dampferzeugung	76	76	76
sonstige Nebenprodukte	7,36	11	81
Verlust und Eigenverbrauch	16,64	13	—
	100,00	100	157

Die Schwelanlage des Dunston-Kraftwerkes besteht heute aus 2 Retorten von je 30 t und einer Retorte von 60 t Tagesdurchsatz. Die Erfahrungen mit der Anlage sind derart günstig, daß z. Z. eine weitere 60 t-Retorte aufgestellt wird. Entwürfe über eine zukünftige Erweiterung um 3 Retorten von je 160 t Tagesdurchsatz sind bereits fertig[1].

Die wirtschaftliche Verwendung für das bei der Schwelerei anfallende Gas läßt sich nur von Fall zu Fall ermitteln. (J. Inst. El. Engs. London Bd. 68, S. 205.) *Krf.*

Leitungen.

Feuchtraumleitung. — Die besonderen Gefahrenquellen, die die Feuchtraum-Installationen darstellen, haben die Land- und Seekabelwerke AG., Köln-Nippes, veranlaßt, mit einer neuen Feuchtraumleitung auf den Markt zu kommen, die die Bezeichnung F-Leitung führt. Es ist eine Bleimantelleitung (Abb. 2) mit einer besonderen Isolierung zum Schutze gegen die Gefährdungen durch Berührungsspannung. Die Isolierhüllen der Einzeladern sowie die gemeinsame Isolierhülle der Adern bestehen aus Gummi. Über der letzteren folgt ein nahtloser, enganschließender Bleimantel. Es kann sich also weder Kondenswasser im Innern der Leitung bilden, noch können, selbst wenn die Leitung dauernd und in starkem Maße Feuchtigkeitsdämpfen oder Wasser ausgesetzt ist, diese in die Leitung gelangen.

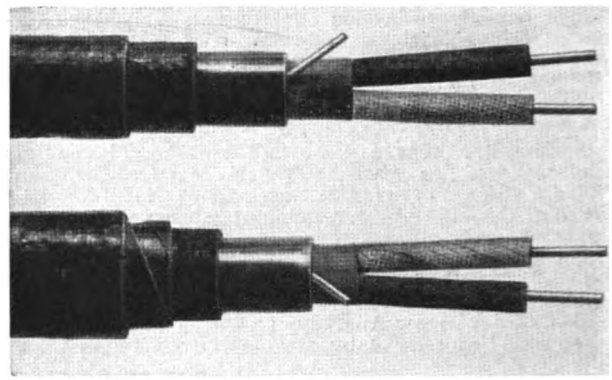


Abb. 2. Feuchtraumleitung ohne (oben) und mit Bewehrung (unten).

Im Gegensatz zu gewöhnlichen Bleimantelleitungen ist bei der neuen F-Leitung unmittelbar über dem Bleimantel eine einwandfreie und vollwertige Isolierschicht zum Schutze gegen Berührungsspannungen angeordnet. Diese Schicht ist ihrerseits selbst wieder feuchtigkeitsbeständig, so daß sie ihre isolierende Eigenschaft auch bei dauernder Einwirkung von Nässe nicht einbüßt. Bei den unbewehrten F-Leitungen folgt über der genannten Isolierschicht eine vollkommen und aufs sorgfältigste durchtränkte Schutzumflechtung. Diese säure- und wetterbeständige Hülle ist ohne zu schmieren oder übermäßig zu kleben so geschmeidig, daß sie beim Biegen der Leitung weder rissig wird noch abbröckelt. Beim bewehrten Typ der F-Leitung liegen zwischen der Isolierschicht über dem Bleimantel und der äußeren Schutzumhüllung noch 2 Lagen von dünnem Bandeisen, das mit einem Rostschutz versehen ist. *fi*

Ölgefüllte Kabel. — Ausgehend von den guten Erfahrungen, die man in Amerika mit den ölgefüllten 132 kV-Kabeln gemacht hat, ist diese Kabeltype erfolgreich weiterentwickelt worden, u. zw. mit dem ausdrücklichen Ziel und Ergebnis der Vereinfachung der gesamten Verlegung, Installation usw. Eigens für Studienzwecke wurde eine Dreiphasen-Kabelanlage für 33 kV errichtet und ein neues System angewendet. Die Kabellängen wurden nämlich nicht wie bisher vor dem Transport entleert, sondern blieben ölgefüllt; durch in die Kabeltrommeln eingebaute Öldruckbehälter wurde der Öldruch ständig aufrechterhalten, das Eindringen von Luft und Feuchtigkeit mit Sicherheit vermieden und der sehr wesentliche Vorteil erzielt, daß bei der Verlegung Einrichtungen zum Evakuieren und Füllen überflüssig wurden. Die Ölkanäle liegen nicht im Innern der Leiter, sondern es sind in den Beilaufräumen besondere, etwa 1 cm im Durchmesser messende Kupferrohre vorhanden, die dem Öl freien Fluß quer zur Achse gestatten. Das hat den großen Vorteil, daß die Ölzuleitungen mit Zubehör nicht mehr wie bisher unter Hochspannung stehen, sondern Erdpotential haben. Bei Einfachkabeln liegen diese Ölkanäle unmittelbar unter dem Bleimantel. Ein dünnes Stahlband hält die Kabelseele zusammen. Die Öldruckregelung geschieht in der Weise, daß jede Länge einen Ölbehälter hat; die einzelnen Längen sind nicht völlig dicht gegeneinander abgeschlossen, weil befriedigende Konstruktionen von dichten Abschlußvorrichtungen nicht vorhanden sind. Statt dessen benutzte man mit bestem Erfolg schwach durchlässige Abschlüsse, bei denen zwischen Preßplatten befindlicher Kork den Raum zwischen dem Bleimantel und dem um jeden Leiter gewickelten Metallband dicht abschließt, aber dem Öl durch die Isolation und zwischen den Drähten der Leiter hindurch ein langsames Durchsickern ermöglicht. Damit läßt sich in anschließenden Kabellängen gleicher Öldruck aufrechterhalten, und man hat bei der Installation den Vorteil, ungehindert an den Enden der gefüllten Kabellängen arbeiten zu können. Tritt eine Undichtigkeit am verlegten Kabel auf, so verliert nur die betroffene Länge wesentlich an Öl und braucht nur allein ausgewechselt zu werden, da es Stunden dauert, bis die anschließenden Län-

[1] Über den konstruktiven Aufbau der Anlage siehe u. a. Die Wärme 1929, S. 120.

Digitized by Google

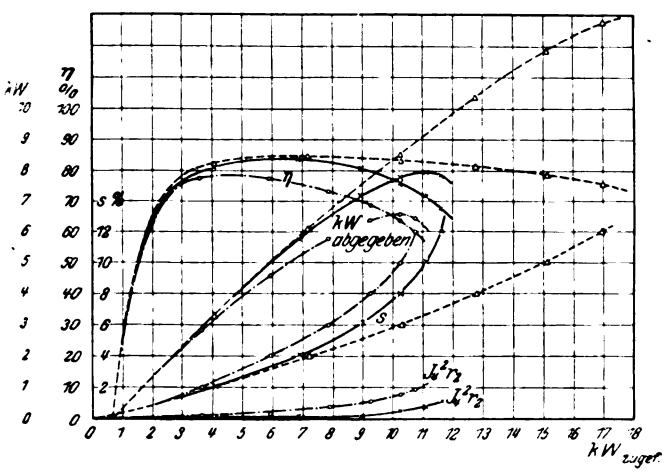
gen merklich Öl in das auslaufende Stück abgeben. Für die Bemessung der Ölbehälter unter Berücksichtigung der topographischen und der Temperaturverhältnisse im einzelnen Fall gibt ein theoretischer Abschnitt des Aufsatzes Formeln. Das Versuchskabel hat an Stelle des bisher vielfach üblichen Doppelbleimantels einen einfachen aus Blei mit 2 % Zinn erhalten. Der Aufsatz enthält dann noch Angaben über den Lageplan des Versuchskabels, über Garantie und Meßwerte der elektrischen Größen und Einzelheiten für die Installation der Muffen, Ölbehälter usw. und den Zeitaufwand für die Muffenherrichtung, wegen deren auf die Originalarbeit verwiesen wird. (G. B. Shanklin und V. A. Sheals, El. World Bd. 93, S. 97.) *Eg.*

Hochspannungskabel-Probleme. — In einem kurzen Überblick über die mannigfaltigen, an zahlreichen Stellen durchgeführten Untersuchungen zur Klärung der Probleme in der Hochspannungskabel-Technik streifen Davis und Eddy die verschiedenen Meßmethoden, mit deren Hilfe man sich ein Urteil über die Güte des Dielektrikums zu verschaffen sucht. Bei der sehr knappen Behandlung der einzelnen Hauptthemata (Lebensdauerprüfung bei Überspannung, Ionisationsprüfung, Wahl geeigneten Papiers, Zusammensetzung der Tränkmasse, Hohlraumbildung, Bedeutung des Feuchtigkeitsgehaltes) empfiehlt sich ein näheres Eingehen auf Einzelheiten nicht, zumal da die Verfasser absichtlich von zusammenhängenden Erörterungen zum mitgeteilten Beobachtungsmaterial abgesehen haben. Zweck ihrer Zusammenstellung[1] ist es, Diskussionsbeiträge zu schaffen, denn sie halten es für an der Zeit, das angehäufte Beobachtungsmaterial einer Generalerörterung zu unterziehen.

Bemerkenswert erscheint ein Ansatz zur theoretischen Erfassung der Zusammenhänge zwischen der Hohlraumbildung, der Ionisierung und dem Feuchtigkeitsgehalt der Tränkmasse. (Davis und Eddy, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 48, S. 52.) *Eg.*

Elektromaschinenbau.

Einphasen-Induktionsmotor mit Kondensatoren in der Hilfsphase. — Der Einphasen-Induktionsmotor kann durch Anordnung von Kondensatoren in der Hilfsphase die Anlauf- und Betriebseigenschaften des Zweiphasenmotors nahezu völlig erreichen und gleichzeitig seinen Verbrauch an Magnetisierungsleistung durch Aufnahme kapazitiver



— · — · — Einphasenmotor
— — — — Zweiphasenmotor
——— Einphasenmotor mit Hilfsphase

Abb. 3. Kennlinien eines als Einphasenmotor geschalteten Drehstrommotors von 8 kW.

Blindleistung kompensieren. Aus den hier nicht wiedergegebenen Gleichungen der Ortsdiagramme läßt sich entnehmen, daß der Verlauf der Phasenströme des betrachteten Motors im Gegensatz zum gewöhnlichen Einphasenmotor sich nicht mehr durch einen Kreis mit $s(2-s)$ als Veränderlicher darstellen läßt, da außer $s(2-s)$ noch $(1-s)$ als Variable erscheint; der Motor verhält sich also nicht nach beiden Drehrichtungen gleichmäßig. Die Gleichung des Netzstromes beschreibt dagegen einen Kreis mit der Veränderlichen $s(2-s)$, d. h. für Rechts- und Linkslauf bedeutet der Motor bei gleichem Schlupf dieselbe Netzbelastung.

Aus den Gleichungen für die Ortsdiagramme läßt sich der Kurvenverlauf punktweise bestimmen. Es ergibt sich, daß sich die Primärstrom-Diagramme in den Punkten $s = 0$ und $s = 2$ sehr eng an je einen Kreis anschmiegen. Die Gleichungen dieser Kreise werden aus einer Näherungsbetrachtung gewonnen.

Unmittelbar kann man aus den Diagrammen nur zu einem bestimmten Schlupf gehörige Werte von Strom, Leistungsfaktor und zugeführter Leistung der Primärkreise entnehmen. Die anderen Motorgrößen, die das Diagramm des gewöhnlichen Einphasen-Induktionsmotors ebenfalls abzulesen gestattet, müssen gesondert bestimmt werden. Die Sekundärströme lassen sich aus den Vektorgleichungen der Rotorschließungskreise ermitteln. Mit den Sekundärströmen sind aber auch die sekundären Verluste gegeben sowie Drehmoment und abgegebene Leistung. Die Gleichungen für diese Größen stimmen mit den entsprechenden des Einphasenmotors völlig überein. So sind alle Beziehungen bekannt, die zur Aufstellung der Charakteristik eines experimentell untersuchten Motors dienen (als Einphasenmotor geschalteter Drehstrommotor, 8 kW, 320 V, Kapazität vor Hilfsphase: 134 μF). In Abb. 3 ist ein Teil seiner Kennlinien mit denen eines Zwei- und Einphasenmotors derselben Konstanten und Phasenspannung verglichen. Die vom Strom I_4 herrührenden Verluste des Einphasenmotors mit Kondensatoren werden in dem Bereich zwischen 2 und 4,5 % Schlupf so klein, daß der Wirkungsgrad des Zweiphasenmotors nahezu erreicht wird. Der Leistungsfaktor wird dabei bei Unterlast voreilend, bei Vollast nahezu gleich 1. Die Kondensatorbatterie von 134 μF ist dabei einer maximalen Beanspruchung von 8,1 kVA ausgesetzt. Durch Veränderung des sekundären Widerstandes lassen sich dieselben Nutzmomente bei jeder Drehzahl, also auch im Stillstand, erzielen. Bei konstantem Sekundärwiderstand (Kurzschlußanker) dagegen müssen Widerstand und Kapazität im Stromkreise der Hilfsphase nach bestimmten vom Verfasser angegebenen Gesetzen geändert werden. (H. Wolf, Arch. El. Bd. 23, H. 4, S. 459.)

Wasserkraftgenerator des Kraftwerks Dnjeprstroi, Rußland. — Fünf Wasserkraftgeneratoren, welche die größten der Welt sein werden, werden augenblicklich in den Fabriken Schenectady der General Electric Company, New York, zur Aufstellung am Ausbau des Flusses Dnjepr bei Kichkas, Rußland, in der Ukraine hergestellt. Die Anlage wird Energie in einen Umkreis von ungefähr 180 000 km² in der Umgebung von Dnjepropetrowsk und durch den südlichen Teil der Union der Sozialistischen Sowjet-Republiken liefern. Diese Fläche ist als Heimat einer Industriebevölkerung von annähernd 8 Mill Bewohnern in Aussicht genommen. Jeder Generator hat eine Nennleistung von 77 500 kVA[1]. Alle vier dieser Generatoren mit senkrechter Welle werden durch Wasserturbinen angetrieben, die jetzt von der Newport-Schiffbau- und -Trockendock-Gesellschaft gebaut werden.

Die durch den Gebrauch von Wasserkraft aus dieser Zentrale sich ergebende Kohlenersparnis wird auf jährlich etwa 2 720 000 t geschätzt.

Das Gesamtgewicht jedes Generators wird annähernd 800 000 kg betragen, während das Gewicht des Rotors mit Welle 445 000 kg erreichen wird. Der größte Durchmesser ist ungefähr 12,81 m, die Gesamthöhe des Generators 12,327 m, wovon 5,33 m über dem Fußboden liegen. Große Gußstücke konnten durch Verwendung geschweißter Konstruktion vermieden werden.

Der Versand der verschiedenen Teile wird durch die Eisenbahn von Schenectady nach New York erfolgen, wo sie auf ein zur Mündung des Flusses Dnjepr fahrendes Schiff geladen werden. Obwohl die Eisenbahnverhältnisse in diesem Teile Rußlands für gut angesehen werden, wird ein Teil des Transportes durch Flußschiff stromaufwärts bis an die Seite der Anlage erfolgen, wo ein Spezialkran mit 50 t Tragkraft errichtet wird, um die Maschinenteile zu heben. Es werden ungefähr 130 Eisenbahnwagen für den Versand erforderlich sein. Wegen der Transportbegrenzungen wird der Ständer des Generators in sechs Abschnitte unterteilt, wobei die Statorbleche und Wicklungen in jeder Maschine in der Fabrik zusammengebaut werden. Der Anker wird für den Versand vollständig auseinander genommen werden. Der schwerste Einzelteil, der zu befördern ist, wird die Welle sein, die 1,02 m Dmr. hat, 91,5 m lang ist und am Ende einen Kupplungsflansch mit 1,79 m Dmr. hat; sie wird ungefähr 61 800 kg wiegen und auf einem Spezialwagen versandt, ebenso wie die

[1] Nur im Abriß veröffentlicht.

[1] Entsprechend 62 000 kW bei cos φ = 0.8.

Digitized by Google

Nabe für die obere Lagerbremse, die einen Durchmesser von 4,88 m haben wird.

Der letzte der vier Sätze ist zum Versand Anfang 1932 vorgesehen. Die Verhandlungen wegen der Generatoren wurden mit der International General Electric Co. durch die Amtorg Trading Corporation, New York, beendet, welche die amerikanischen Vertreter der Union der Sozialistischen Sowjet-Republiken sind, durch die alle amerikanischen Lieferungen für russischen Import laufen müssen. *fi*

Apparate.

Deïon-Luft- und -Ölschalter. — Über das von J. Slepian angegebene Prinzip des Deïon-Schalters der Westinghouse Co., über praktische Ausführungen und Versuchsergebnisse ist in der ETZ bereits mehrfach berichtet worden[1]. Mit den Abb. 4 und 5 geben wir heute eine Ergänzung dieser früheren Berichte. Abb. 4 zeigt einen

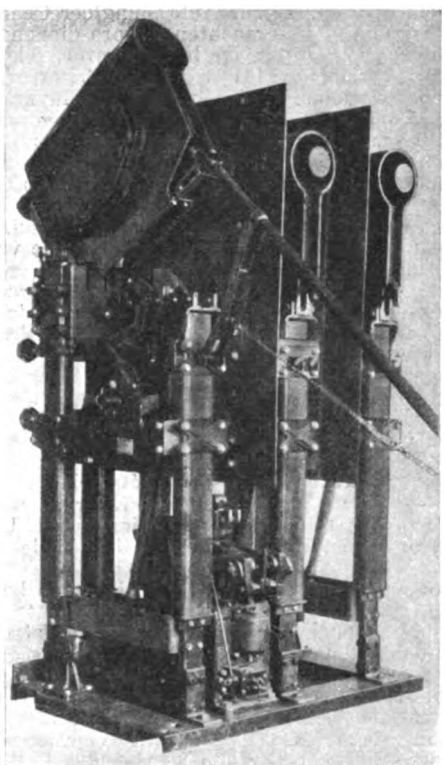


Abb. 4. 15 kV-Deïon-Luftschalter.

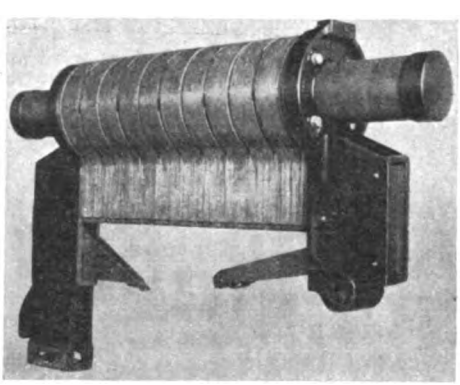


Abb. 5. Entionisierungskammer des Schalters Abb. 4.

dreipoligen Schalter für 15 kV, 60 Hz und einen Abschaltstrom von 2000 A. Die Entionisierungskammer eines Poles ist hochgeklappt und läßt das Kontaktsystem erkennen, zwischen dem der Lichtbogen entsteht. Abb. 5 zeigt die Entionisierungskammer allein, u. zw. bei abgenommenem Magnetfeld, so daß der Aufbau aus einzelnen Platten erkennbar wird. Der gleiche Schalter, geschlossen, mit den die Entionisierungskammer umfassenden Blasmagnetschenkeln wurde in der ETZ 1929, S. 687 (Abb. 7) abgebildet.

Der Deïon-Luftschalter ist, soweit dem Berichter aus der Literatur bekannt, bislang erst für mittlere Hochspannung zur Anwendung gekommen. Die Westinghouse Co. hat jedoch, wieder unter Führung von Slepian, einen Deïon-Ölschalter für höchste Spannungen entwickelt, der sich vor dem gewöhnlichen Ölschalter durch kurze Lichtbogendauer und geringe Gas- und Druckentwicklung auszeichnet — aber freilich ein Ölschalter mit den Nachteilen der Verwendung eines brennbaren Stoffes ist. Der neue Schalter ist „Deïon Grid", Deïon-Gitter-Schalter, getauft worden. Das Deïon-Gitter ist eine enge Kammer nach Abb. 6, in die oben der feste Schalterpol hineinragt; der an der Traverse sitzende bewegliche Pol verschiebt sich innerhalb der Kammer, u. zw. nahe der erweiterten Öffnung (vgl. Abb. 7). Die Wände sind aus Isolierstoffplatten aufgeschichtet, zwischen denen einige Eisenbleche liegen, die einen magnetischen Rückschluß für das vom Bogenstrom selbst erzeugte magnetische Blasfeld bieten (Abb. 7). Das Magnetfeld zwingt den Bogen in den engen Schlitz hinein, dessen Ölinhalt nicht ausweichen kann. Es findet daher eine starke Ölverdampfung statt, und das frischgebildete, noch nicht ionisierte Gas wird durch den Querschnitt des Bogens in dessen ganzer Länge entgegen seiner Wanderungsrichtung gedrängt. Der Bogen füllt den Querschnitt des Spaltes praktisch völlig aus und veranlaßt auch eine Verdampfung des von dem porösen Isolierstoff aufgesogenen Öles, namentlich an den aus Abb. 7 ersichtlichen Vorsprüngen der Platten. Das Ergebnis dieser Wirkungen ist eine energische Entionisierung des Bogenpfades, damit Heraufsetzung der Zündspannung und Erloschenbleiben des Bogens nach wenigen Perioden (s. unten). Obgleich also die Ölverdampfung bewußt zur Löschung des Bogens herangezogen und gefördert wird, bleibt doch die verdampfte Ölmenge kleiner als bei einem gewöhnlichen Ölschalter, die Schaltarbeit ist außer bei sehr kleinen Strömen erheblich geringer, der Druck bleibt niedriger und das Öl behält länger seine hohe Durchschlagfestigkeit.

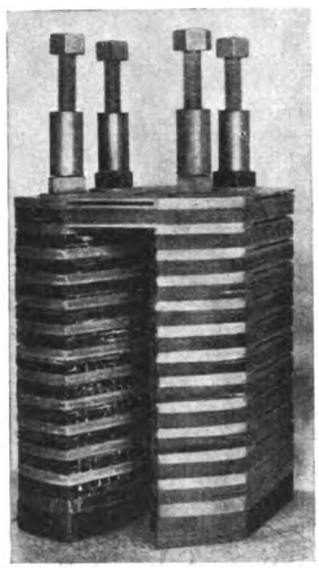
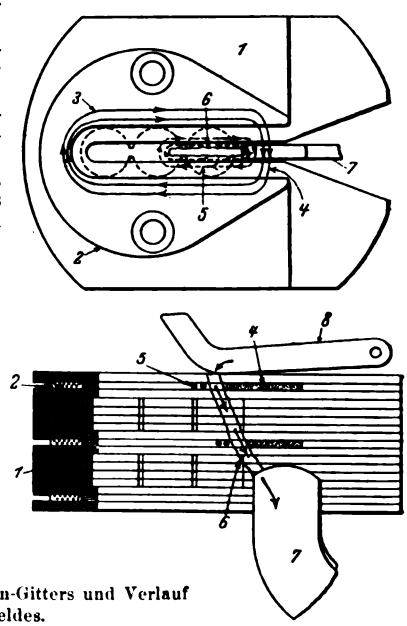


Abb. 6. Deïon-Gitter für Ölschalter.



1 Isolierstoff
2 Eisen
3 Rückschlußfluß im Eisen
4 Hauptfeld im Gas- (bzw. Öl-)raum
5 örtliches Feld des Bogens
6 Lichtbogen
7 beweglicher Kontakt
8 fester Kontakt

Abb. 7. Aufbau des Deïon-Gitters und Verlauf des Blasfeldes.

L. W. Dyer berichtet über Versuche, die mit 38 ... 220 kV während des letzten Jahres in verschiedenen

[1] Ausführl. Beschreibung: ETZ 1929, S. 686. — Deïon-Schalter f. Niederspannung: ETZ 1929, S. 1416 u. 1890. — Kürzere Mitteilungen, Oszillogramme usw.: ETZ 1929, S. 1011 u. 1748.

Digitized by Google

Netzen gemacht wurden; die Deion-Gitter waren in vorhandene Ölschalter eingebaut worden. Der Verfasser hebt besonders die geringe Abnutzung von Kontakten und Öl hervor; einige Werte aus den mitgeteilten Versuchstabellen sind nachstehend wiedergegeben, im übrigen muß jedoch auf die Quelle verwiesen werden.

Spannung	unterbrochener Strom	Bogendauer	
66 kV	3740 A	2,0 Per.	Leiter—Erde, 60 Hz
110 „	3740 „	1,5 „	
220 „	2950 „	3,0 „	

(El. World Bd. 95, S. 249 u. 298. — L. W. Dyer, The Electric Journ. Bd. 27, S. 142.) *Wi.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

Diagramm zur Ermittlung des durch Meßwandler entstehenden Fehlers bei Leistungsmessungen in Drehstrom-Dreileiteranlagen. — Es wird ein Fehlerdiagramm angegeben, das die durch die Verwendung von Meßwandlern entstehenden Fehler bei Leistungsmessungen in Drehstrom-Dreileiteranlagen graphisch zu ermitteln gestattet. Bei gleichmäßiger Belastung der drei Phasen und bei einer Belastung, die nur zwischen den Phasen *R* und *T* liegt, nimmt das Fehlerdiagramm eine besonders einfache Form an, so daß der gesuchte Fehler rasch gefunden werden kann. Im Gegensatz zu den vielfach verwendeten vereinfachten Formeln für Meßwandler gleicher Eigenschaften gilt das Fehlerdiagramm für den allgemeinen Fall, daß die Eigenschaften der Wandler untereinander verschieden sind. Das Fehlerdiagramm ist in Abb. 8 wiedergegeben. Einem Achsenkreuz sind 4 „Richtgeraden" R_{30} bzw. R_{60} beigeordnet, die der Ordinate um 30 ° bzw. 60 ° nach- bzw. voreilen. Der Vektorzug *1* zeigt, wie man bei einseitiger Belastung *RT* die Strom-, Spannungs- und Winkelfehler der Meßwandler unter Zuhilfenahme der Richtgeraden R_{60} „vektoriell" zusammensetzt. Durch Projektion des Endpunktes des Vektorzuges auf die Achsen erhält man die Größen Δ_g und δ_g. Den gesuchten Fehler Δ % ergibt die Beziehung

$$\Delta = \Delta_g + 0{,}0291\, \delta_g^{\min} \operatorname{tg} \varphi_g = \Delta_g + \Delta\delta\ \%,$$

wobei man den Fehler $\Delta\delta$ einer Fluchtlinientafel entnehmen kann. Während bei einseitiger Belastung *RT* die Maßstäbe der Koordinaten verwendet werden, sind für gleichmäßige Belastung der drei Phasen besondere Maßstäbe angegeben. Außerdem sind für diesen Fall die Richtgeraden R_{30} maßgebend (Vektorzug *2* der Abb. 8). Ein besonderer Vorteil des Fehlerdiagrammes ist darin zu erblicken, daß man gleichzeitig den Fehler Δ für vertauschte Phasenfolge, also *TSR* erhält (Vektorzüge *3* u. *4*, Abb. 8) und dabei eine gute Übersicht über den Einfluß der Meßwandlerfehler gewinnt. (H. Nützelberger u. R. Resch, Arch. El. Bd. 24, H. 1, S. 29.)

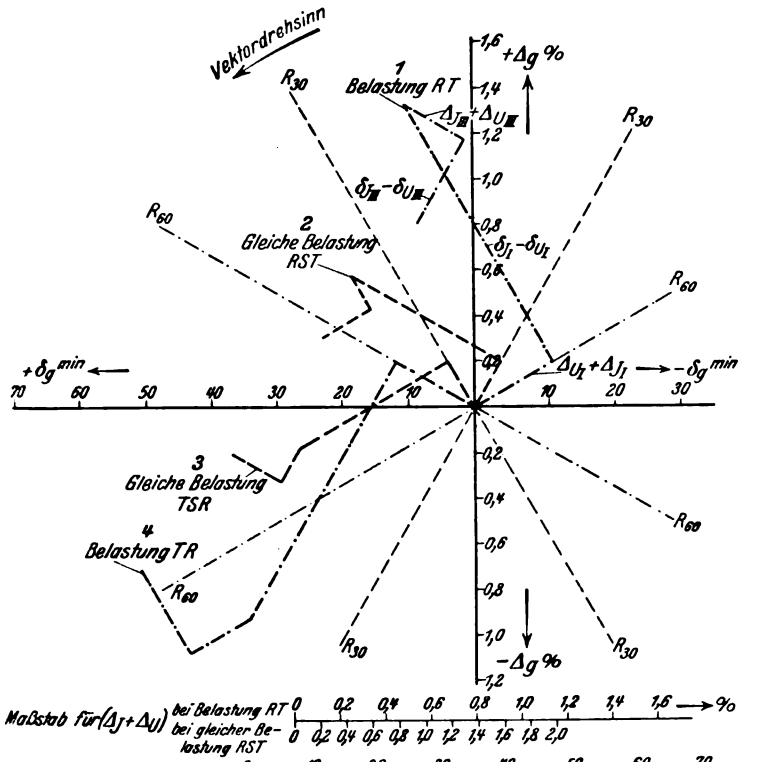


Abb. 8. Fehlerdiagramm.

Ein Kathodenstrahl-Oszillograph zur Aufnahme periodischer Vorgänge. — Periodische Vorgänge können auch mit lichtschwachen Kathodenstrahlröhren aufgenommen werden, z. B. mit der kleinen Röhre der Western Electric Co.[1]. Erforderlich ist dann eine Zeitablenkung des Kathodenstrahls, die zeitlich linear verläuft, und die mit der aufzunehmenden Kurve synchronisiert werden kann. Diese Forderungen werden erfüllt vom zeitlichen Verlauf der Spannung an einem Kondensator, der periodisch über ein gesättigtes Elektronenventil geladen und über eine Kippschaltung (Kallirotron-Schaltung von Turner) aus 2 Elektronenröhren entladen wird. Die Synchronisierung geschieht durch Einführen eines kleinen Teils der aufzunehmenden Spannung in den Gitterkreis einer Röhre. Die Funktion der Kippschaltung wird näher behandelt, ihre Grenzen diskutiert und die auftretenden Fehler besprochen. Die höchste aufnehmbare Frequenz ist bestimmt durch die Geschwindigkeit des Kippvorgangs, die wiederum von den Gitter-Kathoden-Kapazitäten der Verstärkerröhren abhängt. Die vollständige Schaltung eines ausgeführten Oszillographen wird angegeben und eine Reihe von Oszillogrammen gezeigt, die Schwingungen von 50 bis zu 200 000 Hz darstellen (M. Brenzinger, Arch. El. Bd. 24, H. 1, S. 80.)

Beleuchtung.

Beleuchtung als Mittel zur Rationalisierung im Bergbau. — A. Gaertner und L. Schneider untersuchen die Möglichkeit einer Steigerung der Leistungsfähigkeit und Verminderung der Unfälle im Steinkohlenbergbau durch verbesserte Beleuchtung. Bei Verwendung der heute noch allgemein üblichen tragbaren Grubenlampen beträgt die Beleuchtung vor Ort nur Bruchteile von einem Lux in der Nähe der Lampen. Da die Reflexion der Kohle und der Berge nur wenige Prozent beträgt, sind also bei der Arbeit unter Tage im Steinkohlenbergbau Leuchtdichten in der Größenordnung von $^1/_{100}$ ... $^1/_{1000}$ Lux auf Weiß vorhanden. Bei so geringen Leuchtdichten kann vom Auge keine nennenswerte Leistungsfähigkeit verlangt werden. Durch eine verbesserte Beleuchtung mit Hilfe von schlagwettersicheren Grubenleuchten mit Opalglasglocken und Glühlampen von 150 W, 70 V, die im Abstand von 4 zu 4 m an der Zimmerung eines Pfeilers auf der Wenceslausgrube aufgehängt wurden, wurde eine Beleuchtungstärke von im Mittel 20 Lux am Stoß, am Verzug und auf dem Boden erzielt. Die damit erreichten Leuchtdichten lagen in der Größenordnung von 0,3 ... 3 Lux auf Weiß. Das Ergebnis dieser verbesserten Beleuchtung war eine Steigerung der Arbeitsleistung bezogen auf Mann und Schicht von 25 % gegenüber der Leistung bei einer Beleuchtung mit tragbaren Grubenlampen.

In Abb. 9 sind die monatlichen Ergebnisse während der Versuchsdauer von annähernd 2 Jahren aufgetragen. Die in Prozenten angegebene Leistungsteigerung ist auf den Durchschnitt der Leistung pro Mann und Schicht in Tonnen in den Monaten Januar bis April 1927 bezogen. In den ersten 3 Monaten des Versuches, Mai, Juni und Juli, war die Beleuchtungsanlage noch nicht voll in Ordnung (Unterspannung, blendende Lampen), so daß der eigentliche Versuchsbeginn erst von August 1927 an gerechnet werden kann. Die ausgezogene Kurve zeigt, daß die Leistungsfähigkeit erheblich anstieg. Ein Bruch der Strecke im März 1928 und ein Streik im Oktober 1928 drücken sich deutlich auch in der Leistungskurve aus

[1] ETZ 1928, S. 1752.

Digitized by Google

Die mittlere Steigerung der Leistungsfähigkeit während der Versuchsdauer (mit Ausnahme der Monate Mai bis Juli 1927, März und Oktober 1928) betrug 25 %. Der Bergegehalt ging von 9,4 % bei der alten Beleuchtung (Januar bis April 1927) auf 4,6 % zurück, was eine Ersparnis an Transportgewicht während der Versuchsdauer von rd. 5000 t bei einer Gesamtförderung von rd. 100 000 t ausmacht. Die alte Beleuchtung kostete 4,8 Pf/t geförderter Kohle unter Zugrundelegung der Beleuchtungskosten der Akkumulatorenlampen von 9 Pf für die Lampenschicht. Die Kosten der neuen Beleuchtung sind 10 Pf/t einschl. Tilgung, Verzinsung, Lampenersatz, Reparaturen, Stromkosten usw. bei einem Strompreise von 4,5 Pf/kWh. Auf 1 t geförderte Kohle entfallen 4 ... 5 RM Lohnkosten für Untertagearbeit. Einer Steigerung der Leistungsfähigkeit des Arbeiters unter Tage von 25 % steht eine Erhöhung der Beleuchtungskosten von nur 5 Pf gegenüber, wodurch allein die wirtschaftliche Notwendigkeit einer guten Beleuchtung unter Tage erwiesen ist.

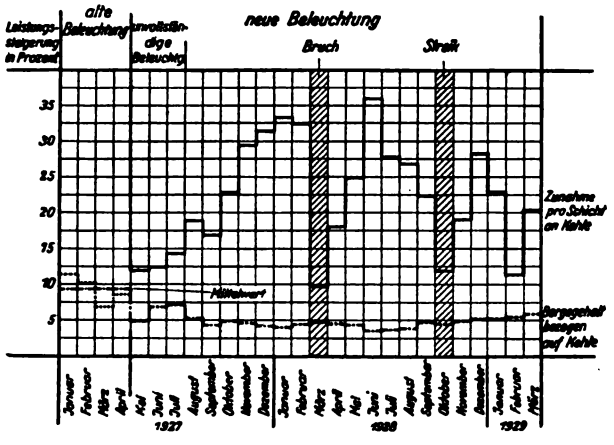


Abb. 9. Leistungsteigerung in einem Steinkohlenbergwerk durch verbesserte Beleuchtung.

Wie zu erwarten war, ging auch die Unfallgefahr infolge der verbesserten Beleuchtung zurück. Abgesehen von zwei schweren Unfällen im Monat des Beginns der Versuche sind bei 46 000 verfahrenen Schichten keine schweren Unfälle mehr vorgekommen, während vorher in diesem Pfeiler auf 10 000 Schichten 0,7 schwere Unfälle entfielen. Die Zahl der leichten Unfälle mit weniger als 3 Tagen Arbeitsunterbrechung ist von 0,64 auf 1,1 für 10 000 Schichten gestiegen. Diese leichten Verletzungen sind wohl auf die erhöhte Arbeitsintensität zurückzuführen, die schweren Unfälle dagegen, die in der Hauptsache durch Steinschlag, Bruch usw. entstehen, konnten durch die mögliche gute Überwachung der Zimmerung und die leichte Beweglichkeit der Arbeitenden infolge der guten Beleuchtung vermieden werden.

Die erhöhte Beleuchtung führte somit zu einer Erhöhung der Leistungsfähigkeit, Verminderung des Bergegehaltes, Verminderung der Unfallgefahr und dadurch Erhaltung der Arbeitsfähigkeit. Diesem Gewinn stehen nur ganz minimale zusätzliche Beleuchtungskosten gegenüber, ein Mehraufwand, der durch die Vorteile mehr als reichlich aufgewogen wird. (A. Gaertner u. L. Schneider, El. i. Bergb. Bd. 4, S. 221.) *Sb.*

Beleuchtungsanlagen auf Flugzeugen. — Die Beleuchtungseinrichtungen auf Flugzeugen stellen eine wesentliche Ergänzung der Flugstrecken- und der Flughafenbefeuerung dar. Die Befeuerung des Flugzeuges mit Scheinwerfern hat einen zweifachen Zweck zu erfüllen: als Lande-Scheinwerfer sollen sie Start und Landung bei Dunkelheit unterstützen, als Suchscheinwerfer sollen sie dem Piloten das Zurechtfinden auf der Strecke erleichtern. Als Lichtquellen stehen eine Reihe von Spezial-Flugzeug-Scheinwerferlampen zur Verfügung, deren Leuchtkörper in Form von Doppelwendeln angeordnet sind: für 12 V-Anlagen Lampen von 100 ... 250 W, für 24 V-Anlagen Lampen von 400 ... 1000 W. Die Beleuchtungsausrüstung umfaßt ferner die roten und grünen Stellungslichter und die Innenbeleuchtung des Flugzeuges. (F. Born, Osram-Nachr. 1930, S. 113.) *Sb.*

Bergbau und Hütte.

Wirtschaftlichkeit der Bandförderung im Steinkohlenbergbau. — Die Frage „Druckluft oder elektrischer Antrieb der Bandförderanlagen?" beantworten H. Folkerts und K. Bechtold in Ansehung der Art, der Stärke und des hohen zeitlichen Ausnutzungsgrades des Bandantriebes ohne weiteres zugunsten des elektrischen Antriebes. Für einen Bandförderer, der bei 140 m Länge und 38 m Nutzförderhöhe täglich 240 t Kohle fördern soll, wird die tägliche Ersparnis bei elektrischem Antrieb gegenüber Druckluft auf 9 RM bzw. 14,70 RM im Tag errechnet, wobei einmal die Bewältigung der Arbeit in einer Schicht von 6 Betriebstunden, das andere Mal in 2 Schichten von zusammen 12 Betriebstunden angenommen wurde.

Die Schüttelrutschenförderung hat in den letzten Jahren vielleicht gerade durch den drohenden Wettbewerb der Bandförderung eine außerordentliche Vervollkommnung und namentlich eine Erhöhung der Leistungsfähigkeit erfahren. Bei einem Einfallen bis zu 0°, 100 m Länge, Förderung bis zu 60 t Kohle in der Stunde und 7 h täglicher Betriebszeit ist die Schüttelrutschenförderung wesentlich billiger. Wenn diese Leistung mit einem Füllquerschnitt von 530 cm² zu bewältigen ist, ergibt sich für Druckluftbetrieb 22,30 RM im Tag, während die mit Druckluft betriebene Bandförderung 32,30 RM täglich kostet. Die elektrisch betriebene Schüttelrutschenförderung dagegen stellt sich auf 18,70 bis 21,90 RM und die elektrisch betriebene Bandförderung auf 25,40 RM täglich. Die Schüttelrutsche wird allerdings schon bei wenigen Graden Steigung oder welliger Lagerung an der Grenze ihrer Wirtschaftlichkeit angelangt sein; eine genauere Bestimmung der Grenze in Abhängigkeit von dem Einfallen ist allerdings zur Zeit noch nicht möglich; man kann aber etwa 2 ... 3° Steigung annehmen. Zur Bewältigung großer Bergemengen wird wegen der veränderten Reibungsverhältnisse jedenfalls schon bei totsöhliger Förderung und bei feuchtem, feinstückigem oder tonig-lehmigem Gut sogar bei beträchtlichem Einfallen in der Förderrichtung die Verwendung des Bandes wirtschaftlich sein.

Zur Zeit sind im deutschen Steinkohlenbergbau die Bedingungen für wirtschaftlich arbeitende Bänder (von den wenigen Fällen wirtschaftlicher Strebbänder abgesehen) auf das Gebiet der „Zwischenförderung", d. h. vom Streb ausschließlich bis zur Hauptfördersohle ausschließlich, beschränkt. Eine wirtschaftliche Verwendung der Bandförderung ergibt sich dort, wo sie eine Zusammenfassung mehrerer bisher wechselschichtig oder gesondert fördernder Betriebspunkte gestattet, und ferner dort, wo sie 2 ineinander arbeitende Fördereinrichtungen, z. B. Abbaustreckenförderung mit anschließender Bremsberg- oder Stapelförderung, ersetzt und somit u. a. die bisher an der Uebergabestelle erforderliche Mannschaft erspart. (H. Folkerts u. K. Bechtold, Glückauf Bd. 66, S. 81 u. 125). *Ka.*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

Methode zur Registrierung von Kapazitätsänderungen und ihre Anwendung zur laufenden Beobachtung physikalischer Vorgänge. — Um Kapazitätsänderungen zu registrieren, ist es erforderlich, die zu untersuchende Kapazitätsänderung durch eine entsprechende Spannungs- oder Stromänderung zu ersetzen, damit ein Meßgerät verwandt werden kann. Dies geschieht bei der vorliegenden Methode mit Hilfe einer Kapazitätsbrücke, in deren einen Zweig der Kondensator C_x (Abb. 10) eingeschaltet wird, dessen

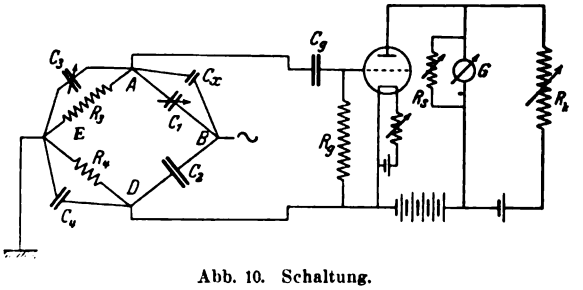


Abb. 10. Schaltung.

Änderung zu untersuchen ist, während ein zweiter Zweig einen Kondensator C_2 enthält und die übrigen Zweige durch Ohmsche Widerstände (R_3 und R_4) gebildet werden. Zur Erfüllung der Amplitudenbedingung der Brücke wird C_x einem Ausgleichkondensator C_1 parallelgelegt, während die Phasenbedingung durch zwei den Widerständen parallelgeschaltete Kondensatoren C_3 und C_4 erfüllt wird. Als Indikator dient eine Elektronenröhre in Gitter-Gleichrichtungschaltung, in deren Anodenzweig ein kompensier-

Digitized by Google

tes Gleichstromgalvanometer G eingeschaltet ist (Registrierinstrument). Die Brücke wird zunächst abgeglichen.

Die infolge einer Kapazitätsänderung ΔC in C_x auftretende Spannung am Indikator ist innerhalb gewisser Grenzen ΔC proportional; die dieser Spannung entsprechende Stromänderung δi_a im Anodenkreis der Röhre hängt jedoch quadratisch von der ersteren ab, also $\delta i_a = F e_g^2$. F ist eine von den Daten der Röhre abhängige Konstante. Durch einen einfachen Kunstgriff ist es möglich, die Abhängigkeit der Anodenstromänderung von der Gitterspannungsänderung linear zu gestalten. Man hat dazu dem Gitter eine der anzulegenden Wechselspannung Δe_g zu addierende, also phasengleiche Wechselvorspannung e_g zu erteilen, die so bemessen ist, daß sie praktisch als groß gegen Δe_g betrachtet werden kann. Wird durch Δe_g eine zusätzliche Änderung des Anodenstromes Δi_a erzeugt, so folgt

$$\delta i_a + \Delta i_a = F (e_g + \Delta e_g)^2$$

und hieraus durch Differenzbildung

$$\Delta i_a = 2 F e_g \Delta e_g.$$

Unter den oben angegebenen Bedingungen ist es also möglich, eine Kapazitätsänderung formgetreu abzubilden oder zu registrieren. Die Gitter-Wechselvorspannung wird durch geringe Verstimmung der Brücke gegen die ursprünglich eingestellte Gleichgewichtslage erhalten.

Es wurde ferner die Empfindlichkeit der Anordnung in Abhängigkeit von Gitterwechsel- und Gleichspannung (als Vorspannung), ferner von der Anodenspannung untersucht. Es zeigt sich, daß bei Benutzung einer Gitter-Wechselvorspannung auch eine erhebliche Steigerung der Empfindlichkeit eintritt. Die unter günstigsten Umständen erreichbare Empfindlichkeit betrug etwa 0,01 µµF für 1 Skalenteil Ausschlag; das entspricht einer relativen Kapazitätsänderung von $1 \cdot 10^{-5}$.

Zur Prüfung der Methode wurde eine Reihe linearer Kapazitätsänderungen verschiedener Größe (0 ... 1 µµF 0 ... 10 µµF, 0 ... 100 µµF, 0 ... 1000 µµF) ohne und mit Gitter-Wechselvorspannung untersucht. Die obere Grenze der formgetreu registrierbaren Kapazitätsänderungen liegt für die verwendete Anordnung etwa bei 1000 µµF. Als Registrierinstrument diente ein Zeißsches Schleifengalvanometer mit photographischer Registriertrommel. Zur Demonstration der Empfindlichkeit des Verfahrens wurde die Längenänderung von ferromagnetischen Stäben im magnetischen Felde (Magnetostriktion) in Abhängigkeit von der Feldstärke registriert; als praktisches Beispiel für die Registrierung schneller verlaufender Vorgänge wurde die Durchbiegung des Werkzeugstahls beim Abdrehen von Stäben aus verschiedenem Material auf der Drehbank aufgenommen. In beiden Fällen beträgt die registrierte Verschiebung wenige µ, eine Größe, die hinreicht, um das Galvanometer über die ganze Breite des Registrierpapiers ausschlagen zu lassen. (A. Schulze u. G. Zickner, Arch. El. Bd. 24, H. 1, S. 111.)

Hochspannungstechnik.

Das Kugelfeld bei beliebigen Phasenverschiebungen der Spannungen. — In einer Arbeit von S. Franck wird zunächst im theoretischen Teil die maximale Feldstärke an der Oberfläche zweier gleicher Kugeln für verschiedenartige Spannungen an den Kugeln berechnet. Bei dieser sich nicht umhüllenden Anordnung (Kugeln nebeneinander) ist die Feldverteilung von den Potentialen (Spannungen gegen Erde) der Kugeln abhängig. Die für Meßzwecke üblichen Anordnungen sind: entgegengesetzt gleiche Potentiale und das eine Potential Null. Für beliebige Potentialverteilung $\varrho = U_2/U_1$ werden die sog. Formfaktoren für das Kugelfeld angegeben. Die maximale Feldstärke tritt an der Kugel mit der größeren Spannung gegen Erde auf und ist

$$\mathfrak{E}_0 = \frac{U}{s} F; \quad \text{Formfaktor } F = \frac{f_1 - \varrho (2 f - f_1)}{1 - \varrho}.$$

$\mathfrak{E}_0$ maximale Feldstärke,
U Spannung zwischen den Kugeln,
$\varrho = U_2/U_1$ Verhältnis der Spannungen gegen Erde (Potentiale), $+1 > \varrho > -1$,
s Schlagweite,
f, f_1 Formfaktoren für das Kugelfeld bei symmetrischer Spannungsverteilung gegen Erde und einem geerdeten Pol[1]; Funktion von s/D,
F Formfaktor für das Kugelfeld bei beliebiger Spannungsverteilung an den Kugeln; Funktion von s/D und ϱ.

[1] Tabellen bei W. O. Schumann, Elektrische Durchbruchfeldstärke von Gasen, S. 29/30. Verlag Julius Springer, Berlin 1923.

Im Hauptteil wird der Fall diskutiert, daß sinusförmige Wechselspannungen an den Kugeln beliebige Phasenverschiebungen gegeneinander haben. Für den vereinfachten Fall gleicher Spannungsamplituden gegen Erde bekommt man ganz verschiedene Feldstärken je nach der Phasenverschiebung, wobei die Zahl der Feldstärkenmaxima während einer vollen Periode sich verdoppelt und diese selbst zeitlich gar nicht mit der maximalen Spannung zusammenfallen. Die maximale Feldstärke wird

$$\mathfrak{E}_{0m} = \frac{U_m}{s} F_m;$$

$$\text{Formfaktor } F_m = \sqrt{\frac{f_1^2 + (2f - f_1)^2 - 2 f_1 (2f - f_1) \cos\varphi}{2 (1 - \cos\varphi)}}.$$

$\mathfrak{E}_{0m}$ Amplitude der sinusförmigen maximalen Feldstärke an den Kugeln,
U_m Amplitude der sinusförmigen Spannung zwischen den Kugeln,
φ Phasenverschiebungswinkel der Spannungen an den Kugeln,
F_m Amplitude des sinusförmigen Formfaktors für das Kugelfeld bei beliebigen Phasenverschiebungswinkeln der Spannungen und gleichen Spannungsamplituden gegen Erde; Funktion von s/D und φ.

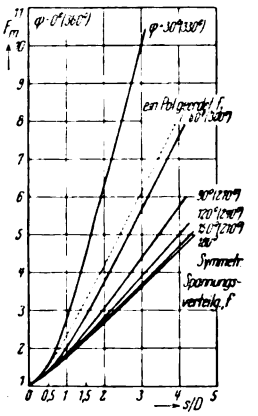


Abb. 11. Der Formfaktor für das Kugelfeld bei verschiedenen Phasenverschiebungswinkeln der Spannungen.

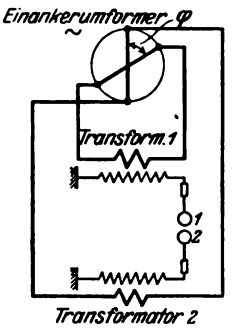


Abb. 12. Schaltung für die Kugelfunkenstrecke.

In Abb. 11 ist F_m abhängig von s/D für verschiedene φ aufgetragen. Je mehr φ von 180° verschieden und je größer s/D, desto größer ist F_m; außerdem zeigt die Gleichung, daß, sobald $\varphi \lesssim 180°$ wird, vier Maximalfeldstärken auftreten, die sich zeitlich um so mehr verschieben, je größer s/D und je mehr φ von 180° verschieden ist. Die Bedingung für symmetrische Frequenzverdopplung (d. h. für gleiche Zeitintervalle zwischen den einzelnen Maximalfeldstärken) wird aufgestellt.

Im experimentellen Teil werden Versuche an einer Kugelfunkenstrecke mit Kugeln von 1 und 2 cm Dmr. für Phasenverschiebungswinkel von 30 zu 30° mitgeteilt. Abb. 12 gibt die Schaltung zur Erzeugung beliebiger Phasenverschiebungen der Spannungen an den Kugeln wieder. Für $D = 1$ cm, $s = 1$ cm ($s/D = 1{,}0$) ergibt sich z. B. als Anfangspannung gegen Erde $\left(U_{em} = \frac{U_m}{\sqrt{2 (1 - \cos\varphi)}}\right)$

bei $\varphi = 180°$	—	14,15	kV_{max}
150°	(210°)	15,0	„
120°	(240°)	17,1	„
90°	(270°)	20,9	„
60°	(300°)	28.6	„
30°	(330°)	47,7	„
0°		∞	

Die experimentellen Ergebnisse entsprechen im wesentlichen den vorhergehenden Berechnungen. (S. Franck, Arch. El. Bd. 24, H. 1, S. 70.)

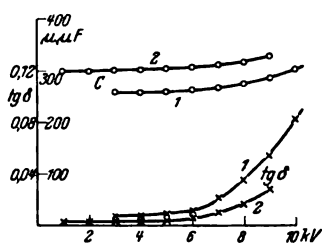
Dielektrische Verluste und Durchschlag in porösen Isolierstoffen. — In neuerer Zeit gehen die Untersuchungen, welche die Aufhellung der Vorgänge beim Kabeldurchschlag bezwecken, in verstärktem Maße dahin, Teilprobleme zu lösen, um so der Klärung des Gesamtvorganges näher zu kommen. Es sei nur an die Untersuchungen von Emanueli[1] erinnert sowie an die Arbeiten

[1] ETZ 1928, S. 509.

Digitized by Google

von Gyemant, über dessen neueste Forschungsergebnisse nachstehend berichtet werden soll. Gyemant geht von seinen früheren Feststellungen aus, daß man es bei der Festigkeit von Kabelpapier hauptsächlich mit der Festigkeit der Luft zu tun habe. Durch die Fasern des Papiers wird der Raum zwischen den Elektroden gewissermaßen in lauter kleine, in Reihe geschaltete Luftkondensatoren zerlegt; eine Erhöhung der Gesamtfestigkeit erklärt sich dann zunächst aus der Zunahme der Festigkeit der Luft bei abnehmendem Abstande. Seine weiteren Messungen betrafen die Frage, welche Bedeutung den Abmessungen der in Richtung des Feldes sich erstreckenden Kanäle zukommt und in welchem Zusammenhang die diesbezüglichen Ergebnisse mit dielektrischen Verlustmessungen am ungetränkten Kabelpapier stehen.

Durch Nadel- oder elektrischen Durchschlag wurden in Papier, Lackleinen oder Paraffin künstliche Kanäle erzeugt; Durchschlagversuche mit Wechselspannung zeigten, daß bei Kanälen von 0,1 mm Dmr. und 0,1 ... 3 mm Länge die Durchschlagspannungen um 20 ... 30 % höher liegen als in freier Luft bei denselben Abständen. Die Vergleichswerte entstammen der Literatur und wurden außerdem (in praktisch übereinstimmenden Werten) durch Messungen an Kanälen von mehreren Millimeter Weite gewonnen. Die Erhöhung der Durchschlagfestigkeit bei engen Kanälen ist somit eine weitere Ursache für die erhöhte Festigkeit des ungetränkten Papiers. Verfasser schließt aus seinen Messungen, daß bei Kanälen von der Größenordnung 1 μ Durchschlagspannungen vom Zwei- bis Dreifachen des Luftwertes zu erwarten wären. Wegen der Einzelheiten der Meßanordnung, der Materialauswahl und -vorbereitung muß auf die Veröffentlichung selbst verwiesen werden. Eine Verzögerung im engeren Sinne wurde durch Bestrahlung mit einem radioaktiven Präparat ausgeschlossen. Die Erklärung der Beobachtungstatsachen wird darin gesucht, daß durch die Kanalwandungen eine Absorption der Elektronen stattfindet; die hierdurch bewirkte Strombegrenzung beeinträchtigt die nach Toepler zum Durchschlag erforderliche Entwicklung der Stromlawine. (An anderer Stelle[2] berichtet der Verfasser kurz über schwebende Versuche mit einer neuen Methode zum Oszillographieren der Verluste.) Von oszillographischen Aufnahmen des Durchschlagstromes erwartet er eine weitere Klärung der Ursachen der festgestellten Spannungserhöhung, für die auch Wärmeableitung seitens der Kanalwände in Betracht kommt.



1 Stärke 1,04 mm 2 Stärke 0,98 mm

Abb. 13. Verluste (tg δ) und Kapazität (μμF) an Papier B.

An verschiedenen Papiersorten wurden die dielektrischen Verluste mittels Scheringbrücke und Vibrationsgalvanometers gemessen, nachdem die Proben 1 h bei 110 ° getrocknet waren. In einer Meßglocke wurde einige Stunden lang die Luft evakuiert, sodann trockene Luft eingelassen. Die Papiersorten waren: Nicht satiniertes, 0,12 mm starkes (A) und satiniertes, 0,04 mm starkes (B) Papier. Abb. 13 zeigt für die Sorte B in den Stärken von 0,98 und 1,04 mm Messungsergebnisse von Verlustwinkel und Kapazität. Die Verlustkurven beginnen von etwa 5 kV an zu steigen; hier setzt die Ionisierung ein, ohne daß das Papier durchschlagen wird. Letzteres geschah bei B mit 11 kV/mm, bei A mit 7 kV/mm. Bei Sorte A ist der Anstieg beider Kurvengruppen erheblich steiler, z. B. erreicht tgδ bei 10 kV für 1,1 mm Papierstärke den Wert von 0,28 gegenüber 0,08 in der Abbildung. Entsprechend stärker prägt sich bei A auch die Kapazitätserhöhung aus. Die bei B engeren Poren erschweren die Stromausbildung in viel höherem Maße als bei A, daher die höheren Verluste bei A.

Eine Versuchsreihe an 4 Kombinationen beider Papiersorten gleicher Gesamtstärke führte den Nachweis, daß die Ionisierung homogen stattfindet und nicht von der Art des an den Elektroden anliegenden Papiers abhängt. Die Kombinationen waren: 1. Gesamtschicht 2 mm von A, 2. außen beiderseits 0,4 mm von B, innen 1,2 mm von A, 3. außen je 0,4 mm von A, innen 1,2 mm von B, 4. Gesamtschicht 2 mm von B. Ihrer Steilheit nach ordnen sich nun die Verlustkurven in der Reihenfolge *1, 2, 3, 4*, d. h. Kurve *1* entspricht den höchsten Verlusten; wäre die Ionisation inhomogen, so müßte die Reihenfolge *1, 3, 2, 4* sein. Die prozentuale Kapazitätserhöhung beträgt bei 14 kV in der Reihenfolge *1, 2, 3, 4*: 29, 15, 12 und 5; die Durchschlagspannungen waren entsprechend 7,5; 8,5; 10 und 11,5 kV/mm. Faßt man das Dielektrikum als Zweischichtenkondensator nach K. W. Wagner auf, so erklärt sich die Kapazitätszunahme dadurch, daß mit steigender Ableitung in den Luftschichten ($\varepsilon = 1$) das Feld zugunsten der Zelluloseschichten ($\varepsilon \approx 6$) verschoben und damit die scheinbare Dielektrizitätskonstante allmählich vergrößert wird. (A. Gyemant, Z. Techn. Physik. Bd. 10, S. 328.) *Eg.*

[2] Naturwissensch. Bd. 17, S. 710.

Werkstatt und Baustoffe.

Stromerzeugung und Umwandlung in der Metall- und Holzverarbeitung. — K. Meller stellt Richtlinien auf für die Wahl der Stromart und Spannung, für die Größenbemessung und Aufteilung der Maschinensätze und für die Wahl der Kraftmaschinenart. Hierbei wird besonders die Frage des Fremdstrombezuges oder der Eigenstromerzeugung in Verbindung mit der Dampferzeugung für Heizzwecke behandelt. Es wird gezeigt, daß schon bei geringer Heizdampfentnahme die Eigenanlage wirtschaftlicher arbeiten kann als eine Anlage mit getrenntem Strombezug und Heizdampferzeugung.

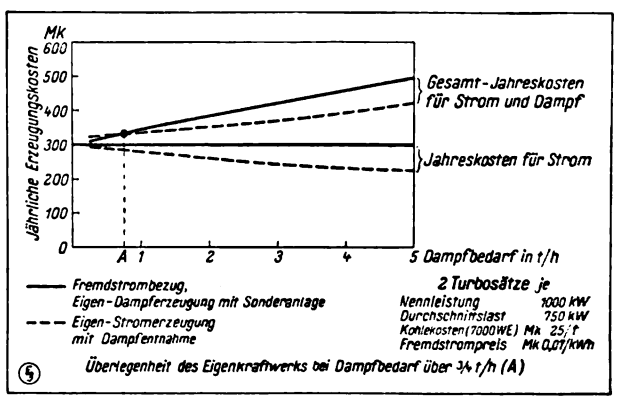


Abb. 14.

Abb. 14 zeigt zur Erläuterung hierfür die Verhältnisse für ein Kraftwerk, bestehend aus 2 Dampfturbinensätzen von je 1000 kW unter der Voraussetzung einer mittleren Belastung von 750 kW bei 25 RM/t Kohlekosten und Dampfentnahme. Bei Fremdstrombezug ist angenommen, daß die Kilowattstunde 7 Pf kostet und der erforderliche Heizdampf in einer eigenen Anlage erzeugt wird. Über der Dampfentnahme sind die jährlichen Gesamtkosten für Fremd- und Eigenbezug aufgetragen. Es zeigt sich, daß die Kosten in beiden Fällen die gleichen sind, wenn ¾ t/h Dampf erzeugt wird. Demnach würde unter der Annahme von 750 kW mittlerer Belastung die Eigenerzeugung um so wirtschaftlicher sich gestalten, je höher die erforderliche Dampfmenge über dem errechneten Grenzwert von ¾ t/h liegt.

Für die überschlägige Betrachtung, welche Umformerart am wirtschaftlichsten ist, werden in Abb. 15 für den Motorgenerator Einankerumformer und Gleichrichter, u. zw. für die Größenordnung 50, 100 und 300 kW bei Vollast und Halblast, Gegenüberstellungen gemacht. Bei dem Vergleich wurden ferner als Gleichstromspannung die Werte von 115, 230 und 460 V zugrunde gelegt. In der oberen Reihe der Abb. 15 ist das Preisverhältnis zwischen Motorgenerator, Einankerumformer und Gleichrichter, u. zw. jeweils bezogen auf den Preis des Motorgenerators von 460 V Spannung, dargestellt. Es zeigt sich im allgemeinen ein Ansteigen des Preises mit abnehmender Spannung und eine Überlegenheit von Einanker und Gleichrichter bei höheren Spannungen. Die mittlere Reihe zeigt das Verhältnis der Wirkungsgrade bei Vollast und Halblast, bezogen auf den Wirkungsgrad des Motorgenerators bei Halblast. Allgemein zeigt sich eine Verschlechterung des Wirkungsgrades mit abnehmender Spannung, die bei den Gleichrichtern am stärksten in Erscheinung tritt. Die dritte Reihe zeigt den Unterschied in den Gestehungskosten für 1 abgegebene Gleichstrom-Kilowattstunde unter Zugrundelegung einer 15prozentigen Verzinsung und Abschreibung und unter Zugrundelegung des Tarifs eines Elektrizitäts-

Digitized by Google

werkes. Allgemein sieht man ein starkes Anwachsen der zusätzlichen Kosten mit abnehmender Spannung.

Die in Abb. 15 gegebene Gegenüberstellung wird für die erste Annäherung auch ohne Vergleichsrechnungen bereits einen Anhalt dafür geben können, welche Art der Stromumwandlung für die jeweiligen Verhältnisse am wirtschaftlichsten sein dürfte.

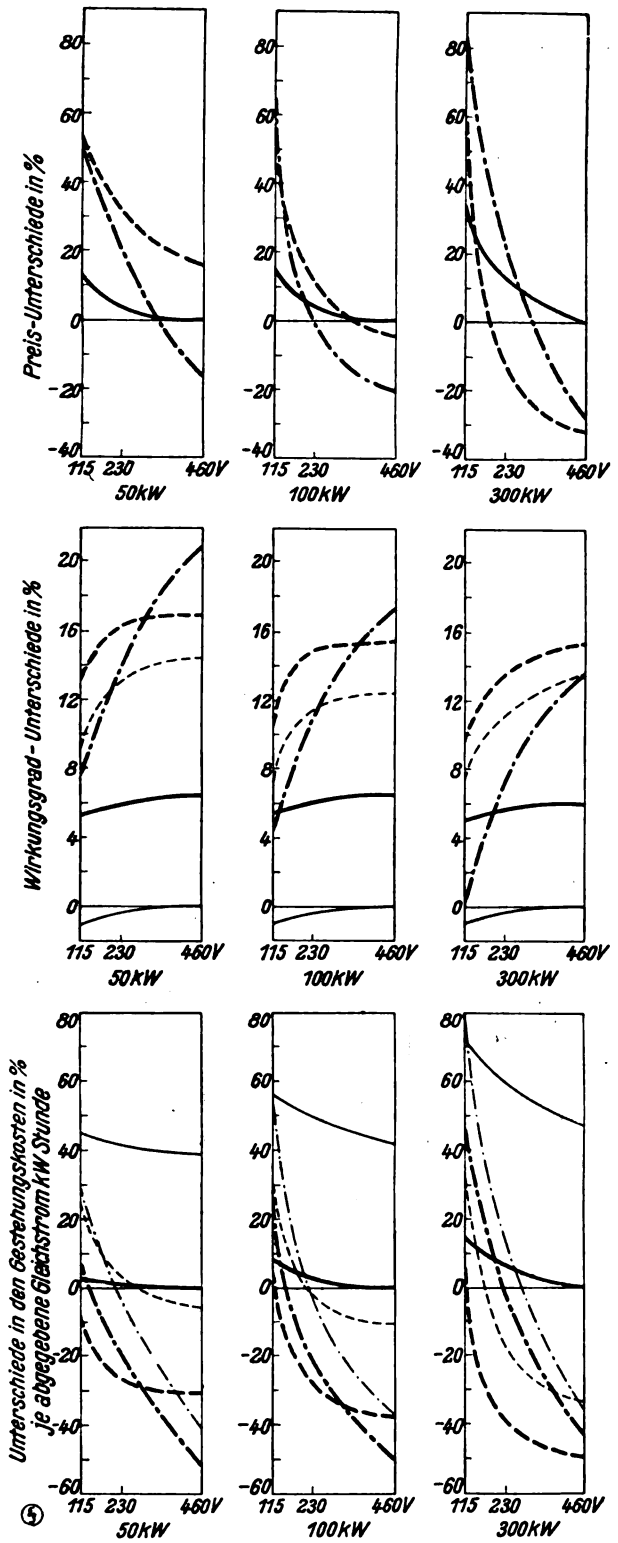


Abb. 15.

Zum Schluß wird noch die Phasenverbesserung behandelt und gezeigt, welchen Einfluß die ungenügende Belastung, vor allem der Leerlauf von asynchronen Drehstrommotoren, auf den Leistungsfaktor hat. (K. Meller, Siemens-Z. Bd. 9, S. 653.) *Sb.*

Verschiedenes.

Internationaler Wettbewerb in der Aluminiumverwendung. — Von dem „Bureau International d'Etudes et de Propaganda pour le Développement des Emplois de l'Aluminium" ist auch in diesem Jahre wieder ein Wettbewerb auf literarische Arbeiten ausgeschrieben worden, die geeignet sind, die Herstellung oder Verbesserung einer Apparatur oder einer Konstruktion in Aluminium oder einer Aluminiumlegierung anzubahnen. An diesem Wettbewerb können sich Angehörige aller Länder beteiligen. Der Sitz des Wettbewerbs liegt bei der Schweizerischen Kreditgesellschaft AG., Zürich. Der Wettbewerb umfaßt zwei Abteilungen, nämlich Abhandlungen, welche die Herstellung eines Gegenstandes, einer Maschine oder eines Maschinenteiles aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung betreffen, sowie Abhandlungen, die eine Verbesserung der Bearbeitungs- oder Anwendungsmethoden (Löten, Schweißen, Isolieren, Überziehen usw.) von Aluminium oder seinen Legierungen betreffen. Die Arbeiten können in deutsch, englisch oder französisch abgefaßt werden und müssen so vollständig sein, daß sie in jeder Beziehung eine Beurteilung des Wertes der Erfindung zulassen.

Es stehen als Preise je 4150 RM für die beiden besten Arbeiten der genannten Abteilungen zur Verfügung. Wegen sonstiger Bestimmungen des Wettbewerbs wende man sich an das Bureau International de l'Aluminium. 23 rue de Balzac, Paris VIII^e. Dorthin sind auch die Bewerbungen zu senden. Einreichungstermin 1. IV. 1931.

Preisausschreiben. — Die Technisch-Literarische Gesellschaft, Berlin, schreibt einen Wettbewerb zur Erlangung populär-technischer Aufsätze aus. Da letztere auch für die Propaganda elektrischer Geräte in Haus und Werkstatt Bedeutung haben, weisen wir auf dieses Preisausschreiben hin. Termin: 10. I. 1931. Auskunft erteilt der Schriftführer der genannten Gesellschaft, H. Dominik, Berlin-Zehlendorf, Herderstr. 2.

Tagung des Vereins Beratender Ingenieure. — Die diesjährige Tagung des Vereins Beratender Ingenieure fand vom 30. VIII. bis 2. IX. in Hamburg statt. Prof. Dr. Hort führte in einem Vortrag über „Mechanische Schwingungen" aus, daß die nachteiligen Wirkungen der mechanischen Schwingungen sich neuerdings stark erhöht hätten infolge der Zunahme der Geschwindigkeit und Kräfte beim Betriebe der Maschinen und Fahrzeuge. Daher sei die Erforschung der mechanischen Schwingungen jetzt besonders wichtig geworden mit dem Ziele, die Schwingungen oder ihre Wirkungen nach Möglichkeit zu vermeiden. Über die verschiedenen hier sich bietenden Wege berichtete der Vortragende an Hand zahlreicher Lichtbilder.

Prof. Dr. Aufhäuser sprach dann über die Zweite Weltkraftkonferenz 1930, die er als den „Völkerbund der Technik" bezeichnet. Er ging auf einige der Vorträge ein und kennzeichnete seinen Eindruck von der Konferenz dahingehend, daß die gegenwärtige Entwicklung von Dampfkraft, Motorkraft und Wasserkraft und ihr gegenseitiger Wettbewerb sowie die Energieverteilung und ihre Hauptformen, Elektrizität und Gas, im Begriff sind, dem technischen und wirtschaftlichen Leben der Kulturländer ein ganz neues Gepräge zu geben. *of*

Das technische Doktorat in Italien. — Durch königliches Dekret vom 26. VI. 1930 ist in Italien allen denjenigen der akademische Grad eines Doktors zuerkannt worden, die das Studium des Ingenieurfaches oder der industriellen Chemie vollenden. Der erste Artikel der betreffenden Verfügung lautet in deutscher Übersetzung:

Art. 1. Allen denjenigen, die vor Inkrafttreten der mit dem königl. Dekret vom 30. IX. 1923, Nr. 2102, festgesetzten Regelung und der darauf folgenden Änderungen im Königreich das Diplom eines Ingenieurs erworben haben, gebührt der Grad „Doktor des Ingenieurfaches" (Dottore in ingegneria).

Allen denjenigen, die an der mit dem Dekret des Reichsverweseramtes vom 26. XI. 1916, Nr. 1725, an der Fakultät für Mathematik, Physik und Naturwissenschaften der königl. Universität in Pavia errichteten Spezialschule für industrielle Chemie das Diplom erworben haben, gebührt der Grad „Doktor der industriellen Chemie" (Dottore in chimica industriale).

Das Dekret wird dem Parlament zur Umwandlung in ein Gesetz vorgelegt werden. *nkl.*

Digitized by Google

Jahresversammlungen, Kongresse, Ausstellungen.

Die Leipziger Messen im Jahr 1931. — Die Frühjahrsmesse dauert vom 1. bis 7. III., die Große Technische Messe und Baumesse bis 11. III. Der Beginn der Herbstmesse ist auf den 30. VIII. festgesetzt worden. — Infolge Umgestaltung des Amtlichen Leipziger Meßadreßbuchs schließt sich im nächsten Jahr an das an erste Stelle tretende alphabetische Firmenverzeichnis das Warenverzeichnis der Aussteller, in dem die Firmen nunmehr namensalphabetisch unter den einzelnen Warenbezeichnungen aufgeführt werden. Meßhaus und -stand erscheinen bei jeder Eintragung in Kursivschrift.

II. Internationale Ausstellung für Gesundheitstechnik und Städtehygiene, Mailand 1931. — Zugleich mit dem II. Kongreß für Gesundheitstechnik und Städtehygiene, der vom 20. bis 26. IV. 1931 abgehalten wird, findet im Rahmen der Mustermesse die oben genannte Ausstellung statt. Nähere Auskunft erteilt die Segreteria Generale del II. Congresso Internationale per la Tecnica Sanitaria e Igiene Urbanistica, Mailand, Piazza del Duomo 17.

Berlin—San Franzisko. Gedankenaustausch bei der Zweiten Weltkraftkonferenz. — In Anerkennung des „epochemachenden" Charakters jenes radiotelephonischen Gedankenaustausches, der beim Berliner Weltkraftfest am 18. VI. zwischen der Konferenz und der Jahresversammlung der National Electric Light Association in San Franzisko stattfand und an dem Dr. C. Köttgen, O. v. Miller, Präsident M. S. Sloan, Lord Derby, Senator G. Marconi, Owen D. Young und Thomas A. Edison teilnahmen, hat die NELA unter dem Titel „Umspannung der Erde, ein Meilenstein des menschlichen Fortschritts" in den drei Konferenzsprachen eine sehr hübsch ausgestattete Broschüre erscheinen lassen, in der die Ansprachen der genannten Herren wiedergegeben sind.

Energiewirtschaft.

Die Elektrizitätswirtschaft der UdSSR im Jahr 1928/29[1]. — Die Leistung der öffentlichen Elektrizitätswerke der UdSSR betrug am 1. I. 1930 1,296 Mill kW, wovon 821 800 kW auf die Überlandzentralen entfielen. Ihre Zunahme wird nicht nur durch die Inbetriebsetzung neuer Werke (Schachtinskaja mit 44 000, Kijewsche mit 11 000, Grosnenskaja mit 10 000 kW) und die Erweiterung der vorhandenen („Roter Oktober" auf 45 500, Sterowskaja auf 44 000 kW) erklärt, sondern auch durch die Überführung einiger industrieller Einzelanlagen (im Donbassin) in die Klasse der öffentlichen Elektrizitätswerke.

Die Stromerzeugung im Jahr 1928/29 hat das Planamt des Energozentr (vormals statistisches Bureau des Glewelektro) auf 5985 Mill kWh berechnet[2], die sich aus 2410 Mill kWh der industriellen Anlagen, 117 Mill kWh der Anlagen des Verkehrskommissariats und 3457 Mill kWh der öffentlichen Elektrizitätswerke zusammensetzen. Da die Statistik nicht für alle Anlagekategorien durchgeführt wurde, haben diese Zahlen nur einen angenäherten Wert. Monatlich gesammelte Angaben von öffentlichen Elektrizitätswerken über 250 kW (seit 1928/29 auch über 25 kW) zeigen folgende Tendenz:

Wirtschaftsjahr	Überlandzentralen			übrige öffentliche Elektrizitätswerke über 250 kW			Insgesamt		
	Anzahl	Leistung 1000 kW	Erzeugung Mill kWh	Anzahl	Leistung 1000 kW	Erzeugung Mill kWh	Anzahl	Leistung 1000 kW	Erzeugung Mill kWh
1925/26	16	353	1121	103	151	314	119	504	1435
1926/27	19	503	1405	103	158	363	122	661	1768
1927/28	21	573	1814	108	192	465	129	765	2279
1928/29	24	710	2319	111	220	579	135	930	2898

Die Stromabgabe der in vorstehender Übersicht berücksichtigten Anlagen ist in den Wirtschaftsjahren 1926/27 bis 1928/29 von 1434,7 auf 2422,6 Mill kWh gestiegen und der Anteil der Kraftstromlieferung daran von 58,6 auf 63,9 % (66,2 % i. V.), während der der Lichtabgabe eine Abnahme von 23,4 auf 19,8 %, der Anteil der Straßenbahnen eine solche von 14,8 auf 12,4 % aufweist.

Im Wachstum der Elektrizitätswirtschaft macht sich eine Rationalisierung insofern bemerkbar, als der Brennstoffverbrauch bei den angeführten Werken sich 1928/29 im Durchschnitt auf 0,87 kg und bei den Überlandzentralen auf 0,78 kg/kWh gegenüber 0,93 bzw. 0,84 kg im Jahr 1927/28 verringert hat. 1928/29 wurden 2,16 Mill t Brennstoff mit einem mittleren Heizwert von 7000 kcal verbraucht; davon entfielen 36,1 % auf Naphtha, 26,3 % auf Steinkohle, 2,2 % auf Braunkohle und 30,6 % auf Torf. Im letzten Berichtsjahr kamen 59 % der von den Überlandzentralen erzeugten Arbeit auf die nach der Revolution erbauten Anlagen (55 % i. V.); diese nutzen die örtlichen Energieträger (Torf, Braunkohle, Kohlenstaub und Wasser) aus.

Die Einnahmen der oben genannten Werke betrugen 1928/29 196 Mill Rbl, bei einem Durchschnittstarif von 8,12 kop/kWh; Licht kostete im Mittel 20,2 kop, Strom für industrielle Zwecke 4,88 kop/kWh. N. Dehn.

[1] Vgl. ETZ 1927, S. 1294; 1928, S. 154; 1929, S. 665 ff.
[2] Elektritschestwo 1930, S. 454.

Betriebsbeginn im Kraftwerk Ryburg-Schwörstadt. — Mitte September wurde der erste der vier Maschinensätze des Kraftwerks Ryburg-Schwörstadt in Betrieb gesetzt. Jede der Kaplanturbinen nutzt bei 75 U/min und Niedrigwasser des Rheins ein höchstes Nettogefälle von 11,8 m aus, das sich bei hohen Wasserständen auf 9 m verringert. Bei dem Punkt des besten Wirkungsgrades, welch letzterer fast 92 % beträgt, ist die Schluckfähigkeit der Turbine 250 m³/s und bei Überlastung 300 m³/s. Die voraussichtliche Endsumme der Anlagekosten, die bei Beginn der Bauarbeiten für insgesamt 1000 m³/s zu 62,4 Mill schw. Fr ermittelt worden war und trotz einer Steigerung der Nutzbarmachung bis zu 1200 m³/s und Erhöhung des Wirkungsgrades der Turbinen diesen Betrag nicht ganz erreichen dürfte, wird sich nach Angaben von Prof. Dr. R. Haas[1] zu 14,1 % auf die Vorarbeiten, Konzession, Gründung, Grunderwerb usw., zu 34,7 % auf wasserbauliche und bauliche Anlagen und zum gleichen Prozentsatz auf Krane, Schützen, Turbinen, Generatoren, Schaltanlagen, ferner zu 1,7 % auf Wohlfahrtseinrichtungen, Wohnungen usw. und zu 14,8 % auf den Entwurf, die Bauleitung, Bauzinsen, Steuern, Verwaltung, Finanzierung verteilen.

Der Stromverbrauch nordamerikanischer Haushaltungen im Jahr 1929. — Nach einer Mitteilung der National Electric Light Association hat ihr Volkswirt M. Carpenter kürzlich eine Untersuchung über den Stromverbrauch der Haushaltungen (domestic customers) in den V. S. Amerika veröffentlicht, als deren Ergebnis folgende für 1929 geschätzten Werte angegeben werden:

Durchschnittlicher Stromverbrauch des Abnehmers im Monat kWh	Abnehmer		Jahresverbrauch	
	Zahl in 1000	% der Gesamtzahl	Mill kWh	% des Gesamtverbrauchs
0 ... 10	1 650	8,4	125	1,3
11 ... 20	4 250	21,8	800	8,2
21 ... 30	4 350	22,3	1 325	13,5
31 ... 40	3 200	16,3	1 350	13,7
41 ... 50	2 050	10,6	1 125	11,5
51 ... 70	1 950	10,0	1 375	13,9
71 ... 100	1 100	5,7	1 100	11,3
über 100	980	4,9	2 600	26,6
Insgesamt . .	19 530	100	9 800	100

Daraus ergibt sich, wie die Mitteilung besagt, daß mehr als 10 Millionen von den 19,5 Mill Abnehmern genannter Kategorie weniger als 30 kWh im Monat verbrauchten und mehr als die Hälfte der Konsumenten nur 23 % der insgesamt zur Verteilung gelangten elektrischen Arbeit. Anderseits haben weniger als 1 Mill Abnehmer monatlich über 100 kWh bezogen und dennoch über ein Viertel der Gesamtabgabe, also mehr als die oben genannten 10 Mill Konsumenten zusammen.

Aus der deutschen Elektrizitätswirtschaft[2]. — Die Thüringische Elektrizitäts- und Gas-Werke AG., Apolda, berichten über das Geschäftsjahr 1929/30, daß im Elektrizitätswerk Apolda der Anschlußwert zwar etwas gestiegen, die nutzbare Stromabgabe jedoch infolge erheblicher Betriebseinschränkungen in der ortsansässigen Wollindustrie während des zweiten Halbjahrs um 1,5 % gegen das Vorjahr zurückgegangen sei. Die Elektrizitätsversorgung Geraberg konnte ihren Anschlußwert etwas und die nutzbare Lieferung um 3 % steigern. Bei der Elektrizitätsversorgung Langewiesen betrug diese Zunahme 4,5 %.

Die Stromerzeugung der Kraftwerk und Straßenbahn Gera AG. betrug 1929/30 16,805 Mill kWh (16,625 i. V.) und die nutzbare Abgabe 13,690 Mill kWh (13,565 i. V.) bei einer Erhöhung des Anschlußwertes von 19 923 auf 20 728 kW.

[1] VDI-Nachr. 1930, Nr. 44.
[2] Vgl. ETZ 1930, S. 1599.

Digitized by Google

Die von der Preag vor einiger Zeit ins Leben gerufenen Gesellschaften Oldenburgische Stromversorgungs-AG. und Weser-Ems-Stromversorgungs-AG., Leer, von denen erstere über 6 Mill RM und letztere über 2,4 Mill RM Aktienkapital verfügt, sind nunmehr zur Stromversorgungs-AG. Oldenburg-Ostfriesland, Oldenburg, zusammengeschlossen worden. Deren Aktienkapital von 10 Mill RM verteilt sich auf die Preag (50 %), die Städte Oldenburg, Leer, Brake und den Landkreis Emden.

Kurze Auslandsnachrichten. — Schweiz. Zur Lösung von Finanzierungsaufgaben jeder Art, besonders auch zwecks Zusammenfassung und Verstärkung der im Lauf der Entwicklung entstandenen Beziehungen zwischen schweizerischen Bankkreisen, den Nordwestdeutschen Kraftwerken AG., Hamburg, der Vereinigten Saar-Elektrizitäts-AG., Saarbrücken, und der Kraftwerk Wehrden G. m. b H., Völklingen, wurde in Basel die Continentale Elektrizitäts-Union AG. gegründet. Beteiligt sind die Preag nebst den oben genannten Unternehmungen mit 52 %, eine schweizerische und eine weitere deutsch-ausländische Finanzgruppe mit je 24 % des autorisierten Aktienkapitals der neuen Gesellschaft von 20 Mill schw. Fr. Zum Präsidenten des Verwaltungsrats wurde Dr. A. Wieland-Zahn (Baseler Handelsbank) gewählt. Die Ordnung und Vereinheitlichung der Elektrizitätsversorgung des Saargebiets wird bei dieser Gründung zunächst eine wichtige Rolle spielen. — Österreich. In Wien ist nunmehr der im Elektrizitätsgesetz vorgesehene Elektrizitätsbeirat zusammengetreten. Er wird aus von den Bundesländern benannten Exponenten der Elektrizitätswirtschaft, Vertretern der Handels- und Arbeiterkammern und aus vom Handelsministerium gewählten Beisitzern gebildet. — China. Die Nanking-Regierung beabsichtigt, längs der Eisenbahn Schanghai—Nanking vier größere Kraftwerke mit einer Leistung von zusammen 140 000 kW zu errichten. Gegenwärtig arbeitet der Nationale Wiederaufbaurat Pläne für zwei Wasserkraftanlagen aus; die eine soll bei Sanhsien am Yangtse, die andere bei Lungmen am Gelben Fluß gebaut werden. Ferner untersucht man z. Z. verwertbare Wasserkräfte verschiedener großer Ströme des Landes.

RECHTSPFLEGE.

Der Rechtscharakter der Gebühr für den Anschluß an das Leitungsnetz. — Eine Gemeinde errichtete eine Anlage, um den ihr von einer Überlandzentrale zugeführten Strom an die Gemeindeangehörigen weiterliefern zu können. Sie stellte hierfür ein Niederspannungsnetz und alle sonst noch erforderlichen Einrichtungen her. Für den Strombezug durch Gemeindeangehörige schrieb sie unter anderem vor, daß für jedes einzelne Wohngebäude eine sog. „Anschlußgebühr" zu entrichten sei. Ein Gemeindeangehöriger bestritt ihr dieses Gebührenrecht und beantragte Freistellung von der von ihm als Gemeindeabgabe bezeichneten Gebühr. — Das OVG. wies den Antrag mit Entscheidung v. 14. I. 1930 — II C 99/29 — als unbegründet zurück.

Das Unternehmen der Gemeinde, nämlich den ihr von der Überlandzentrale zugeführten elektrischen Strom an die Gemeindeangehörigen zu liefern, hierfür ein Niederspannungsnetz und sonstige Anlagen herzustellen, ist als öffentliches Gemeindeunternehmen anzusehen. In der Verwaltung dieses Unternehmens ist die Gemeinde, soweit nicht Befugnisse der Aufsichtsbehörde entgegenstehen, frei und demnach berechtigt, Strombezugsbedingungen vorzuschreiben. In dieses Recht ist durchaus die Vorschrift mit dem hier streitigen Inhalt einbegriffen, daß nämlich für jedes einzelne Wohngebäude eine „Anschlußgebühr" zu zahlen sei. Diese ist keine Gemeindeabgabe, sondern eine Art Vergütung für den Anschluß an das örtliche Stromnetz.

In einer Entscheidung v. 24. VI. 1913 — II C 23/13 — hat sich das OVG. auch über den Charakter einer solchen Vergütung — ob öffentlich-rechtlicher oder privatrechtlicher Natur — ausgesprochen. Es kommt zu dem Schluß, daß eine einmalige Vergütung, die nicht für die Benutzung einer von der Gemeinde im öffentlichen Interesse unterhaltenen Anlage, sondern als Entgelt dafür gefordert wird, daß die Gemeinde — nach Art eines Installateurs — die Herstellung des Anschlusses des Grundstücks an die Anlage bewirkt, eine Vergütung privatrechtlicher Natur sei.

Strompreiserhöhung und § 138 BGB. — Gegen die Strompreispolitik eines gemeindlichen Elektrizitätswerkes und gegen die Höhe der von diesem neuerdings berechneten Strompreise erhob ein Strombezieher Einspruch mit der Begründung, der geforderte Preis stehe in auffälligem Mißverhältnis zum Wert der Leistung, es liege offenbare Übervorteilung der Abnehmer und ein Mißbrauch der Monopolstellung des Werkes vor, indem dem Verkehr durch überhöhte Preise unbillige und unverhältnismäßige Opfer auferlegt würden. Der Abnehmer klagte vor dem ordentlichen Gericht, wobei er sich auf § 138 BGB bezog. § 138 BGB bestimmt in seinem hier besonders in Frage kommenden Absatz II, daß ein Rechtsgeschäft nichtig ist, durch das jemand unter Ausbeutung der Notlage eines anderen sich für eine Leistung Vermögensvorteile versprechen oder gewähren läßt, welche den Wert der Leistung dergestalt übersteigen, daß den Umständen nach die Vermögensvorteile in auffälligem Mißverhältnis zu der Leistung stehen.

Das OLG. Hamm nahm in seinem Urteil v. 10. IV. 1930 — 10. U. 28/30 — eingehend Stellung zu den durch Heranziehung des § 138 BGB aufgeworfenen Fragen. Aus der Begründung: Das Elektrizitätswerk der beklagten Gemeinde muß als ein „Privatunternehmen" angesehen werden, da es in Gewinnabsicht betrieben wird. Der Stromlieferungsvertrag untersteht deshalb den Grundsätzen des Privatrechts, also auch dem § 138 BGB. Das Werk ist allerdings ein gewerbliches Unternehmen im Sinne des Preuß. Kommunalabgabengesetzes. Seine Tarife können danach von der Aufsichtsbehörde festgestellt und die Beträge der Strompreisrechnungen notfalls im Verwaltungszwangsverfahren beigetrieben werden. Das ändert jedoch an dem privatrechtlichen Charakter des Stromlieferungsvertrages nichts. Wider die guten Sitten im Sinne des § 138 BGB würde nun das Werk, das praktisch für Kleinabnehmer eine Monopolstellung innehat, verstoßen, wenn es diese Monopolstellung dazu mißbrauchen würde, dem Verkehr unbillige und unverhältnismäßige Opfer aufzuerlegen. Diese Voraussetzungen treffen jedoch auf das beklagte Werk nicht zu. Nach § 2 Pr KommAbgG. dürfen die Gemeinden von der Befugnis, Steuern zu erheben, nur insoweit Gebrauch machen, als die sonstigen Einnahmen, insbesondere aus dem Gemeindevermögen, nicht zur Dekkung ihrer Ausgaben ausreichen. Nach § 3 dieses Gesetzes müssen die gewerblichen Unternehmungen der Gemeinden grundsätzlich so verwaltet werden, daß durch die Einnahmen mindestens die gesamten durch die Unternehmung der Gemeinde erwachsenden Ausgaben, einschließlich der Verzinsung und Tilgung des Anlagekapitals, aufgebracht werden. Aus dem Worte „mindestens" geht hervor, daß Überschüsse zur Deckung des städtischen Finanzbedarfs erzielt werden dürfen und sogar müssen. Die Gemeinde durfte daher bei der Festsetzung der Strompreise ihren sonstigen Finanzbedarf, der zur Befriedigung ihrer öffentlich-rechtlichen Aufgaben notwendig ist, berücksichtigen. Die Gemeinden müssen bei der Verwaltung ihrer Betriebe von anderen Grundsätzen ausgehen als Privatleute, da sie Steuern erst in letzter Linie erheben dürfen und darauf bedacht sein müssen, ihren Finanzbedarf in anderer Weise, insbesondere aus den Betrieben, zu decken. Es handelt sich hierbei zwar um einen öffentlich-rechtlichen Grundsatz, der bei Beurteilung des vorliegenden privatrechtlichen Verhältnisses aber zu beachten ist. — Der geforderte Strompreis (48 Pf) steht auch nicht in auffälligem Mißverhältnis zur Leistung. Als Maßstab für die Beurteilung der Höhe eines Strompreises im Einzelfall hat der „verkehrsübliche" Preis zu gelten. Wenn man nun berücksichtigt, daß in vielen Gemeinden Westdeutschlands ein Preis von 40 bis 50 Pf berechnet wird, so hält sich der hier beanstandete Preis durchaus in dieser Linie. Unerheblich ist es auch, ob das Werk an auswärtige Bezieher den Strom billiger liefert. Es kann dem Werk nicht verwehrt werden, aus besonderen Gründen, z. B. aus Gründen der Konkurrenz, einem Teil seiner Abnehmer den Strom billiger zu liefern. Der geforderte Preis verstößt auch nicht gegen das Rechtsempfinden der Bevölkerung, wenn auch zuzugeben ist, daß ihn manche Volkskreise für zu hoch halten. Denn der Preis wird vom Magistrat unter Mitwirkung der Stadtverordnetenversammlung oder einem aus dieser gebildeten kleineren Gremium, also von Vertretern der Bürgerschaft, festgelegt. Die Bürgerschaft hat mithin, u. zw. durch die Wahlen, einen weitgehenden Einfluß auf die Festsetzung der Preise. Außerdem untersteht die Preisfestsetzung der Aufsicht der Kommunalaufsichtsbehörde. Unter solchen Umständen kann man von einem Monopolmißbrauch des beklagten Werkes nicht sprechen. — Von einer Ausbeutung der Notlage des klagenden Stromabnehmers (§ 138 Abs. II BGB) kann schon deshalb keine Rede sein, weil sich dieser in einer Notlage, d. h. in einer dringenden Not, welche seine wirtschaftliche Existenz bedroht, nicht befindet. Die von dem Kläger beanstandete Preiserhöhung bringt ihm eine jährliche Mehrausgabe von 28 RM. Dadurch wird seine Existenz

Digitized by Google

nicht bedroht. Wenn er den geforderten Preis nicht bezahlen will, muß er vom Strombezug Abstand nehmen. Auch der Umstand, daß der Kläger den von ihm benötigten Strom nur von dem beklagten Werke beziehen kann, schafft für ihn noch keine Notlage im Sinne des § 138 Abs. II BGB. Ist einmal festgestellt, daß in einem Falle die Voraussetzungen des § 138 BGB nicht vorliegen, kann es schließlich auch darauf nicht ankommen, wie hoch der Strompreis dem Lieferwerke zu stehen kommt.

Dr. jur. C. v. dem Busch.

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftsstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Einladung

zur ordentlichen Sitzung am Dienstag, dem 25. November 1930, 7½ Uhr abends, im Großen Vortragsaal des Langenbeck-Virchow-Hauses, Berlin NW 6, Luisenstr. 58/59.

Tagesordnung:

1. Geschäftliche Mitteilungen.
2. Filmvortrag des Herrn Obering. J. Wallich (Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren G. m. b. H., Hermsdorf/Thür.) über das Thema: „Herstellung von Kappenisolatoren und ihr Schutz gegen Lichtbogen großer Leistung".

Inhaltsangabe:

Vorzüge und Bauarten der Kettenisolatoren; Herstellungsgang von Kappenisolatoren vom Rohstoff bis zum Fertigerzeugnis einschließlich der elektrischen Massenprüfung mit technischem Wechselstrom und Spannungsstoß.

Schutz von Einzelisolatoren und Isolatorenketten gegen Lichtbogen großer Leistung. Veranschaulichung der Wirkungsweise von Schutzarmaturen, die auf Grund umfassender Versuche der Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren G. m. b. H. als besonders wirksam erkannt worden sind, mit Hilfe eines Zeitlupenfilmes. Bei den mit der Zeitlupe aufgenommenen Vergleichsversuchen an Isolatoren ohne und mit Schutzarmaturen ermöglicht die erstmalig angewendete Aufnahmezahl von 1500 Aufnahmen in 1 s einen bisher noch nicht erreichten Einblick in den Verlauf der Überschläge und die Schutzwirkung der Armaturen.

Die Mitglieder werden gebeten, ihre Mitgliedskarten beim Eintritt vorzuzeigen. Gastkarten für einzuführende Gäste bitten wir, vor der Sitzung bei der Geschäftstelle abzufordern.

Ohne Karten kein Zutritt.

Elektrotechnischer Verein e. V.
Der Vorsitzende:
Dr.-Ing. Feyerabend.

Bericht

über die außerordentliche Sitzung des Elektrotechnischen Vereins e. V. verbunden mit der Hauptversammlung der Heinrich-Hertz-Gesellschaft zur Förderung des Funkwesens e. V., am 21. Oktober 1930.

Vortrag

des Herrn M. von Ardenne über das Thema:

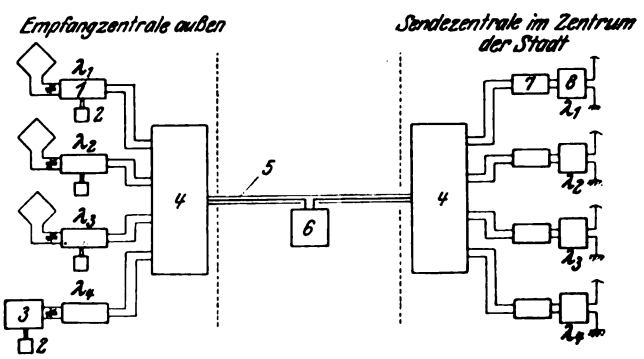
„Eine Methode zur Schaffung guter Empfangsverhältnisse für den Rundfunk in der Großstadt[1]"

nebst Besprechung.

Vorsitz: Herr Präsident a. D. Prof. Dr.-Ing. E. h. Dr. phil. K. W. Wagner.

Herr M. von Ardenne trägt folgendes vor:

Feldstärkemessungen zeigen, daß in der Großstadt die Störungen im Durchschnitt 50 ... 100mal so stark sind wie auf dem Lande; weiterhin sinkt die Feldstärke der Fernsender in der Stadt oft auf 10 % ihres Wertes auf freiem Gelände infolge der Absorption durch Gebäudemassen und Leiter. Diese Zahlen geben eine quantitative Unterlage für die seit langem bekannte Tatsache, daß ein störungsfreier Fernempfang in den Großstädten praktisch unmöglich ist. Aus den Messungen folgt unmittelbar die Möglichkeit einer Verbesserung: sie besteht darin, das Hochfrequenzfeld mit dem günstigen Störverhältnis des freien Landes in das Zentrum der Großstadt zu übertragen. Eine solche Feldverstärkung kann mit der in Abb. 1 schematisch angedeuteten Einrichtung bewirkt werden. Um Störungen in der Umgebung und in der Stadt selbst zu vermeiden, empfiehlt es sich, nicht das gesamte Feld evtl. aperiodisch zu verstärken, sondern nur die Hochfrequenzbänder von etwa 4 ... 6 bevorzugten Fernstationen. In etwa 30 km Entfernung vom Zentrum wird man eine entsprechende Anzahl Antennen und Empfänger aufstellen, die Fadingausgleich und andere gute Eigenschaften aufweisen, die die heutige Technik zur Verfügung stellt. Nach gemeinsamer Verstärkung in einem Hochfrequenz-Kraftverstärker wird das entstehende Frequenzgemisch über eine Energieleitung oder über eine Ultrakurzwellen-Verbindung, wie sie für diesen besonderen Zweck entwickelt wurde, in das Innere der Stadt geleitet. In der Stadt führt ein gemeinsamer Vorverstärker die einzelnen Frequenzbänder den verschiedenen getrennt arbeitenden Sendern zu. Alle Sender sind etwa gleichstark und unmittelbar neben dem Ortsender aufzustellen. Für sie ist



1 Bandfilter-Hochfrequenzverstärker
2 Fadingausgleich
3 Kurzwellenvorsatz
4 aperiodischer Hochfrequenz-Kraftverstärker
5 Energieleitung
6 aperiodischer Zwischenverstärker selektiver Verstärker
8 Sender

Abb. 1. Prinzipschaltbild.

eine Leistung von 0,3 ... 0,5 kW angemessen, wenn der Ortsender 5 kW stark ist. Durch diese Bemessung und durch die Aufstellung der Relaissender unmittelbar neben dem Ortsender wird erreicht, daß eine Störung des Ortsempfanges durch die Relaissender nur bei außerordentlich stark gedämpften Anlagen (Dämpfung größer als 50 %) denkbar ist. Zur Trennung von sechs Stationen neben der Welle des Ortsenders genügt bereits, wie Abb. 2 erkennen läßt, ein Dämpfungsdekrement von 15 %, das grundsätzlich mit Detektorapparaten, immer aber mit Röhrenapparaten und einem Abstimmkreise zu erreichen ist. Die angegebene Relaissenderstärke würde genügen, um innerhalb einer Stadt von der Ausdehnung Berlins ein Feld hervorzurufen derart, daß das ursprüngliche Feld der nach besonderen Gesichtspunkten ausgewählten Wellen auf mindestens das 5fache verstärkt wird. Selbstverständlich ergeben sich in der Zone, wo direktes Feld und Relaisfeld angenähert gleiche Feldstärken haben, Interferenzerscheinungen ähnlich wie beim Gleichwellenrundfunk. Beschränkt man sich bei der Feldverstärkung auf 4 ... 6 oder gar noch weniger Sender, so würde selbst dann, wenn eine völlige Auslöschung der entsprechenden Wellen in der Umgebung der Stadt eintreten könnte, die verursachte Schädigung keinesfalls kritisch sein, denn dem Hörer auf dem Lande stehen zur freien Auswahl 40 ... 60 Stationen zur Verfügung. Er würde es kaum bemerken, wenn 4 ... 5 Stationen ausfallen würden. Selbst in diesem ungünstigsten Grenzfalle läßt sich eine Schädigung der Hörer in der Umgebung der Stadt vollkommen vermeiden, wenn nur das Feld derjenigen Sender verstärkt wird, deren Programme auf mehreren Wellen gleichzeitig gegeben werden. In Wirklichkeit tritt in der Umgebung der Stadt keinesfalls eine völlige Auslöschung des Fernfeldes ein, vielmehr ist durch das Hinzukommen des Relaisfeldes nur eine Beeinflussung des sowieso vor-

[1] Vgl. hierzu den nach Abhaltung dieses Vortrags verfaßten Aufsatz v. Ardennes auf S. 1619 dieses Heftes.

Digitized by Google

handenen normalen Fadings gegeben. Die nach Einbruch der Dunkelheit zwangsläufig vorhandenen Schwunderscheinungen verhindern das Auftreten von Auslöschungszonen konstanter Lage. An dem Charakter des Fadings dürfte der Hörer auf dem Lande kaum erkennen können, ob es sich um ein normales Fading handelt oder um ein unter Wirkung des Relaisfeldes entstandenes Fading. Besser als alle theoretischen Betrachtungen über nachteilige Begleiterscheinungen der Feldverstärkung wird der praktische Versuch im großen eine Antwort darauf geben können, ob der Vorteil überwiegt, der darin liegt, der in der Großstadt zusammengefaßten Masse der Rundfunkhörer ein Vielprogramm ohne Verwendung neuer Wellen zu bieten.

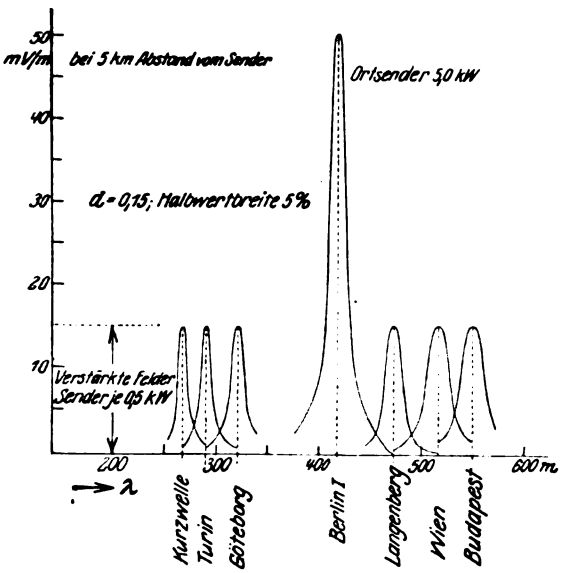


Abb. 2. Resonanzkurven für einen Empfänger schlechter Selektion.

Zum Schluß wurde über praktische Versuche berichtet, die im kleinen nach den vorgetragenen Gesichtspunkten ausgeführt worden sind. Durch diese Versuche seien die Fragen der Modulation ultrakurzer Wellen mit mehreren ihrerseits modulierten Hochfrequenzen und der Demodulation geklärt worden.

An den Vortrag schloß sich eine Besprechung im wesentlichen folgenden Inhalts:

Herr Staatssekretär Dr. Bredow äußerte Bedenken gegen die Durchführbarkeit dieser Vorschläge: v. Ardenne will im Relaissender ausländische Exklusivwellen benutzen; dem stehen internationale Bestimmungen entgegen; ob sie geändert werden können, ist zweifelhaft, weil bei Ardennes Verfahren Störungen des Empfangs im Ursprungslande nicht ausgeschlossen sind. Ob mit Relaissendern von nur 0,3 ... 0,5 kW der beabsichtigte Zweck erreichbar ist, erscheint fraglich, besonders im Hinblick auf den Ausbau der Großsender, der jetzt im Gange ist. Die Qualität des Fernempfangs reicht für den vorgeschlagenen Zweck nicht aus, auch ist mit empfindlichen Störungen von Ortsempfang und Fernempfang zu rechnen. Ehe große Mittel zur Verwirklichung der fleißig und eingehend bearbeiteten Vorschläge aufgewendet werden, würde es nötig sein, zuerst einmal mit den vorhandenen Mitteln die Punkte einwandfrei festzustellen, auf die es nachher in der Praxis ankommt.

Herr Prof. Dr. Kiebitz wies darauf hin, daß die drahtlose Fernübertragung trotz Fadingregelung zu unsicher ist, um programmäßig ausgeführt zu werden. Die Ortsempfänger sind zum großen Teil so wenig trennscharf, daß der vorgetragene Plan nicht ohne Störung des Ortsempfangs verwirklicht werden kann. Im Fernempfang werden die vom Gleichwellenbetrieb her bekannten Verwirrungsgebiete auftreten und den Fernempfang in einem großen Teile von Deutschland stören.

Herr Prof. Dr. Leithäuser führte aus, daß man bei der Bewertung der Qualität der Übertragungen nicht wie der Vortragende mit dem mittleren Störspiegel rechnen dürfe, sondern die unangenehmen Spitzenwerte berücksichtigen müsse. Relaissendungen kann man mit einfacheren Mitteln vornehmen. Prof. Esau hat kürzlich auf die guten Ausbreitungsverhältnisse ultrakurzer Wellen in den Städten hingewiesen; Versuche in dieser Richtung sind im Gange.

Herr Dr. Runge betonte, daß zur Beurteilung der Ardenneschen Vorschläge gründliches Beobachtungsmaterial vorliegt; der Durchführung stehen entgegen erstens die mäßige Qualität des Fernempfangs und zweitens die Interferenzfadings, die jeden Gleichwellenbetrieb stören.

Herr Dr. Nesper befürchtete Störungen des Ortsempfangs; schon jetzt wird in Berlin der Ortsempfang gelegentlich durch die starken europäischen Großsender beeinträchtigt; die Selektivität der gebräuchlichen Empfänger müßte außerordentlich gesteigert werden. Wenn einmal die Vorschläge Ardennes Aussicht auf Erfolg bieten sollten, könnte man sie mit einem Aufwand von 20 000 ... 30 000 RM verwirklichen, falls die erforderlichen Sender und Empfänger zur Verfügung stehen.

Herr Dr. Schapira begrüßte vom Standpunkt der Industrie die Aussicht, daß die einfachen Empfangsgeräte durch wertvollere zu ersetzen sein würden. Er warnt aber vor der sensationellen Behandlung, die Ardennes Vorschläge in der Tagespresse erfahren haben; denn es muß dem Rundfunk schaden, wenn ihm die Presse Dinge zuschreibt, die er nicht machen kann.

Elektrotechnischer Verein.
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

Bekanntmachung.

Kommission für Bahnwesen.

Die bei dem Zentralverband der deutschen elektrotechnischen Industrie mit Normungsarbeiten des Bahnwesens beschäftigte Normgruppe „Bahnen" hat folgende Normblattentwürfe aufgestellt:

DIN VDE 3150	Speiseklemme,
DIN VDE 3151	Stegklemme für Rillen-Fahrdraht, Seil- oder Runddraht,
DIN VDE 3153	Gabelkauschen,
DIN VDE 3156	Fahrdrahthalter für gerade Strecke (für Straßen- und Grubenbahnen), Hauptabmessungen.

Die Entwürfe sind in der Zeitschrift „Die Verkehrstechnik", Heft 47 vom 21. November 1930, mit einer Einspruchsfrist bis zum 31. Dezember 1930 veröffentlicht.

Einsprüche gegen diese Entwürfe sind in zweifacher Ausfertigung an die Geschäftstelle des VDE zu richten.

Kommission für Rundfunkstörungen.

Da die Frage der Rundfunkstörungen durch elektrische Geräte die Allgemeinheit in zunehmendem Maße beschäftigt, hat der Verband Deutscher Elektrotechniker am 8. Oktober 1930 eine „Kommission für Rundfunkstörungen" eingesetzt. In dieser Kommission sind vertreten die Deutsche Reichspost, die Reichs-Rundfunk-Gesellschaft, die Vereinigung der Elektrizitätswerke, der Zentralverband der deutschen elektrotechnischen Industrie, der Verband der Funkindustrie und der Verband Deutscher Verkehrsverwaltungen. Alle diese an der Frage hervorragend interessierten Verbände haben ihre sachkundigsten Fachleute in diese Kommission entsandt.

Die Kommission hat ihre Arbeiten sofort begonnen. Sie erstrecken sich im wesentlichen auf die eingehende Untersuchung der wirkenden Störungsursachen, auf die messende Erfassung der vorhandenen Störungen und vor allem auf die Abhilfsmaßnahmen gegen Rundfunkstörungen, soweit sie beim heutigen Stande der Technik überhaupt erreichbar sind. Eine der dringendsten Aufgaben ist die Herausgabe von Sicherheitsvorschriften für die im Handel erhältlichen Störbefreiungsgeräte, um eine Basis für deren weitgehende Anwendung zu schaffen.

Die Kommission beabsichtigt, auf Grund ihrer Arbeiten und im Zusammenwirken aller an den Störungen interessierten Kreise, Richtlinien herauszugeben, die es alsdann ermöglichen, die Rundfunkstörungen mehr und mehr zurückzudrängen.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

Digitized by Google

SITZUNGSKALENDER.

Oberschles. Elektrotechn. Verein, Gleiwitz. 25.XI.1930, nachm. 5 h, Büchereisaal der Donnersmarckhütte in Hindenburg: Vortrag Dr.-Ing. Behne, „Die neuen Schlagwetterschutzbestimmungen des VDE in ihrer Auswirkung auf den Bau und die Verwendung el. Maschinen und Apparate unter Tage mit Einschluß der Grubenlokomotiven".

Elektrotechn. Verein in Hamburg. 26. XI. 1930, abds. 7½ h, Saal 18 der Techn. Staatslehranstalten, Lübeckertor 24: Vortrag Dr. Mühlbrett, „El. Fernmessung und Fernsteuerung".

Elektrotechn. Verein Düsseldorf. 20. XI. 1930, abds. 8 h, Saal 1, I. Stock der städt. Tonhalle: Vortrag Dr. Meyer-Delius, „Beeinflussung von Schwachstromleitungen durch Gleichstrombahnen".

Elektrotechn. Verein des Berg. Landes, Elberfeld. 25. XI. 1930, abds. 8 h, Wuppertal-Elberfeld, „Saal der Technik", Alexanderstr. 18: Vortrag Dipl.-Ing. Sumerer, „Licht- und Raumgestaltung".

Württ. Elektrotechn. Verein, Stuttgart. 29. XI. 1930, nachm. 3 h, Gr. Hörsaal des Neubaus der T. H., Keplerstr. 10: Vortrag Dir. A. Kaech, „Das Schweizerische Gletscherkraftwerk an der Grimsel" (m. Lichtb. u. Filmvorführ).

Deutsche Beleuchtungstechn. Gesellschaft, Berlin. 28.XI. 1930, nachm. 5½ h, Physikal. Hörsaal der T. H.: Vortrag Obering. H. Klein, „Vorführung eines neuen Sehleistungsprüfapparates und Entwicklung einer psycholog. Bewertungsmethode für Straßenbeleuchtungsanlagen". Anschließend Aussprache.

Deutscher Wasserwirtschafts- und Wasserkraft-Verband, Berlin. 2. XII. 1930, nachm. 5 h, gr. Saal des Ingenieurhauses: Ord. Hauptversammlung. 1. Lichtbildervortrag Dir. W. Münch, „Das Tauernwerk". 2. Vortrag Prof. Dr. Jul. Wilser, „Geologie und Wasserkraftausbau".

Deutsche Gesellschaft für Elektro-Schweißung E. V., Berlin. 12. XII. 1930, abds. 8 h, gr. Saal des Ingenieurhauses: Vortrag Dipl.-Ing. S. Sandelowsky, „Untersuchung von Elektroden für die Lichtbogenschweißung". Anschließend Aussprache.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

H. Görz †.

Am 9. XI. d. J. verstarb nach langem schwerem Leiden, kurz vor Vollendung seines 70. Lebensjahres, Herr Geheimer Baurat Dr.-Ing. E. h. Hermann Görz. Der Verstorbene wurde am 31. I. 1861 zu Mainz geboren und war nach bestandenem Abiturium zunächst praktisch in der mechanischen Werkstätte R. Fuess tätig, woran sich das Studium der Physik und Mathematik an der Universität Berlin anschloß. Dies wurde durch seine Dienstzeit unterbrochen. Vom Jahre 1882 an bis zum Sommer 1884 folgte das Studium der Elektrotechnik an der T. H. Darmstadt. Seine erste Anstellung fand Görz im Jahre 1884 als Ingenieur bei den Berliner Elektricitätswerken. Im Jahre 1886 trat er zur Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft über, bei der er als Ingenieur, Oberingenieur, Prokurist und stellvertretendes Vorstandsmitglied tätig war. Im Jahre 1893 trat Geheimrat Görz als Direktor zur Firma Siemens & Halske in St. Petersburg über, wo er unmittelbarer Mitarbeiter des Begründers der russischen Siemens-Gesellschaft, Carl von Siemens, wurde. In dieser Eigenschaft hat er an dem Weiterausbau und Emporblühen der russischen Siemens-Gesellschaft entscheidend mitgewirkt, deren Leitung er später selbständig übernahm. Gleichzeitig wurde er nach Gründung der russischen Aktiengesellschaft Siemens-Schuckert deren leitender Direktor. Im Jahre 1908 wurde er durch die Ernennung zum hessischen Baurat ausgezeichnet, der im Jahre 1917 die Verleihung des Titels Geheimer Baurat folgte. Trotz seines vorgeschrittenen Alters meldete sich Geheimrat Görz bei Ausbruch des Krieges zum Kriegsdienst. Er fand zunächst bei der Kommandantur Berlin, dann im Preußischen Kriegsministerium Verwendung, von dem er als Referent in Wirtschaftsfragen zum Stabe des Kriegsministers im Großen Hauptquartier kommandiert wurde. Später hat er auch als Vorstand der „Ausgleichstelle der Bundesstaaten für Heereslieferungen" und als ständiger Vertreter Preußens in dieser für gerechte Verteilung der Lieferungen auf die einzelnen Bundesstaaten während des Krieges gewirkt. Nach dem Kriege übernahm Geheimrat Görz im Stammhaus des Siemenskonzerns das Personalreferat im Vorstand. Diese Stellung hat er bis unmittelbar vor seinem Tode innegehabt.

K. Hoheisel †. Der Generaldirektor i. R. Konrad Hoheisel, dessen Verdienste um das österreichische Fernmeldewesen wir erst kürzlich gelegentlich seines Ausscheidens aus dem Amt gewürdigt haben[1], ist am 15. IX. gestorben.

Auszeichnungen. — Anläßlich des 50jährigen Bestehens der Aachener Kleinbahn-Gesellschaft wurde deren Direktoren Ing. Siméon und Dipl.-Ing. Cremer-Chapé wegen hervorragender Verdienste um das Rote Kreuz die III. Klasse des Ehrenzeichens des Deutschen Roten Kreuzes verliehen.

Hochschulnachrichten. — Dr. H. Beckmann, Oberingenieur und Prokurist der Accumulatoren-Fabrik Aktiengesellschaft, Berlin, wurde zum außerordentlichen Professor an der T. H. Hannover ernannt. Prof. Dr. Beckmann liest über Akkumulatorentechnik. — An der Bergakademie Freiberg habilitierte sich Dr. O. Zdralek für das Lehrgebiet „Ausgewählte Kapitel aus der Starkstromtechnik".

BRIEFE AN DIE SCHRIFTLEITUNG.

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Schriftleitung und ohne deren Verbindlichkeit.)

Kesselreglung.

In dem Artikel „Die erste selbsttätige Kesselregleranlage in Frankreich" in der „Rundschau" des Heftes 13, S. 476 der ETZ d. J. gibt der Verfasser an, daß das in Deutschland verbreitetste Reglersystem das System Roucka sei. Diese Angabe muß auf einer unzulänglichen Unterrichtung beruhen. Das Askania-Strahlrohrregler-System, auf dem Gebiet der Kesselregelung als AEG-Askania-Feuerungregler bekannt, nimmt für sich die größte Verbreitung in Deutschland auf diesem Gebiet in Anspruch. Bis zum 14. IV. 1930 wurden 112 Kessel von mindestens 50 000 m² Heizfläche durch die AEG-Askania-Feuerungsregler automatisiert. Hierunter befinden sich Kessel von 90 bis 2000 m² Heizfläche mit Betriebsdrücken zwischen 10 und 120 at.

Berlin, 27. III. 1930.

Askania-Werke AG. Bambergwerk.

LITERATUR.

Besprechungen.

Elektrisches Fernsehen. Von Prof. Dr. A. Korn. (Mathemat.-naturwiss.-techn. Bücherei Bd. 26. Herausg. v. Dr. phil. E. Wasserloos und Dr. phil. G. Wolff.) Mit 19 Textabb., VIII u. 100 S. in 8°. Verlag Otto Salle. Berlin 1930. Preis geb. 3 RM.

Nach einem Vorwort, das sich kritisch mit der Frage auseinandersetzt, was die Fernsehtechnik bis heute tatsächlich erreicht hat, gibt der Verfasser zunächst einen kurzen Überblick über die historische Entwicklung des Fernsehens von den ersten grundsätzlichen Ideen und Vorschlägen aus den 80er Jahren des vorigen Jahrhunderts an bis zu den neuesten Apparaturen von Karolus-Telefunken und Alexanderson bei der General Electric Co. in den V. S. Amerika. Darauf folgt eine methodische Besprechung der wesentlichen Einzelteile jeder Fernseheinrichtung: der lichtelektrischen Zellen in den Sendern (einschl. der zugehörigen Verstärker), der Lichtrelais in den Empfängern, der „Verteilungsanordnungen" (für die Bildzerlegung und Zusammensetzung) und der Synchronisierungsvorrichtungen. Zum Schluß werden die Zukunftsaussichten für Bildtelegraphie und Fernsehen eingehend behandelt.

Das Buch wendet sich an den elektrotechnisch interessierten Laien und den Studenten der Elektrotechnik, bietet aber auch dem Fachmann eine gute Übersicht über die bisher beschrittenen Wege zur Lösung des Fernsehproblems. Bemerkenswert ist der von dem Verfasser schon mehrfach gemachte Vorschlag, bei Fernsehübertragungen mehrere Trägerwellen zu verwenden — ein Vorschlag, dessen Durchführung praktisch auf erhebliche Schwierigkeiten stoßen dürfte. F. Kirschstein.

[1] ETZ 1930, S. 1121.

Digitized by Google

Elektrische Maschinen. Versuche f. Übungen u. Lehrvortrag. Von Dr.-Ing. E. h. K. Schmidt u. Dr. W. Volkmann. (Abhandl. zur Didaktik u. Philosophie d. Naturwissenschaft. Herausg. v. K. Metzner. H. 14.) Mit 47 Abb. u. 75 S. in 4°. Verlag Julius Springer, Berlin 1929. Preis geh. 4,50 RM.

Die Schrift berichtet über einen kleinen Umformer, der für Lehrzwecke von den Verfassern angegeben ist und von der Lorenz AG. gebaut wird. Der Umformer gestattet eine vielseitige Verwendung, die im einzelnen beschrieben und in ihren Grundlagen erläutert wird. Die Verfasser besprechen die Schaltung für 34 Schüler- und 9 Vorlesungsversuche, die dem Lehrer allgemeinbildender Anstalten einen Einblick in technische Aufgaben und Denkweise vermitteln, den Schülern Übungsstoff bieten und auch den Studierenden Technischer Hochschulen zu Vorübungen dienen sollen. Das Heft ist sachlich einwandfrei und klar geschrieben, sehr gut ausgestattet und kann den beteiligten Kreisen bestens empfohlen werden. G. Haberland.

Design of electrical apparatus. Von Prof. John H. Kuhlmann, Minneapolis V.St.A. Mit 246 Abb. i. Text, XII u. 455 S. u. einem Anhang in 8°. Verlag John Wiley & Sons, Inc., New York; Chapmann & Hall, Ltd., London 1930. Preis geb. 30 s.

Das vorliegende Buch gibt eine Anleitung für den Entwurf von Gleichstrommaschinen, Synchronmaschinen, Induktionsmotoren (ohne Stromwender) und Transformatoren in elektrischer und magnetischer Hinsicht. Auf das Verhalten der Maschinen und Transformatoren im Betriebe und auf die experimentelle Untersuchung wird nicht näher eingegangen. Jeder Maschinengattung ist ein Abschnitt über die Konstruktion vorangestellt, der den Aufbau an zahlreichen, teilweise recht guten Abbildungen erläutert. Am Schlusse jedes Hauptabschnittes und einiger Unterabschnitte wird der Berechnungsgang durch Beispiele dem Verständnis nähergebracht. Diese Berechnungsbeispiele nehmen etwa 40 % des Buches ein. Um einen Überblick über den behandelten Stoff zu geben, mögen hier beispielsweise die Überschriften der Unterabschnitte für die Synchronmaschine hingeschrieben werden: Die Gleichung für die EMK und die Hauptabmessungen — Ankerwicklung und Isolierung — Der magnetische Kreis — Ankerrückwirkung und Entwurf der Feldmagnetwicklung — Verluste, Wirkungsgrad und Erwärmung. Bei der Gleichstrommaschine kommt noch der Unterabschnitt über Stromwendung und Wendepole hinzu, während bei den Induktionsmotoren und den Transformatoren eine ihrer Eigenart entsprechende besondere Einteilung gewählt ist.

Die zur Berechnung verwendeten Formeln und Erfahrungszahlen werden ohne nähere Begründung angeschrieben, wobei aber zur Erläuterung und Vertiefung auf zahlreiche Veröffentlichungen in der amerikanischen Literatur und sehr häufig auf die Bücher von Arnold hingewiesen wird. Auf Feinheiten in der Berechnung wird verzichtet. So wird beispielsweise bei der Berechnung des Magnetisierungstromes von Transformatoren nur die Amplitude berechnet und angenommen, daß der zeitliche Verlauf des Magnetisierungstromes sinusförmig ist, die Luftspaltbreite wird ohne Rücksicht auf die Feldverzerrung bei der Gleichstrommaschine in Abhängigkeit vom Durchmesser, bei der Synchronmaschine von Leistung und Drehzahl angegeben, für die Bestimmung der Feldverzerrung unter dem Polschuh wird die Leerlaufcharakteristik benutzt, während doch die magnetische Spannung längs des Weges im Feldmagneten dabei ausgeschlossen werden müßte.

Originelles wird dem deutschen Leser im Buch wohl an keiner Stelle geboten, es sei denn die auf S. 368 angegebene Kurve, die die magnetische Spannung einer Stoßfuge bei Transformatoren als Funktion der Kerninduktion darstellt (beispielsweise 30 A bei 10 000 Gauß und 113 A bei 14 000 Gauß). Die Kurve gilt anscheinend nur für überlappte Stoßfugen, wird aber bei allen Berechnungsbeispielen verwendet, auch bei denen, wo die Annahme stumpfer Stoßstellen wahrscheinlich ist.

Wie in der amerikanischen Praxis üblich, wird als Längeneinheit der Zoll eingeführt, so daß die elektrischen und magnetischen Beanspruchungen auf die sonst übliche Längeneinheit 1 cm umzurechnen sind. R. Richter.

Bau und Berechnung der Dampfturbinen. Eine kurze Einführung von Dipl.-Ing. F. Seufert. 3. verb. Aufl. Mit 77 Abb. i. Text u. auf 2 Taf. u. 100 S. in 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1929. Preis kart. 3,60 RM.

Der Inhalt des kleinen Buches ist in 5 Teile geteilt: Wirkungsweise der Dampfturbinen, Aufbau der Dampfturbinen, Berechnung der Dampfturbinen, Berechnung wichtiger Einzelteile, Turbinen für besondere Zwecke. Der Verfasser hat es verstanden, die wichtigsten Fragen des Dampfturbinenbaues richtig herauszuschälen, wenn auch die einzelnen Teile nicht gleichwertig ausgefallen sind. Gut sind die beschreibenden Kapitel, bei den theoretischen ist die Vorbildung, die beim Leser vorausgesetzt wird, nicht in allen Teilen gleich; der Leser, der den gut dargestellten, schwierigen Festigkeitsberechnungen der Laufscheibe folgen kann, wird vielleicht an den nicht ganz scharf herausgearbeiteten wärmetheoretischen Darstellungen Kritik üben. Aber es ist auch nicht leicht, das theoretisch so schwierige, in den Ausführungsformen so mannigfache Gebiet der Dampfturbinen in einem so kleinen Rahmen zu behandeln, und mit Rücksicht hierauf kann man das kleine Buch als Vorbereitung für das Studium eingehender Werke mit gutem Gewissen empfehlen. Bonin.

Gestehungskosten und Verkaufspreise elektrischer Arbeit. Von Ing. Fr. Brock. Mit 20 Textabb., V u. 48 S. in gr. 8°. Verlag Julius Springer, Wien u. Berlin 1930. Preis kart. 4,80 RM.

Jeder Elektrizitätswirtschaftler weiß aus eigener Erfahrung, wie schwer, ja oft aussichtslos es ist, mit dem großen Publikum Tariffragen zu behandeln, weil das Verständnis hierfür mehr aus Scheu vor dem Fachlichen als aus tatsächlichen Gründen überaus gering ist. Generaldirektor Brock hat sich — um es vorweg zu nehmen — erfolgreich bemüht, in knapper und daher übersichtlicher und leicht verständlicher Form den weiten Kreis der Stromkäufer mit den Grundlagen des Verkaufs elektrischer Arbeit bekannt zu machen. Da die Selbstkosten das Fundament der Tarifpolitik sind, bilden sie den Ausgangspunkt der Abhandlung. Daran knüpft sich eine Besprechung der wichtigsten Tarifformen, die leicht faßlich nur das Charakteristische herausschält. Den Beschluß bildet die Behandlung des Einflusses des Leistungsfaktors auf die Preisbildung und seine Berücksichtigung in Tarifen. Naturgemäß läßt sich hier eine, wenn auch elementar-mathematische formelmäßige Behandlung nicht umgehen, aber man wird bei allen, die sich mit diesem etwas komplizierten Problem befassen müssen, genügend technische Vorkenntnisse erwarten können, um die Ausführungen voll zu verstehen. Leser, die tiefer in die Materie einzudringen wünschen, würden es sicher begrüßen, wenn sie ein Verzeichnis der einschlägigen Literatur finden würden.

Den Wert der ganzen Abhandlung muß man darin erblicken, daß durch Beschränkung alles Wissenschaftlichen auf ein Mindestmaß für Laien und Halbfachleute, die das Gros der Stromkäufer bilden, das Eindringen in die Materie erleichtert wird. Dadurch wird den Elektrizitätswerken wichtige Vorarbeit für Tarifverhandlungen abgenommen, und deshalb ist eine weite Verbreitung des Werkchens sehr zu wünschen. Rückwardt.

Handbuch der Experimentalphysik. Unter Mitwirk. v. zahlr. Fachgen. herausg. v. W. Wien u. F. Harms unt. Mitarb. v. H. Lenz. Bd. 8, 1. Teil: Energie- und Wärmeinhalt. Von Prof. A. Eucken. Mit 235 Abb., XV u. 736 S. in gr. 8°. Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H., Leipzig 1929. Preis geh. 63 RM, geb. 65 RM.

Bei dem geringen Interesse, das weite Kreise der Physiker heute der Wärmelehre entgegenbringen, aber bei der großen Wichtigkeit der Wärmelehre für viele Probleme der Technik ist es sehr zu begrüßen, daß eine Sonderfrage der Wärmetheorie in dem Handbuch der Experimentalphysik eine so umfassende und eingehende Darstellung gefunden hat. Es handelt sich hier in erster Linie um die spezifische Wärme der Gase, Dämpfe, Flüssigkeiten und festen Körper und um ihre Abhängigkeit von Druck und Temperatur. Außerdem hängt der Wärmeinhalt eines Körpers noch von der latenten Wärme, wie Schmelzwärme, Verdampfungswärme, Lösungswärme und Verbrennungswärme, ab. Die theoretischen Zusammenhänge und die verschiedenen Methoden zur experimentellen Bestimmung dieser Größen werden gründlich und sachgemäß dargestellt. Das Buch wird allen Wärmeingenieuren sehr willkommen sein. Nußelt.

Eingegangene Doktordissertationen.

Claus Fröhmer, Binderscher Mikrozeitschalter, eine Schaltanordnung zum Prüfen von Isolierstoffen bei Beanspruchungsdauern von 10^{-3} ... 10^{-6} s. T. H. Dresden 1930.

Karl Hofmann, Vergleichende Arbeits- u. Zeitstudien über den sächsischen u. preußischen Eisenbahn-Blockdienst. T. H. Dresden 1930.

Digitized by Google

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Preissenkungen. — Schon nach der Verkündung des ersten Schiedsspruchs in der Berliner Metallindustrie, der einen Lohnabbau von 8 bzw. 6 % für die Arbeiter ab 3. XI. vorsah, hatte die Elektroindustrie Mitte Oktober beschlossen, für den Fall seiner Durchführung die Listenpreise wichtiger Gruppen ihrer Erzeugnisse ab 1. XI. um 5 % zu ermäßigen. Nach dem nunmehr erfolgten zweiten Schiedsspruch, demzufolge sich die Tarifmindestlöhne vom 17. XI. bis 18. I. 1931 um 3 % und dann um weitere 3 bzw. 5 % vermindern, ist von der Preisstelle des Zentralverbandes der deutschen elektrotechnischen Industrie am 12. XI. der Beschluß bekanntgegeben worden, schon mit Wirkung vom 15. XI. ab die Listenpreise für Maschinen, Motoren, Transformatoren, Zähler, Apparate, Installationsmaterial und Haushaltsgeräte um 5 % zu senken. Er setzt baldige Senkung der Preise der Zulieferanten voraus und ist erfolgt, obwohl der Schiedsspruch für die Berliner Metallindustrie erst am 19. I. nächsten Jahres in vollem Ausmaß in Kraft tritt. Die außerhalb Berlins liegenden Betriebe der elektrotechnischen Industrie haben sich dieser Preissenkung angeschlossen, in der Erwartung, daß auch bei ihnen eine Lohnsenkung erfolgen wird. Die elektrotechnische Industrie ist hiermit bewußt auf dem Weg des Preisabbaus weitergeschritten, den die schlechte Konjunktur bereits in starkem Ausmaß erzwungen hat, ohne vorläufig mit einer wesentlichen Verminderung ihrer Selbstkosten rechnen zu können. Es wird erwartet, daß dieser Schritt zu einer Erleichterung der Wirtschaftslage beitragen wird.

Auch die Glühlampenindustrie hat ihre Verkaufspreise herabgesetzt. Nachdem bereits am 1. XI. 1929 die Listenpreise für die heute gebräuchlichsten Typen (15 bis 100 W) um 12 bis 20 Pf gesenkt worden waren, tritt jetzt, wie die Osram G. m. b. H. mitteilt, ein weiterer Abbau von 5 bis 10 Pf ein. Damit sind im Lauf eines Jahres die normalen Glühlampen um etwa 12,5 % und auch die gebräuchlichsten Typen von Automobillampen um durchschnittlich 7,5 % verbilligt worden.

Von der „Vauelfa" Vereinigte Leitungsdraht-Fabriken G. m. b. H. sind nach der Veröffentlichung des Schiedsspruchs die Preise für die in seinen Wirkungsbereich fallenden Erzeugnisse (isoliertes Leitungsmaterial) mit sofortiger Wirkung um 3 bis 5 % verringert worden. Wie der Verband sagt, nimmt diese Ermäßigung die Lohnsenkung des Schiedsspruchs bereits in ihrem gesamten Umfang voraus, unterstellt sie also als vollzogen auch bezüglich des erst Mitte Januar 1931 wirksam werdenden Teils und trägt darüber hinaus auch den erniedrigten Preisen für einige Materialien Rechnung, die außer dem bei weitem wichtigsten Rohstoff Kupfer in der Leitungsdrahtindustrie Verwendung finden.

Die „Eltfabriken" Vereinigung von Fabriken für Elektro-Installations-Gegenstände hatten zur Vermeidung von Mißverständnissen schon im Oktober unter voller Anerkennung der wirtschaftlichen Bedeutung der Preissenkung darauf hingewiesen, daß diese in ihrer Industriegruppe bereits vorweg genommen sei, da die Preise für fast alle Artikel, d. h. Schalter, Steckdosen, Fassungen, Sicherungen, Armaturen usw. seit Anfang dieses Jahres um 15 bis 20 % ermäßigt worden seien. Eine noch weitere Verringerung sei selbst unter Berücksichtigung der herabgesetzten Messingpreise nicht mehr möglich, denn die Preisrückgänge seien in ihrer Gruppe unter dem Druck der Überproduktion derart stark, daß die Preise für einzelne Erzeugnisse schon heute an der Grenze der Selbstkosten lägen. Ob und inwieweit die angezeigte Kohlenpreisermäßigung eine weitere Preissenkung möglich mache, könne heute noch nicht gesagt werden, werde vielmehr davon abhängen, wie sich diese Ermäßigung auf die Halbfabrikate auswirke.

Was die Preise der elektrischen Arbeit betrifft, so haben das Reichswirtschaftsministerium und das preußische Handelsministerium mit Vertretern der großen Elektrizitätsunternehmungen Besprechungen über die Möglichkeiten einer Senkung der Stromtarife im Anschluß an die Ermäßigung der Kohlenpreise begonnen. Wie die Frankf. Zg. berichtet, ist dabei bisher aber noch kein Ergebnis erzielt worden. Die Angelegenheit liege z. Z. ganz in den Händen des letztgenannten Ministeriums.

Maschinenfabrik Oerlikon[1]. — Im Geschäftsjahr 1929/30 waren die Werkstätten der Berichterstatterin dauernd ausreichend beschäftigt, doch hindern die stoßweisen Bestellungseingänge und die sehr knappen Lieferzeiten die vorteilhafte Abwicklung des Fabrikationsganges außerordentlich. Eine Erschwerung im Offertwesen bildet bei größeren Objekten die Unzahl verlangter Varianten, so daß eine Abteilung ungenügend mit Bestellungen versorgt, ihr Studienbureau aber mit der Erledigung von Anfragen zeitweise überlastet sein kann. Der erbitterte Wettbewerb zwingt, besonders bei größeren Erzeugnissen, zu äußerster Preisstellung, wobei die Unterbietung oft so weit getrieben wird, daß die reinen Herstellungskosten sich nicht einmal decken lassen. Außerdem schreiben die Auftraggeber so kurze Lieferfristen vor, daß diese, besonders wenn mit der eingeschränkten gesetzlichen Arbeitszeit gerechnet werden muß, kaum noch eingehalten werden können. In ähnlicher Weise schrauben die Besteller die technischen Garantien in die Höhe. Sehr erschwerend, so sagt der Bericht weiter, wirken sich beim Apparatebau die in den einzelnen Staaten verschiedenen Normen und Vorschriften aus. Da man sich auf den meisten Gebieten international nicht einigen konnte, hat jedes Land seine eigenen Vorschriften aufgestellt und dadurch zu einer Vermehrung statt Reduktion der Typenzahl geführt. Die Abteilung für allgemeine elektrische Maschinen und Transformatoren konnte im Berichtsjahr verschiedene Neuerungen durchführen. Die Direktion erwähnt die unter Last umschaltbaren, mit Transformatoren zusammengebauten Stufenschalter, dann Apparaturen und Schemata für vollautomatische oder ferngesteuerte Betriebe, die Einführung von Schweißkonstruktionen und die Durchbildung der Löschkammerschalter mit Kraftspeicherantrieb für Abschaltleistungen von 1,5 Mill kVA und Spannungen bis 150 kV. Das Krangeschäft der Abteilung für elektrische Hebezeuge und elektromechanische Anwendungen bewegte sich in normalen Konstruktionen. Die Abteilung für Turbomaschinen hat neben zahlreichen Normalausführungen kleinerer und mittlerer Leistungen verschiedene größere Einheiten und Sonderkonstruktionen geliefert. Hier wird u. a. eine 14 000 kW-Zweizylinder-Dampfturbine für die City of Leicester genannt, eine Hochdruckturbine mit gesteuerter Zwischendampfentnahme für ein Fernheizwerk. Die Abteilung für elektrische Bahnen verzeichnet in der Hauptsache Bestellungen der Schweizerischen Bundesbahnen, die nach mehrjähriger Pause eine weitere Elektrisierung ihres Netzes aufgenommen haben. Unter diesen Aufträgen figurieren 27 Schnellzuglokomotiven, von denen 20 mit der Oerlikon-Hüpfersteuerung und einer Nutzbremseinrichtung der Firma ausgerüstet werden, die auch bei einer speziell für den Gotthard bestimmten Schnell- und Güterzuglokomotive von über 7200 PS Anwendung findet. Sehr gute Ergebnisse erzielte die Gesellschaft mit ihren normalisierten Einphasen-Lokomotivmotoren für die Bundesbahnen, insofern über 0,3 bzw. 0,46 Mill Lokomotivkm je Motor ohne Kollektorbehandlung geleistet worden sind. Namhafte Nachbestellungen erhielt die Abteilung Spezialbahnen auf die motorischen Ausrüstungen für die im Züricher Straßenbahnnetz eingeführten Vierachser-Motorwagen mit einer installierten Leistung von 4 . 80 PS. Ein bedeutender Fortschritt ist auf dem Traktionsgebiet mittels dieselelektrischer Triebfahrzeuge zu verzeichnen. Für Beförderungsbetrieb hat auch die Abteilung Gleichrichterbau eine Reihe Anlagen geliefert, u. zw. sowohl voll- wie halbautomatische. Die Grauguß- und Metallgießereien waren 1929/30 gut beschäftigt; dem Silumінguß schenkt man fortgesetzt große Aufmerksamkeit. Betriebsergebnisse: 5 335 229 Fr (5 765 287 i. V.), verschiedene Einnahmen: 202 875 Fr (196 811 i. V.), Reingewinn: 1 963 218 Fr (1 981 913 i. V.), Dividende: wieder 8 % auf 20 Mill Fr Aktienkapital.

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1683.

Bezugsquellenverzeichnis.

Die Anfragen sind an die Schriftleitung der ETZ Berlin W 9, Linkstr. 23/24, zu richten. Anfragen ohne Rückporto bleiben unbeantwortet.

Frage 49: Wer stellt die Nähmaschinenbeleuchtung „Härta" her?

Frage 50: Wer baut die Waschmaschine „Thor".

Berichtigung.

In dem Aufsatz „Was ist Streuung und wie berechnet man sie?" soll auf S. 1222 der ETZ 1930 das Gleichungsystem (6) wie folgt lauten:

$$\left.\begin{aligned}\Phi_1 &= (L_1 - \varkappa_1 L_2)\, i_1 + \varkappa_1 L_2 (i_1 + i_2)\\ \Phi_2 &= (L_2 - \varkappa_2 L_1)\, i_2 + \varkappa_2 L_1 (i_1 + i_2)\end{aligned}\right\} \quad \ldots \quad (6)$$

Abschluß des Heftes: 15. November 1930.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Wirtschaftlicher Antrieb von Saugzug- und Unterwindgebläsen durch Drehstrom-Kommutatormotoren.

Mitteilung der AEG.

Der gewöhnliche Drehstrom-Asynchronmotor kann trotz seiner hervorragenden Betriebseigenschaften allen Antrieben, die einen größeren Regelbereich im Dauerbetrieb erfordern, nicht genügen, da durch den im Läuferstromkreis eingeschalteten Widerstand einerseits die dauernd nutzlos vernichtete elektrische Energie hohe Stromkosten zur Folge hat, und anderseits die begrenzte Stufenzahl des Regulieranlassers die meist geforderte feinstufige Regelung nicht zuläßt. Dazu kommt, daß die große Anzahl der sperrigen Widerstandskästen, die zur Raumerwärmung beitragen können, oft nur unter besonderen Schwierigkeiten unterzubringen sind. Diese Nachteile wirken sich besonders unangenehm in neuzeitlichen Kesselhäusern aus, in denen der zur Verfügung stehende Raum für die Unterbringung des elektrischen Antriebes für Saugzug- und Unterwindgebläse sehr begrenzt ist. Da ferner häufig die Steuerung dieser Gebläse von einer gemeinsamen entfernten Kommandostelle aus halb- oder vollselbsttätig erfolgen soll, muß man bei Drehstrom- und Gleichstrommotoren schwere und teure Sonderregelanlasser wählen, bei denen eine feinstufige Reglung sich nur in beschränktem Maße durchführen läßt.

Durch Entwicklung eines Drehstrom-Kommutatormotors mit Nebenschlußcharakter und Ständererregung, mit aufgebautem Potentialregler — DNP-Motor — ist es der AEG gelungen, die genannten Nachteile zu vermeiden. Dieser DNP-Motor konnte bereits häufig zum Antrieb von Saugzuggebläsen geliefert werden.

Der DNP-Motor wird für Leistungen bis 200 kW gebaut und ist stufenlos ohne Widerstände im Verhältnis 1 : 3 regelbar. Der Rotor läuft in reichlich bemessenen Wälzlagern, die staub- und wasserdicht in kräftigen Lagerschilden sitzen. Die Kühlung aller Teile erfolgt durch Eigenlüftung, d. h. durch einen am Läufer angebrachten Ventilator. Auf dem kommutatorseitigen Lagerschild ist die Anschlußmöglichkeit für Fremdlüftung durch einen Lüfter mit eigenem Antriebsmotor vorgesehen. Saugt der Lüfter reine Kühlluft von außen an, so kann der DNP-Motor ohne weiteres auch in sehr staubigen oder gasgefährdeten Betrieben aufgestellt werden.

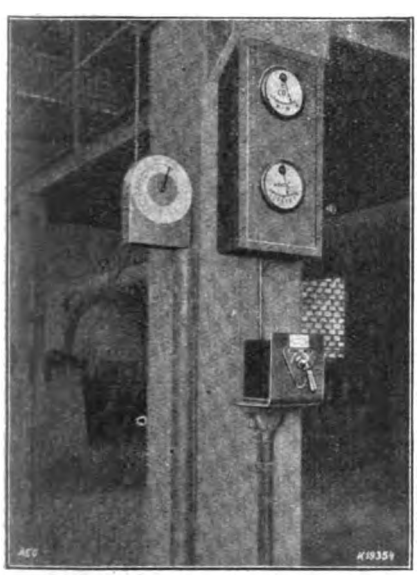


Abb. 1. Bedienungsstand mit Betätigungsumschalter und Drehzahlfernanzeigung.

Im Gegensatz zu anderen Ausführungen hat der DNP-Motor sowie der Asynchronmotor Ständererregung. Schließt man die vom Schaltkasten kommenden drei Netzleiter an das Klemmbrett an, so ist der Motor ohne jeden weiteren Anlaß- oder Regelapparat betriebsfertig. Die Statorwicklung besteht aus einer Haupt- und einer Hilfswicklung; die letztgenannte liegt mit der Ständerwicklung des aufgebauten Potentialreglers in Reihe und ist über Bürstenkabel, Bürsten und Kommutator mit der Läuferwicklung verbunden. Durch diese Schaltung wird erreicht, daß die an den Bürsten herrschende Spannung sehr niedrig ist, so daß eine Berührung von Bürsten und Kommutator vollkommen gefahrlos ist. Das Auswechseln der Bürsten kann daher auch während des Betriebes vorgenommen werden.

Die Drehzahlreglung erfolgt stufenlos durch Verdrehen des Läufers des Potentialreglers und der Bürstenbrücke, die durch Zahnräder verbunden sind, mittels eines gemeinsamen Handrades. Soll die Drehzahl des Motors ferngeregelt werden, so tritt an Stelle des Handrades der AEG-Elektroantrieb. Man erreicht hierdurch, daß praktisch nur eine Maschine vorhanden ist, wodurch auch die Montage wesentlich erleichtert und verbilligt wird; es sind nur die drei Netzleitungen und die Verbindung des 250 W-Motors des Elektroantriebes zu verlegen. Am kommutatorseitigen Lagerschild kann ein Drehzahlgenerator zur Fernanzeigung der Umlaufzahl an einen kleinen Wellenzapfen angekuppelt werden. Zur Steuerung des Elektroantriebes benutzt man meist gekapselte Betätigungsumschalter, die in beliebiger Anzahl an verschiedenen Stellen eingebaut werden können (Abb. 1). Die Fernanzeigung der Drehzahl erfolgt hier durch Kettenübertragung auf den Zeiger einer geeichten Skala. Abb. 2 zeigt den DNP-Motor 9/212 zusammengebaut mit einem Saugzugventilator. Von der andern Seite her fördert ein gleiches Aggregat in den gemauerten Schornstein.

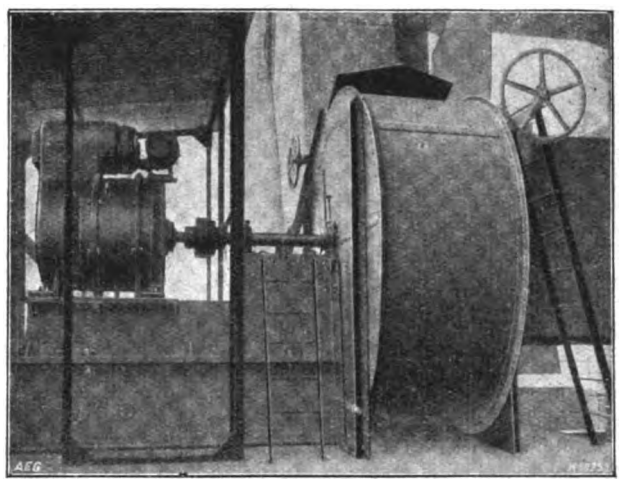


Abb. 2. DNP-Motor 9/212 gekuppelt mit Saugzugventilator.

Der DNP-Motor ist auch in seiner Wirtschaftlichkeit dem gewöhnlichen Asynchronmotor überlegen, wie nachstehende Zahlentafel beweist. Die angegebenen Betriebsdrehzahlen und die jeweilige Betriebsdauer sind Mittelwerte, die sich aus den Belastungsverhältnissen verschiedener Kesselanlagen ergaben.

Betriebsdrehzahl	Betriebsdauer	Leistung a.d. Welle	Kommutatormotor		Asynchronmotor	
			η		η	
in vH	in h	in kW	in vH	kWh	in vH	kWh
100	3	120	84	429	91	396
90	2	87,5	83	211	81	216
70	12	41	78	631,2	62	795,4
60	5	25,8	70	184	52	248,5
50	2	15	57	52,6	42	71,6
Insges.	24			1507,8		1727,5

Stromersparnis bei Verwendung eines Drehstrom-Kommutatormotors gegenüber einem mit Widerständen geregelten Asynchronmotor.

Infolge der günstigen Eigenschaften findet daher der Kommutatormotor immer häufigere Verwendung.

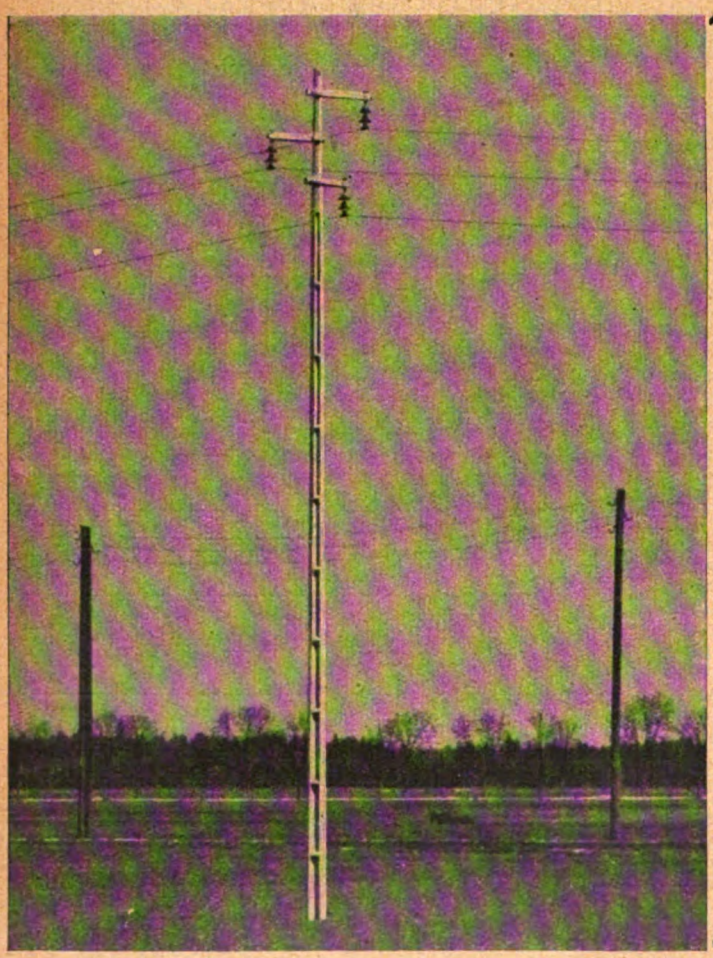
Digitized by Google

RHEINISCH-WESTFÄLISCHE SPRENGSTOFF-ACTIEN-GESELLSCHAFT · ABT. KUNSTSTOFFE · TROISDORF, BEZ. KÖLN

RWS

ISOLIER-U. FORMSTÜCKE
FÜR ALLE ZWECKE DER TECHNIK

TROLIT · GUMMON · TROLITAN
TROLITAX · TROLON
PRESSTEILE · PLATTEN · STÄBE · ROHRE · PROFILE
PRESS-U. SPRITZPULVER



Der Kissemast

Stahlbetonmastenfabrik
TUMAG A.-G.
München 2 NW, Karlstr. 40

20 kV Leitung, 3x35 mm² Cu
Amperwerke Elektrizitäts-A.-G., München

Digitized by Google

Engineering Library
DEC 16 1930

E T Z

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

INHALT

Die Berechnung der Verstärkertransformatoren. Von F. Lang. 1637

Hochempfindliches Differential-Wattschutzrelais für Transformatoren mit betriebsmäßig veränderlichen Eisenverlusten. Von H. Schulze. 1642

18. Jahresversammlung der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft in Potsdam. Von H. G. Frühling. 1643

Selbsterregte Schwingungen in Kreisen mit veränderlichen Selbstinduktionen. Von R. Mayer. 1645

Die Entwicklung der Schweißgeräte nach dem Langmuir-Verfahren in Amerika und Deutschland. Von S. Sandelowsky. 1649

Kurzschluß- und Erdschluß-Abschaltungen in einem Bahnnetz. 1652

Die englische Elektroindustrie in der Wirtschaftskrise. Von A. Friedrich. 1653

Rundschau

El. Staubniederschlagung „Fedi". 1644 — Zusammenhang zw. Spannung, Lichtausbeute u. Lebensdauer d. Glühlampen. 1648 — Frankreichs Hochspannungsnetz v. 60 kV u. darüber. 1655 — Verluste in bewehrten Einleiter-Bleikabeln. 1655 — Mehrphas. Kommutator- u. Induktionsmaschinen als Sonderfälle des „allgemeinen Transformators". 1656 — El. Fernsteuerung v. Wasserrohrschiebern. 1656 — Schreibender Drehmomentmesser f. Motoren. 1657 — Genauigkeit d. Zeitmess. in frequenzgeregelt. Netzen. 1657 — Tragbare Stromwandler-Prüfeinricht. 1657 — El. Beleucht. v. Gepäckwagen. 1658 — Amerikan. Sonnenlampe. 1658 — El. Auftauen einer Wasserleit. 1659 — Stromrückgewinn. b. Gleichstrombahnen. 1659 — Eröffn. des el. Bahnbetriebes in Costa Rica. 1660 — Über den Klirrfaktor langer Fernkabelleit. 1660 — Fernsprechbau in den V. S. Amerika. 1660 — Feldverteil. u. Durchschlagspann. v. festen Isolat. 1661 — El. Ölreiniger. 1661 — Ingenieurausbild. in Amerika. 1662 — Verein Berat. Ingenieure. 1662 — Energiewirtschaft. 1663

Vereinsnachrichten. 1664 **Bekanntmachung des VDE.** 1666

Sitzungskalender. 1666

Literatur: K. Schneidermann, K. Gruhn, O. Föppl, E. Becker u. G. v. Heydekampf, Reichs-Rundfunk-Ges., F. Rötscher, F. Wittenbauer, Neue Zeitschriften. 1666

Geschäftliche Mitteilungen. 1668

Bezugsquellenverzeichnis. 1668

Berichtigung. 1668

AEG

Einheitszähler

für Wechselstrom

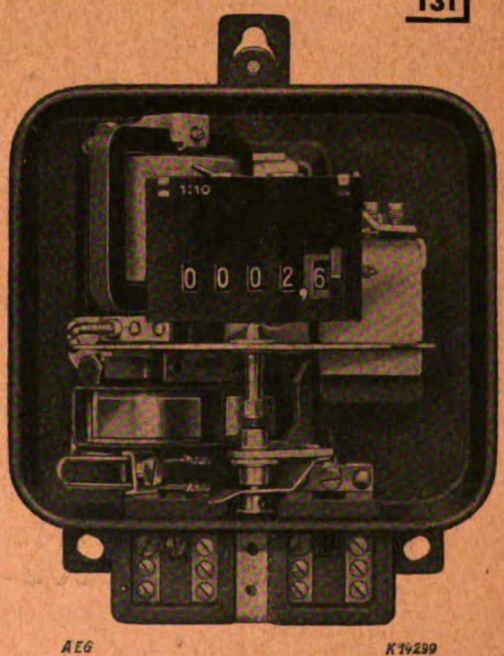
ausreichend

für alle einphasigen

Haus-Anschlußanlagen

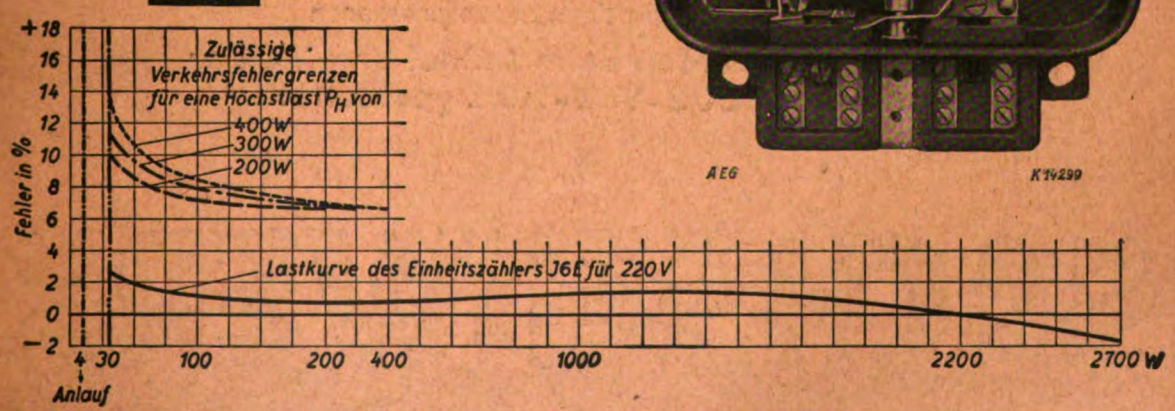
Form J 6 E

131



Nennstromstärke

nur 10 A

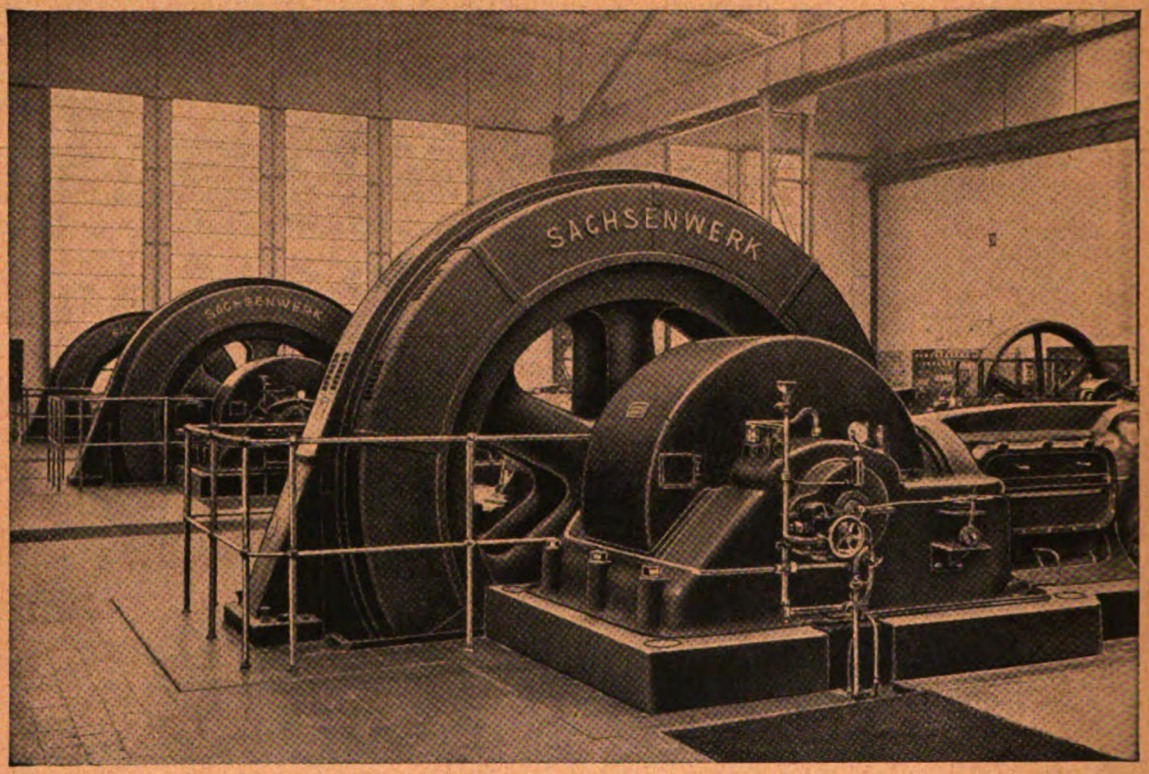


48. HEFT · 51. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

(1637-1668) 27. NOVEMBER 1930

Digitized by Google

Große Käfigmotoren



Drei Doppelkäfigmotoren von je 550 kW, 107 U/min.
zum Antrieb von Kolbenkompressoren

Die Motoren werden beim Anlauf unmittelbar auf das 5000-Volt-Netz geschaltet

●

SACHSENWERK

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

51. Jahrgang | Berlin, 27. November 1930 | Heft 48

Die Berechnung der Verstärkertransformatoren.

Von Ing. **Ferdinand Lang**, Bodenbach.

Übersicht. Maßgebend für die Brauchbarkeit eines Verstärkertransformators ist neben dem guten Wirkungsgrad und der sog. Anpassung vor allem die amplitudentreue Übertragung in allen Tonfrequenzen. In diesem Sinne befaßt sich die Arbeit mit der Aufstellung der Bedingungsgleichungen und Festlegung des Übersetzungsverhältnisses sowie der Induktion, wobei auf den Einfluß der Gleichstrommagnetisierung Rücksicht genommen wird. Anschließend wird ein Rechnungsgang für einen speziellen Fall beschrieben.

In der Verstärkertechnik erscheint der Niederfrequenztransformator als Eingangs-, Durchgangs- oder Ausgangsglied, je nach der Stelle, an der er benutzt wird. Der Aufbau des Niederfrequenztransformators ist daher durch den Verwendungszweck bestimmt. Er hat die Aufgabe, als koppelndes Element dem Anodenkreis der primär angeschlossenen Stufe einen möglichst hohen Wirkungsgrad, der durch die sogenannte Anpassung erreicht wird, zu verleihen. Als Eingangs- und Durchgangstransformator ist diese Anpassung nicht ideal erfüllbar, weshalb hier die Forderung einer möglichst großen Spannungserhöhung gestellt wird, und für diese Transformatoren faßt man (wie z. B. Forstmann[1]) den Wirkungsgrad als das Verhältnis der verstärkten Spannung zur Eingangspannung auf. Die Ausgangstransformatoren haben nur die Aufgabe, die günstigste Anpassung zu erfüllen.

Die Transformatoren müssen die aufgedrückten Spannungen amplitudentreu über den ganzen Tonfrequenzbereich, also praktisch von 50 bis etwa 10 000 Hz, übertragen. Für die naturgetreue Übertragung eines Tongebildes müssen die Verhältnisse der Obertöne zueinander gewahrt bleiben, wohingegen die Phasenverschiebung der Töne gegeneinander nicht von Belang ist. Es ist daher für die Verstärkertransformatoren das Verhältnis der Eingangs- zur Ausgangspannung von Interesse und bei richtigem Aufbau der Transformatoren ist es über den praktisch verwendeten Tonfrequenzbereich annähernd konstant. Das Spannungsverhältnis bei gleichbleibender Eingangspannung in Abhängigkeit von der Frequenz graphisch aufgetragen, ergibt die sogenannte Frequenzkurve des Transformators, die für die Bewertung der Güte desselben bestimmend ist.

Generell besteht die Forderung, daß, um den günstigsten Wirkungsgrad und damit die größte Lautstärke zu erzielen, der Wechselstromwiderstand der Primärwicklung gleich dem Widerstand der Zuführquelle und der Sekundärwiderstand gleich dem Wechselstromwiderstand der Verbraucherstelle sei. Für den Eingangs- und Durchgangstransformator heißt dies, daß der Widerstand der Primärwicklung gleich dem Quellenwiderstand, also etwa 5000 Ω, zu wählen ist. Die sekundäre Belastung beträgt etwa 10^7 Ω. Hiernach ergäbe sich gemäß der günstigsten Anpassung ein viel zu hohes Übersetzungsverhältnis, das selbst bei Verwendung sehr dünner Drahtstärken nicht herstellbar ist; obwohl, wie oben erwähnt, eine möglichst große Spannungserhöhung erwünscht ist, muß man, um auch die Eigenkapazität der Spulen nicht allzu groß werden zu lassen, die sonst nichtgewollte Resonanzerscheinungen bewirkt, einen Kompromiß herbeiführen und begnügt sich mit einem Übersetzungsverhältnis von 1 : 3 bis 1 : 6. Besonderer Wert ist darauf zu legen, daß die Transformatorspulen auf geringe Eigenkapazität gewickelt werden und die Isolation der Sekundärspule wie die des Gitters mindestens 10^7 Ω beträgt.

Für die Konstruktion und Bemessung der Verstärkertransformatoren als Eingangs- und Zwischenglied ist es günstig, daß der Gitterstrom nahezu Null wird und daß infolgedessen die Transformatoren ohne weiteres auf hohe Spannungen gewickelt werden können, wobei man lediglich aus oben erwähntem Grunde in der Eigenkapazität eine obere Grenze findet. Infolgedessen wird man eine gewisse Windungszahl als Optimum feststellen können.

Für den Ausgangstransformator liegen die Verhältnisse so, daß der Wechselstromwiderstand der Primärwicklung, die im Anodenkreis der letzten Röhre liegt, rd. 5000 Ω beträgt, der sekundäre Widerstand wie im Falle des Anschlusses an einen elektrodynamischen Lautsprecher einen nahezu rein ohmschen Belastungsfall repräsentiert und daß wegen des verhältnismäßig kleinen sekundären Widerstandes eine richtige Anpassung erfüllbar ist.

Hinsichtlich der physikalisch verschiedenartigen Belastungszustände der Verstärkertransformatoren unterscheiden sich die jeweiligen Berechnungen sowie die einzelnen Frequenzkurven[2] voneinander. — Transformatoren mit kapazitiver Belastung oder mit primär parallel geschalteter Kapazität sowie Transformatoren mit hoher Eigenkapazität, die alle Resonanzerscheinungen aufweisen und daher den normalen Verlauf der Frequenzkurven ganz erheblich ändern, seien hier nicht behandelt. Wir wenden uns nur dem Fall der rein ohmschen Belastung und dem des leerlaufenden Transformators zu (als solche können wir in gewissen Fällen die Eingangs- und Zwischentransformatoren auffassen).

A. Transformatoren mit rein ohmscher Belastung

(Ausgangstransformatoren).

Stellt R_a den ohmschen Belastungswiderstand dar, R_i den Quellenwiderstand, also den inneren Widerstand der Röhre, R_1, R_2 den ohmschen Widerstand der Primär- bzw. der Sekundärwicklung, L_{s_1}, L_{s_2} die primäre bzw. sekundäre Streuinduktivität und L die von der Primärseite gesehene verkettete Induktivität und zeichnet man das diesem Fall angepaßte Ersatzbild (s. Abb. 1), das aus den Transformatorgleichungen hervorgeht, so gilt nach der genauen Theorie der Ausgangstransformatoren, die also im allgemeinen von elektromotorischen Kräften e mit relativ hohen inneren Widerständen gespeist werden, die generelle Forderung: hohe primäre Induktivität, dabei kleine Streuinduktivität $L_{s_1} + L_{s_2}\,\ddot{u}^2 = L_s$, um einen mög-

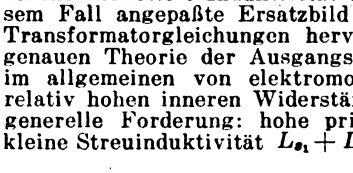


Abb. 1. Ersatzbild.

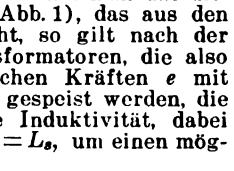


Abb. 2. Vereinfachtes Ersatzbild für mittlere Frequenzen.

lichst breiten Verlauf des Optimums zu erzielen. Die primäre Induktivitätsgröße $\ddot{u}M$ ist ausschlaggebend für den tiefen Frequenzbereich, die Streuinduktivität L_s für den hohen Frequenzbereich. M nennt man den Koeffizienten der gegenseitigen Induktion der primären und sekundären Wicklung, dessen Wert sich aus $M = 4\pi z_1 z_2 G \cdot 10^{-9}$ Henry errechnet. Darin ist G die magnetische Leitfähigkeit für den gemeinsamen magnetischen Fluß; z_1 und z_2 sind die primären und sekundären Windungszahlen, und wir bezeichnen das Verhältnis letzterer mit $\ddot{u} = z_1/z_2$; weiter

[1] A. Forstmann u. E. Schramm, Die Elektronenröhre. Verlag R. C. Schneidt, Berlin 1927.

[2] Matthies u. Ganswindt, Arch. El. Bd. 21. S. 477 (1929).

Digitized by Google

schreiben wir einfach $\ddot{u}M = L$, also ist $L = 4\pi z_2^2 G \cdot 10^{-9}$ Henry. Das für die Konstruktion der Frequenzkurve wichtige Verhältnis der an der Sekundärbelastung liegenden, auf den Primärkreis reduzierten Spannung zur EMK e bezeichnen wir mit ε:

$$\varepsilon = i_2' \ddot{u}^2 R_a / e \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Die EMK e setzen wir als konstantbleibend voraus.

Die sekundäre Belastung eines Transformators mit einem beliebigen Wechselstromwiderstand $\mathfrak{R}_a$ wirkt bekanntlich so, als ob im Primärkreis ein Widerstand von der Größe $\ddot{u}^2 \mathfrak{R}_a$ eingeschaltet wäre; daher erscheinen in Abb. 1 alle sekundären ohmschen und induktiven Widerstände auf der Primärseite mit $\ddot{u}^2$ multipliziert.

Um nun für den zulässigen Abfall des Verhältnisses ε gegenüber dem günstigsten Fall des Spannungsverhältnisses, der, wie wir später sehen werden, lediglich durch die Verteilung der elektromotorischen Kräfte auf die ohmschen Widerstände gegeben ist, eine bestimmte Zahl einzuführen, wollen wir festhalten, daß ganz allgemein mit dem Telephon am Ohr sich eine Stromänderung von 25 %, d. h. eine Leistungsänderung von 56 % gerade eben heraushören läßt[3]. Auf unseren Fall der ohmschen Belastung bezogen, darf demnach der Abfall des Verhältnisses ε ebenfalls nur 25 % betragen; ist also bei einem gewissen Frequenzbereich der günstigste Fall des Verhältnisses $\varepsilon = 0{,}5$ hergestellt, so darf über den ganzen Tonfrequenzbereich ε nicht unter 0,375 sinken.

Nach der Röhrentheorie läßt sich jeder Anodenstromkreis in bezug auf die Wechselstromvorgänge mit einem Generator von der EMK

$$e = \frac{u_g}{\sqrt{2}\, D} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

und dem inneren Widerstand $R_i = \frac{1}{S D}$ identifizieren[4], der auf ein beliebiges äußeres System mit dem Wechselwiderstand $\mathfrak{R}_a$ arbeitet. In Gl. (2) ist die EMK e als sinusförmig vorausgesetzt. u_g ist der Amplitudenwert der aus der Röhrencharakteristik direkt zu entnehmenden maximal aussteuerbaren Gitterspannung, D der Durchgriff und S die Steilheit der Röhre. Die Leistungsabgabe auf der Anodenseite wird nun wie bei einem Generator am größten, wenn die absoluten Beträge des inneren und äußeren Widerstandes einander gleichgesetzt werden [s. Gl. (3)]. Das Maximum ist aber sehr unscharf; es kommt auf eine genaue Gleichheit beider Widerstände nicht sehr an.

Um die Berechnung des Transformators übersichtlich zu gestalten, zeichnen wir uns unter vorläufiger Vernachlässigung der verhältnismäßig kleinen ohmschen Widerstände in der Wicklung sowie unter Vernachlässigung der Eisenverluste, die, wie im folgenden gezeigt wird, mit wachsenden Frequenzen sehr klein werden, für die tiefsten, mittleren und höchsten in Betracht genommenen Frequenzen je ein vereinfachtes Ersatzbild und stellen die jeweils hierfür notwendigen Forderungen auf.

1. Mittlere Frequenzen.

Bei diesen ist der primäre induktive Widerstand ωL als so groß anzunehmen, daß er, weil dem $\ddot{u}^2 R_a$ parallelgeschaltet, vernachlässigt werden kann. Die induktiven Streuwiderstände ωL_{s_1} und ωL_{s_2} sind ebenfalls wegen ihrer noch klein anzunehmenden Größe außer acht zu lassen. Das Ersatzbild (Abb. 2) zeigt dann nur eine Hintereinanderschaltung von R_i und $\ddot{u}^2 R_a$. Nach obigem wird die Leistungsabgabe für $R_i = \ddot{u}^2 R_a$ am größten. Das Verhältnis der Windungszahlen muß demnach

$$\ddot{u} = z_1/z_2 = \sqrt{R_i/R_a} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

sein und das Verhältnis ε wird dann entsprechend den getroffenen Vernachlässigungen $\varepsilon = 0{,}5$, was den günstigsten Wert darstellt.

2. Tiefste Frequenzen ($f_t \approx 50 \ldots 100$).

In diesem Bereich sind die induktiven Streuwiderstände gleichfalls vernachlässigbar, nicht aber der zu $\ddot{u}^2 R_a$ parallel liegende Induktivitätswiderstand $\omega_t L$ (Abb. 3).

Für die folgenden Überlegungen ist es von Vorteil, sich der vektoriellen Darstellung von Parallelwiderständen zu bedienen, bei der der sogenannte harmonische Vektor[5] den gesuchten Gesamtwiderstand darstellt ($\mathfrak{R}_a$ in Abb. 4). Die primäre Induktivität $\omega_t L$ setzen wir in ein bestimmtes Verhältnis zur sekundären Belastung $\ddot{u}^2 R_a$, schreiben also $\omega_t L = j k \ddot{u}^2 R_a$ ($j = \sqrt{-1}$ berücksichtigt die Phasenverschiebung um 90°). Nach Gl. (3) $\ddot{u}^2 R_a = R_i$, und mit $\omega_t = 2\pi f_t$ folgt

$$L = \frac{k R_i}{2\pi f_t} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

Natürlich ist L nicht als eine für alle Frequenzen konstante Größe aufzufassen, weshalb Gl. (4) nur für die gewählte tiefste zu übertragende Frequenz f_t Gültigkeit besitzt. k ist eine Konstante, deren Wert an Hand des Vektordiagramms Abb. 4 errechnet wird.

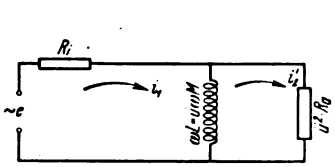


Abb. 3. Vereinfachtes Ersatzbild für tiefste Frequenzen.

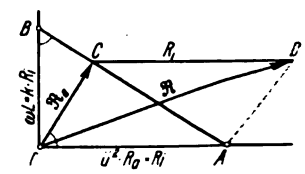


Abb. 4. Vektordiagramm der Parallelwiderstände $\ddot{u}^2 R_a$ und $\omega L = k R_i$.

$\ddot{u}^2 R_a = R_i$ tragen wir in Richtung des Stromes i_1 auf, $k R_i$ als induktiven Widerstand vom Ursprung aus in dazu senkrechter Richtung und fällen auf die Verbindungslinie der Endpunkte A, B das Lot OC, das den gesuchten Widerstand der Parallelwiderstände R_i und $j k R_i$, also den harmonischen Vektor $\mathfrak{R}_a$ darstellt. Addieren wir zu letzterem den Quellenwiderstand R_i, so erhalten wir den Endvektor OD, also den Gesamtwiderstand $\mathfrak{R} = \mathfrak{R}_a \widehat{+} R_i$, auf den die EMK e in der Frequenz f_t arbeitet.

Aus Abb. 4 ergeben sich nun rechnerisch die Größen

$$\mathfrak{R}_a = \frac{k R_i}{\sqrt{k^2+1}} \quad \text{und} \quad \mathfrak{R} = \mathfrak{R}_a \widehat{+} R_i = R_i \sqrt{\frac{4k^2+1}{k^2+1}}.$$

Die Spannung an $\mathfrak{R}_a$ ist gleichzeitig die Spannung an $\ddot{u}^2 R_a$, daher ist das Verhältnis

$$\varepsilon_t = \frac{i_1 \mathfrak{R}_a}{i_1 \mathfrak{R}} = \frac{k}{\sqrt{4k^2+1}}.$$

Ist die Gl. (3) erfüllt, so soll nach Vorhergesagtem in der Frequenz f_t $\varepsilon_t \geq 0{,}375$ sein, daher ist die Konstante mit $k \geqq 0{,}568$ oder je nach dem gewählten Abfall mit

$$k = \frac{\varepsilon_t}{\sqrt{1-4\varepsilon_t^2}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

in die Rechnung einzusetzen.

Die Gl. (4) und (5) sind die Bedingungen für das richtige Arbeiten in den tiefen Tonlagen.

Legen wir in der folgenden Rechnung einen quadratischen Eisenkern von der Seitenlänge a zugrunde, wobei der Kern nur einen Luftspalt von der geschätzten Größe $\vartheta = 0{,}003$ cm habe, und sind die Fensterabmessungen gemäß Abb. 5 in radialer Richtung durch $m\,a$, in axialer Richtung durch $n\,a$ ausgedrückt, so errechnen sich die magnetische Leitfähigkeit G, die Induktion L und daraus die primäre Windungszahl z_1 annähernd wie folgt:

$$G = \frac{0{,}9\,\mu_\Delta\, a^2}{l + 0{,}9\,\mu_\Delta\, \vartheta};$$

darin ist 0,9 der Eisenfüllfaktor, μ_Δ ist die Wechselstrompermeabilität, die nach Abschnitt 5 nach Wahl der Blechsorte und der zuzulassenden Eisenverluste zu bestimmen ist. Die magnetische Eisenweglänge ist nach Abb. 5 $l = 2\,a\,(n+m+2)$; setzen wir der Einfachheit halber das Glied $0{,}9\,\mu_\Delta\,\vartheta$ einfach gleich a, was wegen der schätzungsweisen Annahme von μ_Δ und ϑ durchaus zulässig ist, so wird

$$G = \frac{0{,}9\,\mu_\Delta\, a}{2\,(n+m+2{,}5)}$$

und aus Gl. (4)

$$L = 4\pi z_1^2 G \cdot 10^{-9} = \frac{k R_i}{2\pi f_t}$$

folgt die primäre Windungszahl

$$z_1 = 5260 \sqrt{\frac{k}{\mu_\Delta f_t} \cdot \frac{n+m+2{,}5}{a} R_i} \quad \ldots\ldots \quad (6)$$

3. Bedingungen für die amplitudentreue Übertragung in den hohen Tonfrequenzen (9000 ... 15 000 Hz).

In diesem Bereiche ist die primäre induktive Größe ωL, die man auch als Leerlaufwiderstand bezeichnen könnte, ebenso wie im mittleren Frequenzbereich wegen

[3] Barkhausen, Elektronenröhren Bd. 1, S. 84.
[4] Barkhausen, Elektronenröhren Bd. 1, S. 72.
[5] H. Rukop, Arch. El. Bd. 21, S. 443 (1929).

Digitized by Google

ihrer Größe gegenüber dem parallelgeschalteten Widerstand $\ddot{u}^2 R_a$ zu vernachlässigen, nicht aber die Streuinduktivitäten!

Das Verhältnis ε in den hohen Tonlagen, welches wir mit ε_h bezeichnen wollen, ist dann nur von der gemeinsamen Streuinduktion $L_{s_1} + L'_{s_2} = L_s$ abhängig, wie es das vereinfachte Ersatzbild deutlich zeigt (Abb. 6). Es sei ebenfalls $\varepsilon_h = \varepsilon_t > 0{,}375$, wenn $\varepsilon_m = 0{,}5$, also Gl. (3) erfüllt ist.

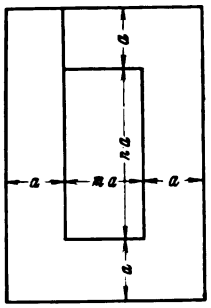


Abb. 5. Kernmaße.

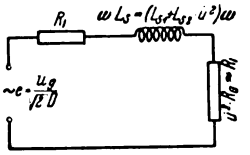


Abb. 6. Vereinfachtes Ersatzbild für den hohen Tonfrequenzbereich.

Setzen wir wiederum den induktiven Widerstand der Streuung ωL_s in ein bestimmtes Verhältnis zur sekundären Belastung, die laut Gl. (3) gleich R_i ist, schreiben demnach

$$2\pi f L_s = j\eta R_i,$$

dann ist die EMK

$$e = i_1 R_i \sqrt{4+\eta^2}$$

und das Verhältnis ε_h ist gegeben durch

$$\varepsilon_h = \frac{i_1 R_i}{i_1 R_i \sqrt{4+\eta^2}} = \frac{1}{\sqrt{4+\eta^2}};$$

daraus folgt

$$\eta = \frac{\sqrt{1-4\varepsilon_h^2}}{\varepsilon_h} = \frac{\sqrt{1-4\varepsilon_t^2}}{\varepsilon_t} = \frac{1}{k}.$$

Die Streuinduktion L_s ist innerhalb der Tonfrequenzen annähernd als konstante Größe zu betrachten; daher besitzt obiger Ansatz $L_s = \frac{\eta R_i}{2\pi f} = \frac{R_i}{2\pi f k}$ auch über den engeren Frequenzbereich $f \approx 9000 \ldots 15\,000$ Hz Gültigkeit. Die Streuinduktion ist für einen konzentrischen Spulenaufbau nach folgender Formel zu berechnen:

$$L_s = \frac{4\pi U_m \vartheta'}{l_s} \frac{z_1^2}{x} . 10^{-9} \text{ Henry};$$

darin bedeutet x die Anzahl der Feldverteilungen; ist beispielsweise $x = 2$, so ist die Wicklung doppelkonzentrisch, u. zw. so, daß zu beiden Seiten der Primärwicklung die Sekundärwicklung gleichmäßig verteilt ist. Für $x = 3$ erfolgt der Spulenaufbau nach Abb. 7.

U_m ist die mittlere Windungslänge, ϑ' der korrigierte Luftspalt,

$$\vartheta' = \vartheta + \frac{a_1 + a_2}{3x};$$

darin ist a_1 die gesamte Radialabmessung aller Primärteilspulen und a_2 die gesamte Radialabmessung aller Sekundärteilspulen. Schließlich ist nach Rogowski[6]:

$$l_s = \frac{b}{1 - \frac{\frac{a_1 + a_2}{x} + \vartheta}{\pi b}};$$

in allen Gleichungen sind die Längen in cm einzusetzen.

Wir setzen voraus, daß die Wicklung nahezu das ganze Fenster ausfüllt, und setzen $a_1 + a_2 \approx 0{,}85\, m\, a$. Befindet sich zwischen den Teilspulen etwa 0,2 mm starker Preßspan als Zwischenlage, rechnen wir aber wegen der Isolation des Kupfers ϑ mit 0,03 cm, dann wird

$$\vartheta' = 0{,}03 + \frac{0{,}85\, a\, m}{3x} \approx \frac{0{,}32\, a\, m}{x}.$$

In weiterer Vereinfachung setzen wir $l_s = a\, n$ und $U_m = 4\, a\, (1+m)$.

Die Streuinduktion in der vereinfachten Gleichung, die aber für den praktischen Gebrauch genügend genau ist, lautet nun:

$$L_s = 16 \frac{m(1+m)}{n} a \left(\frac{z_1}{x}\right)^2 . 10^{-9} \text{ Henry}.$$

Diese nach Obigem dem Bruch $\frac{R_i}{2\pi f k}$ gleichgesetzt, ergibt die Bedingungsgleichung für die hohen Frequenzen zu

$$\frac{z_1}{x} = \pi . 10^8 \sqrt{\frac{R_i}{f k}} \sqrt{\frac{n}{m(1+m)a}} \quad \ldots\ldots (7)$$

Für $f = 10\,000$ und $k \geq 0{,}568$ muß also

$$\frac{z_1}{x} \leq 42 \sqrt{\frac{n}{m(1+m)a}} R_i \quad \ldots\ldots (7a)$$

sein. Als Gl. (7) erhalten wir somit bei gegebener primärer Windungszahl und bei gegebenen Kernabmessungen die Zahl der notwendigen Spulenunterteilung. Die Gleichung wird in den meisten Fällen für ein $x = 2$ erfüllt sein.

4. Die Wechselinduktion $\mathfrak{B}_J$.

Diese erreicht bei konstant gehaltener EMK e mit abnehmenden Frequenzen immer höhere Werte. Wir rechnen die Wechselinduktionsamplitude $\mathfrak{B}_J$ nur für die Frequenz f_t, welche der Einfachheit halber am besten mit 50 Hz anzunehmen ist. Es ist nämlich die Kenntnis der Größe von $\mathfrak{B}_J$ für die Ermittlung der Permeabilität μ_J in der Frequenz f_t und für die Berechnung der Eisenverluste erforderlich. Letztere sind, wie im folgenden Abschnitt gezeigt wird, gleichfalls nur für die Frequenz f_t zu ermitteln. Bei Frequenzen bis zu etwa 100 Hz und den gewöhnlich verwendeten Blechstärken bis zu 0,5 mm braucht man die Rückwirkung der Wirbelströme auf das ursprüngliche Feld, die Flußverdrängung, nicht zu berücksichtigen. Erst bei höheren Ummagnetisierungsfrequenzen nimmt die Induktion wegen der Flußverdrängung von den Seitenwänden des Bleches nach der Mittelebene ab und wird in der Phase geändert. Die Frequenz f_t ist gewöhnlich kleiner als 100 Hz und die hier verwendeten Bleche sind schwächer als 0,5 mm, daher sei auf den Einfluß der Flußverdrängung nicht weiter eingegangen.

Nach Abschnitt 2 ist die am Transformator liegende Klemmenspannung, wenn man wie bisher die ohmschen Widerstände der Wicklungen und die Eisenverluste wegen ihrer leicht klein zu haltenden Größe vernachlässigt, durch $u_1 = i_1 \Re_a = \varepsilon_t e$ bestimmt. Bei Voraussetzung eines sinusförmigen Verlaufes der EMK e gilt die für Transformatoren übliche Spannungsgleichung:

$$u_1 = \varepsilon_t e = 4{,}44\, f_t z_1 \Phi . 10^{-8},$$

worin $\Phi = 0.9\, a^2 \mathfrak{B}_J$ den Maximalwert des Wechselflusses bezeichnet. Hiermit folgt die Amplitude der Wechselinduktion $\mathfrak{B}_J$ zu

$$\mathfrak{B}_J = 0{,}177 . 10^{+8} \frac{\varepsilon_t u_a}{f_t D a^2 z_1}, \quad \ldots\ldots (8)$$

welche, wie aus dem Folgenden zu ersehen ist, im wesentlichen die Größe der Eisenverluste festlegt, weshalb für die Induktion $\mathfrak{B}_J$ ein gewisser Grenzwert vorzuschreiben ist.

5. Die Eisenverluste.

Bisher sind die Verluste im Eisen vernachlässigt worden. Diese Vernachlässigung ist erlaubt, solange die Eisenverluste kleiner als etwa 5 ... 10 % der zugeführten Transformatorleistung gehalten werden.

Die Eisenverluste bestehen aus Wirbelstrom- und Hystereseverlusten. Bei konstanter Primärspannung muß nach der Spannungsgleichung das Produkt aus Periodenzahl und Induktion konstant sein; damit bleiben die Wirbelstromverluste (abgesehen von der Rückwirkung der Eisenwirbelströme) gleichfalls konstant. Die Hystereseverluste wachsen mit abnehmender Frequenz, daher auch die Gesamtverluste. Die Eisenverluste sind demnach für die Wechselzahl f_t zu berechnen, wobei ein etwaiger nicht leicht zu übersehender Einfluß der Gleichstrommagnetisierung (s. Abschnitt 6) auf die Eisenverluste übergangen sei.

Ist v_{10} die Verlustzahl in W/kg bei 50 Hz und 10 000 Linien (für normales 0,35 mm starkes hochlegiertes Transformatorenblech gleich rd. 1,3 W/kg), so ist die Verlustzahl bei f_t Hz und bei der Induktion $\mathfrak{B}_J$ annähernd nach folgender Beziehung

$$v = v_{10} \left(\frac{\mathfrak{B}_J}{10\,000}\right)^2 \left(\frac{f_t}{50}\right)^{1.3}$$

gegeben; also sind die Eisenverluste $V_{h+w} = v\, G$, wenn $G = 15{,}6 \cdot 10^{-3}\, a^3\, (n + m + 2)$ [kg] das Gewicht des Eisenkernes bezeichnet.

Es ist übersichtlich, die Verluste in Prozent (p) der in der Frequenz f_t primär zugeführten Wirkleistung P auszudrücken. Die Leistung P ist unter Vernachlässigung

[6]) Z. B. in Vidmar, Die Transformatoren, S. 96. Verlag Julius Springer, Berlin 1925.

Digitized by Google

der Verluste und der Streuung wegen der ohmschen Belastung der sekundär abgegebenen Leistung gleich, also ist die zugeführte Wirkleistung

$$P = \left(\frac{\varepsilon_t e}{\ddot{u}}\right)^2 \frac{1}{R_a} = \frac{(\varepsilon_t e)^2}{R_i} = \frac{1}{2R_i}\left(\frac{\varepsilon_t u_g}{D}\right)^2,$$

die sich auch leicht aus Abb. 4 ermitteln läßt.

Führt man im Ansatz $V_{h+w} = v\,G = \frac{P\,p}{100}$ die Werte für v, G und P unter Einbeziehung der Gl. (8) und (6) ein und setzt wegen der sich dann ergebenden Kürzung den in Gl. (6) enthaltenen Ausdruck $(n+m+2{,}5)$ gleich rd. 1,1 $(n+m+2)$, so werden die Eisenverluste in Prozent der primär zugeführten Wirkleistung aus

$$p = 0{,}321\,\frac{v_{10}\,\mu_\Delta}{k\,f_t}\left(\frac{f_t}{50}\right)^{1{,}3} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (9)$$

und für $f_t = 50$ aus

$$p = \frac{0{,}642\,v_{10}}{100\,k}\,\mu_\Delta \quad \ldots\ldots\ldots \quad (9a)$$

errechnet.

Wie man sieht, zeigen sich die Eisenverluste in der Frequenz f_t bei einer bestimmten Blechsorte nur in Abhängigkeit von der Permeabilität μ_Δ, wenn gemäß der Verlustformelaufstellung die Gl. (6), die das Verhalten der

6. Einfluß der Gleichstrommagnetisierung auf die der Wechselinduktion $\mathfrak{B}_\Delta$ entsprechende Permeabilität μ_Δ.

Durch die Primärwicklung des Transformators fließt der Ruheanodenstrom I, der dem Eisenkern eine Gleichstrommagnetisierung erteilt. Der Einfluß dieser auf die Permeabilität μ_Δ ist von Spooner[7] und neuerdings von Höller[8] durch die Formel

$$\mu_\Delta = \mu_B\,(a + b\,\mathfrak{B}_\Delta \cdot 10^{\,3}) \quad \ldots\ldots \quad (10)$$

gegeben, die wir für unsere Berechnung benutzen wollen.

Hierin ist $\mu_\Delta = \mathfrak{B}_\Delta/\mathfrak{H}_\Delta$ und $\mu_B = B_m/H_m$ die Permeabilität der Gleichstrommagnetisierung; a und b sind Zahlenwerte, die vom magnetischen Material einigermaßen unabhängig sind und nur von der maximalen Induktion B_m abhängen. Die empirisch nach Höller ermittelten Kurven für die Werte a und b zu den in der Elektrotechnik gebräuchlichen Dynamoblechen und Siliziumlegierungen sind in Abb. 8 wiedergegeben. Im Vergleich dazu sind die Spoonerschen Werte, die für verschiedene Magnetstähle gelten, gestrichelt gezeichnet. Die Feldstärke H_m ist annähernd

$$H_m \approx \frac{1{,}25\,I\,z_1}{l + \sum 0{,}9\,\mu_B\,\vartheta}, \quad \ldots\ldots \quad (11)$$

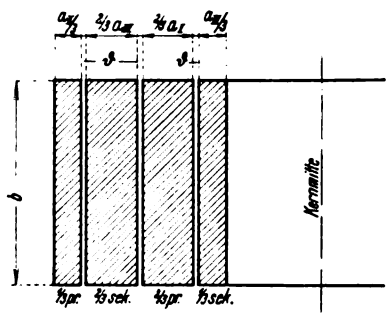


Abb. 7. Spulenverteilung.

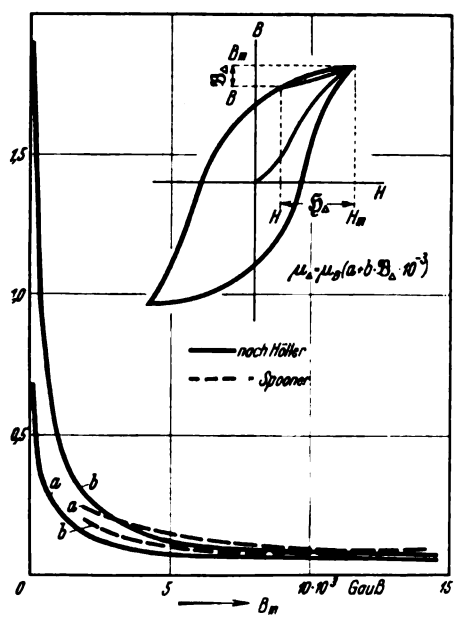


Abb. 8. Einfluß der Gleichstrommagnetisierung auf die Permeabilität μ_Δ.

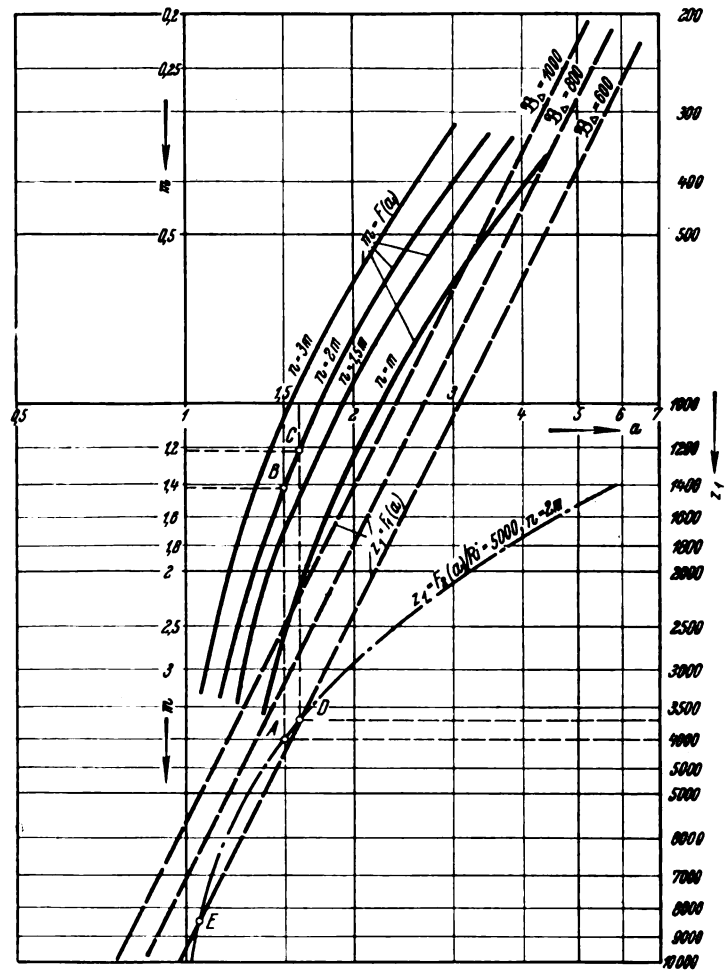


Abb. 9. Transformatorausmittlung.

Spannungsübertragung in den tiefen Frequenzen aufdeckt, genau erfüllt ist. Der Einfluß der Gestellabmessungen auf die Eisenverluste tritt dann indirekt durch Gl. (6) in Erscheinung; er ist in vorstehender Ableitung nicht sichtbar.

Obige Verlustformel stellt somit auch den Maßstab für die Größe der Permeabilität μ_Δ und aus dieser in zweiter Folge den für die Induktion $\mathfrak{B}_\Delta$ (s. folgenden Abschnitt) auf; für $p \approx 5 \ldots 10\,\%$ bei Verwendung normalen Transformatorenbleches muß demnach $\mu_\Delta \approx 500$ sein.

worin für μ_B ein Schätzungswert, der in zweiter Näherung korrigiert wird, für die magnetische Weglänge wie früher $l = 2a\,(n+m+2)$ und für den Luftspalt ebenfalls wie früher $\vartheta \approx 0{,}003$ cm zu setzen ist. Die dem H_m entsprechende Induktion B_m wird der Magnetisierungskurve entnommen, wodurch die Permeabilität μ_B und damit aus Formel (10) μ_Δ bestimmt sind. Die gefundene Größe von μ_Δ soll dann mit der ursprünglich eingesetzten

[7] Spooner, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 42, S. 42 (1923). ETZ 1929, S. 1450.

Digitized by Google

annähernd übereinstimmen, andernfalls die Rechnung mit einem neuen Wert $\mathfrak{B}_\mu$ nochmals durchzuführen ist (siehe Abschnitt 8) oder gegebenenfalls entsprechend dem Näherungsverfahren so lange wiederholt werden muß, bis eine zulässige Näherung erreicht ist. Zu beachten ist noch, daß die Gleichstrommagnetisierung möglichst unter dem Knie der Magnetisierungskurve liegen soll, keinesfalls aber in das Gebiet der Sättigung übergehen darf, worauf im Gange der Berechnung namentlich in der Wahl der primären Windungszahl z_1 Rücksicht zu nehmen ist.

Damit ergibt sich aus Formel (10) für normale Verhältnisse, bei denen die Werte der Produkte $\mu_B a$ und $\mu_B b$ in engen Grenzen bleiben, das Kriterium der Größe von $\mathfrak{B}_\mu$ mit rd. 600 ... 1000 Gauß, wenn die Eisenverluste gemäß Gl. (9) das angegebene Maß nicht überschreiten sollen und gewöhnliches 0,35 mm starkes Transformatorenblech mit $v_{10} \approx 1{,}3$ W/kg verwendet wird.

7. Der erforderliche Wickelraum (Fenstergröße $a^2 m n$) und die ohmschen Widerstände der Spulen.

Mit Rücksicht auf kleine ohmsche Abfälle in der Wicklung sind die ohmschen Widerstände der Spulen R_1 und R_2 möglichst klein zu halten! Drückt man den Widerstand der Primärspule R_1 in Prozent (r) des auf die Primärseite reduzierten sekundären Belastungswiderstandes $\ddot{u}^2 R_a$ aus, der nach Gl. (3) gleich R_i ist, also

$$R_1 = \frac{\ddot{u}^2 R_a r}{100} = \frac{R_i r}{100},$$

und setzt analog für den sekundären Widerstand

$$R_2 = \frac{R_a r}{100} = \frac{R_1}{\ddot{u}^2},$$

dann soll $r \leqq 5$ gewählt werden.

Mit diesem Maß ändern sich bei Berücksichtigung der bisher vernachlässigten Spulenwiderstände die gewonnenen Resultate nur unmerklich; sie können demnach, wie sie in den Gl. (1) ... (9) formuliert sind, für den praktischen Gebrauch als genügend genau betrachtet werden, und der Spannungsabfall in der Primärwicklung in bezug auf den Anodenruhestrom wird gleichfalls in den meisten Fällen nur geringe, mehr als hinreichende Werte annehmen.

Wir wollen nun den ohmschen Spulenwiderstand zu dem erforderlichen Wickelraum, der durch die Fensteröffnung $a^2 m n$ gegeben ist, in Beziehung bringen und treffen dazu wie in der Streuungsrechnung die Annahme, daß das ganze Fenster durch die Wicklung nahezu ausgefüllt sei.

Ist d_i der Durchmesser des isolierten Drahtes, den wir mit ungefähr dem 1,3fachen des blanken Drahtdurchmessers d bewerten, so folgt aus vorstehendem der Durchmesser des blanken Drahtes primär mit

$$\left.\begin{aligned} d_1 &\approx 5{,}5\, a \sqrt{\frac{m n}{z_1}} \quad [\text{mm}] \\ \text{und der blanke sekundäre Drahtdurchmesser} & \\ \text{mit} & \\ d_2 &= \sqrt{\ddot{u}}\, d_1 \approx 5{,}5\, a \sqrt{\frac{m n}{z_2}} \quad [\text{mm}] \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots (12)$$

Führen wir diese Durchmesser mit dem rechtsstehenden Ausdruck der Gl. (12) in die Widerstandsgleichung ein, in welcher für die mittlere Windungslänge wie früher $U_m \approx 4a(m+1)$ gesetzt ist, dann erhalten wir die für die überschlägige Rechnung erforderliche Beziehung zwischen primärer Windungszahl, Gestelldaten und dem prozentual ausgedrückten ohmschen Widerstand r zu

$$z_1 \approx 18 \sqrt{\frac{n m a}{1+m}} \sqrt{r R_i} \quad \ldots\ldots\ldots (13)$$

Somit sind alle Gleichungen aufgestellt, die für die Berechnung von Transformatoren mit ohmscher Belastung und mit genauer Anpassung ($\ddot{u}^2 R_a = R_i$) notwendig sind.

8. Gang der Berechnung.

Die richtige Ausmittlung des zu berechnenden Transformators wird man am raschesten wohl durch die graphische Auswertung der angeführten Bedingungsgleichungen, die einander genügen sollen, erlangen. Man erhält meist mehrere Lösungen und dann bietet das graphische Verfahren überdies einen guten Überblick, die richtigste der möglichen Auslegungen herauszugreifen. Wir gehen beispielsweise folgendermaßen vor:

Die Gl. (6) und (13) setzen wir einander gleich, d. h. wir eliminieren die primäre Windungszahl z_1 und erhalten

$$\frac{(n+m+2{,}5)(1+m)}{n m a^2} = 0{,}12 \cdot 10^{-4} \frac{r \mu_\mu f_t}{k} \quad \ldots\ldots (14)$$

Nach Wahl des Verhältnisses $\varphi = n/m \approx 1 \ldots 3$, welches vornehmlich gemäß Gl. (7) die Zahl der erforderlichen Spulenunterteilung x bestimmt, ergibt sich die Gl. (14) mit nur zwei Unbekannten, nämlich a und m. Wir tragen nun aus Gl. (14) die Werte m in Abhängigkeit von a auf Papier mit logarithmischer Teilung auf, u. zw. zeichnen wir für verschiedene Werte φ je eine Kurve. Solche Kurvenscharen sind für einen speziellen Fall in der Abb. 9 stark ausgezogen [$m = F(a)$] wiedergegeben und gelten für die Werte

$$r = 4, \quad \mu_\mu = 500, \quad f_t = 50 \quad \text{und} \quad \varepsilon_t = 0{,}4,$$

somit nach Gl. (5) für $k = 0{,}666$.

Wie früher erwähnt, ist bei einer gegebenen Blechsorte nach Wahl der Eisenverluste (p) die Größe von μ_μ gegeben, damit ist aber auch die Größe der annähernd einzuhaltenden Induktion $\mathfrak{B}_\mu$ eng umrissen. Wegen des logarithmischen Maßstabes zeichnen wir daher für zwei Werte $\mathfrak{B}_\mu$, die den Bereich der voraussichtlich möglichen Induktionswerte umfassen sollen, die aus Gl. (8) hervorgehenden Parabelfunktionen $F_1(a)$, in denen die primäre Windungszahl z_1 als abhängige Variable von a erscheint, einfach als gerade Linien auf. In Abb. 9 sind diese Funktionen zu unserem speziellen Fall für drei Werte $\mathfrak{B}_\mu = 600$, 800 und 1000 Gauß strichliert gezeichnet und gelten für $\varepsilon_t = 0{,}4$, $e_g = 4$ V, $D = 0{,}1$ und $f_t = 50$.

Ziehen wir noch die der Gl. (13) oder (6) entsprechende Funktionskurve $F_2(a)$, die wieder z_1 in Abhängigkeit von a darstellt, wobei die jeweiligen dem a zugehörigen Werte von m der Kurve $F(a)$ entnommen werden, dann erhalten wir innerhalb der Schnittpunkte D und E, die sich aus den Kurven $F_1(a)$ und $F_2(a)$ ergeben, die möglichen Werte der Seitenlänge a des quadratischen Eisenquerschnittes. Ergeben sich keine Schnittpunkte, dann sind die $F_1(a)$-Funktionen für tiefere Werte $\mathfrak{B}_\mu$ einzutragen.

Um die Gleichstrommagnetisierung gering zu halten und um an Kupfer zu sparen, wird man den sich ergebenden größten Eisenquerschnitt, dem die geringste Windungszahl z_1 zugeordnet ist, für die weitere Berechnung zugrunde legen.

Hiermit sind die Größen a, m, n und z_1 für die überschlägige Rechnung ermittelt. Jetzt untersuchen wir nach Gl. (11) die Gleichstrommagnetisierung, bestimmen nach Gl. (8) das genaue $\mathfrak{B}_\mu$, aus Gl. (10) und der dazu gehörigen Abb. 8 die Permeabilität μ_μ, die dann mit dem in Gl. (14) eingesetzten Wert annähernd übereinstimmen soll.

Ist die Abweichung groß, dann ist die Funktion $F_1(a)$ für einen solchen nun leichter zu schätzenden Wert $\mathfrak{B}_\mu$ einzutragen, welcher der ursprünglich eingesetzten Permeabilität μ_μ genauer entspricht. Die Schnittpunkte dieser mit der Kurve $F_2(a)$ gaben dann die neuen Transformatordaten, mit denen wir die Kontrolle nochmals durchführen. In Abb. 9 ist die $F_2(a)$-Kurve für $r = 4$, $R_i = 5000$ und für $\varphi = \frac{n}{m} = 2$ strichpunktiert eingetragen.

Für die angeführten speziellen Werte erhalten wir aus der graphischen Aufzeichnung (Abb. 9) die Seitenlänge a in den Werten von 1,1 ... 1,6 cm. Wählen wir $a = 1.5$ cm, dann folgen $m = 1.4\, n = 2{,}8$ und $z_1 = 4000$ Windungen. Die Kontrolle zeigt eine gute Übereinstimmung (Anodenruhestrom mit $I = 0{,}006$ A angenommen). Jetzt errechnet man noch aus Gl. (7) die Zahl der erforderlichen Spulenunterteilung x, die für unser Beispiel gleich 2 wird, und bestimmt schließlich aus G. (12) die Drahtdurchmesser, die sich für unseren Fall mit beispielsweise $R_a = 10\,\Omega$, also aus Gl. (3) bei rd. 172 sekundären Windungen zu

$$d_1 \approx 0{,}25 / 0{,}35\ [\text{mm}]\ 2 \times \text{Seide}$$

$$d_2 \approx 1{,}0 / 1{,}2\ [\text{mm}]\ 2 \times \text{Baumwolle}$$

ergeben.

B. Der leerlaufende Transformator.

Dieser Fall liegt in Wirklichkeit beim Eingangs- und Durchgangstransformator im tiefen Frequenzbereich vor, denn der sekundäre kapazitive Belastungswiderstand, herrührend von der Eigen- und Apparatkapazität, und der Isolationswiderstand sind von so hoher Größenordnung, daß sie das Resultat praktisch

Digitized by Google

nicht beeinflussen. Das Ersatzbild Abb. 10 für den Fall $i_2 = 0$ gezeichnet, ergibt dann jene Formel, nach der die EMK e auf die Impedanz $Z = R_i + R_1 + j\omega L$ arbeitet.

Die Eisenverluste seien wie im Abschnitt A vernachlässigt. Es ist also

$$e = i_1 \sqrt{(R_i + R_1)^2 + \omega^2 L^2}$$

und

$$u_2 = \frac{1}{\ddot{u}} i_1 \omega L, \quad i_1 \omega L = u_2'$$

und das Spannungsverhältnis

$$\frac{e}{u_2} = \ddot{u} \sqrt{1 + \left(\frac{R_i + R_1}{\omega L}\right)^2} \quad \ldots\ldots \quad (15)$$

ist demnach durch die Größe $\frac{R_i + R_1}{\omega L}$ bestimmt.

Bei hohen Frequenzen ist der Fall des leerlaufenden Transformators nicht mehr vorhanden, die angeführten kapazitiven Belastungsgrößen und Isolationswiderstände sind nicht mehr zu vernachlässigen. Da uns jedoch hier nur jene Frequenzen interessieren, die innerhalb der praktisch notwendigen Tonfrequenzen von etwa 50 ... 10 000 Hz liegen, können wir die Berechnung der Eingangs- und Durchgangstransformatoren auf den Fall des Leerlaufs beziehen.

Je nachdem welchen Abfall man also in den tiefsten Tonlagen zulassen will, hat man gemäß Gl. (15) das Verhältnis von R_i zu ωL zu wählen, und da der Quellenwiderstand R_i meist festliegt, so muß man die Primärwicklung dementsprechend bemessen. Die Berechnung der erforderlichen Induktivität L unter Berücksichtigung des Einflusses der Gleichstrommagnetisierung, der Eisenverluste und ohmschen Spulenwiderstände erfolgt ähnlich wie im Abschn. A, nur ist hier wegen der eingangs erwähnten begrenzten sekundären Windungszahl keine vollkommene Anpassung möglich.

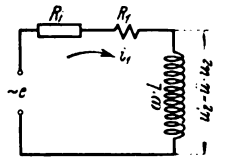


Abb. 10. Ersatzschema für den leerlaufenden Transformator.

Das Verhältnis $\ddot{u} = \frac{z_1}{z_2}$ liegt meist in den Werten 1 : 4 bis 1 : 10 je nach dem gewählten Kompromiß, welcher von der noch zulässigen Spulenkapazitätsgröße abhängig ist.

Hochempfindliches Differential-Wattschutzrelais für Transformatoren mit betriebsmäßig veränderlichen Eisenverlusten.

Von **Hermann Schulze**, Auma.

Übersicht. **Es wird ein Differentialschutz beschrieben, der auch Transformatoren mit betriebsmäßig veränderlichen Eisenverlusten auf jeweils höchstzulässige Eisenverluste hochempfindlich überwacht.**

Die Überwachung der Eisenverluste von Transformatoren geschieht gegenwärtig mittels Differential-Wattrelais entweder nach dem Leistungsmesser-[1] oder nach dem Ferraris-Prinzip[2]. Solche Differential-Wattrelais können in ihren bisher bekanntgewordenen Formen nur auf einen einzigen Ansprechwert eingestellt werden, der den Eisenverlusten des zu schützenden Umspanners bei einer ganz bestimmten Eisensättigung entspricht. Umspanner müssen jedoch vielfach entsprechend den sie erregenden veränderlichen Spannungen — z. B. im Abspannbetrieb hinter langen Leitungen, bei gleichzeitigem Auf- und Abspannbetrieb im Zuge von Kupplungsleitungen usw. — mit veränderlichen Eisensättigungen und demzufolge auch mit im gesunden Zustande veränderlichen Eisenverlusten arbeiten. In solchen Fällen muß der Ansprechwert der z. Z. bekannten Differential-Wattrelais auf den der höchsten Spannung entsprechenden Eisenverlust des Umspanners eingestellt werden, was jedoch für die Betriebszeiten, in denen der Umspanner mit niedrigerer Spannung erregt wird, eine empfindliche Einbuße an Empfindlichkeit für den Differential-Wattschutz bedeutet.

Diese Unzulänglichkeit bei der Verwendung des Differential-Wattschutzes zur Überwachung der Eisenverluste von Transformatoren bei betriebsmäßig veränderlicher Eisensättigung entfällt, wenn das in der ETZ 1929, S. 1193 beschriebene Differential-Wattschutzrelais nach dem Ferraris-Prinzip als Zeitglied einen Zähler nicht mit konstanter Drehzahl, sondern mit einer Drehzahl erhält, die sich in Abhängigkeit von der Spannung nach derselben Beziehung ändert, mit der die Eisenverluste des Umspanners von der Spannung abhängen. Die Prinzipschaltung eines solchen hochempfindlichen Differential-Wattschutzes[3] für einen Einphasentransformator stellt Abb. 1 dar. Die Anpassung der Drehzahl des Zeitgliedes an die den Transformator erregende Spannung und damit an seine im gesunden Zustand höchstzulässigen Eisenverluste wird erreicht durch einen magnetischen Nebenschluß (Kompensationsblech n, Abb. 1) am Spannungseisen; dieser Nebenschluß wird so bemessen, daß seine Magnetisierung bei den kleineren Werten der Erregerspannung dicht unter, bei ihren größeren Werten dicht über dem Knie der Magnetisierungskurve erfolgt. Bezüglich der sonstigen Wirkungsweise dieses Differential-Wattschutzes wird auf die frühere Beschreibung in der ETZ verwiesen.

Da bekanntlich der Eisenbrand zu den teuersten und den Betrieb durch die lange Entziehung der betreffenden Einheit empfindlichst beeinträchtigenden Umspannerbeschädigungen gehört, wird namentlich bei Transformatoren sehr großer und größter Leistungen, wo die erforderlichen Wandler zudem ohnehin vorhanden sein müssen, der hochempfindliche Differential-Wattschutz eine wertvolle Ergänzung der bereits bekannten Umspannerschutzsysteme bedeuten[4].

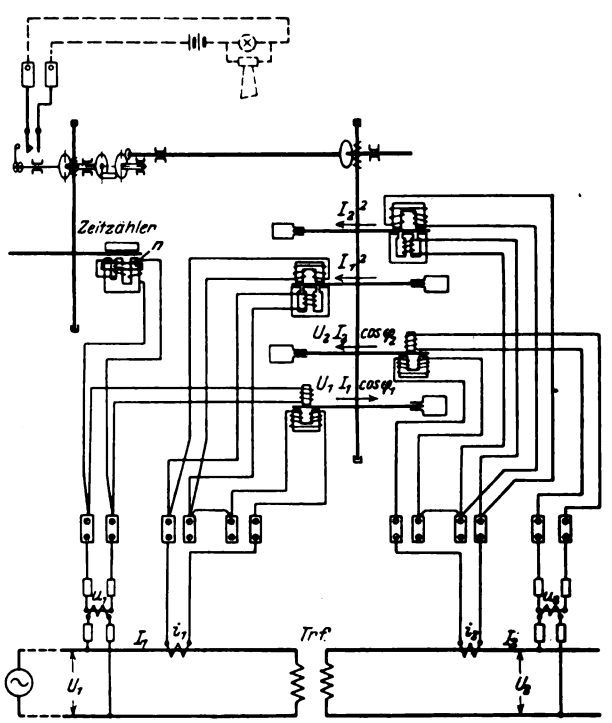


Abb. 1. Hochempfindlicher Differential-Wattschutz für Einphasentransformator.

[1] Vgl. z. B. Siemens-Z. Bd. 6, S. 275 (1926).
[2] ETZ 1929, S. 1192.
[3] DRP. angem.

[4] Der Schutz wird von der AEG und den SSW hergestellt.

Digitized by Google

18. Jahresversammlung der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft in Potsdam.

Die Jahresversammlung der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft[1], die ursprünglich in Danzig stattfinden sollte, mußte wegen der auf den 14. IX. festgesetzten Reichstagswahl auf einen späteren Termin verschoben werden, so daß die ursprüngliche Absicht, sie gleich im Anschluß an die Königsberger Tagung der deutschen Physiker und Mathematiker abzuhalten, nicht verwirklicht werden konnte. Aus diesem Grunde wurde an Stelle von Danzig als Tagungsort Potsdam gewählt, wo die Jahresversammlung am 26. IX. stattfand. Das Hauptthema der Tagung lautete: „Objektive Photometrie".

„Der heutige Stand der Forschung auf dem Gebiete der lichtelektrischen Zellen im besonderen Hinblick auf deren technische Anwendung" wurde von F. Schröter im ersten Vortrag behandelt. Der Anwendungsbereich der photoelektrischen Zellen, deren Verwendungsmöglichkeit anfangs sehr begrenzt war, ist durch die rasch fortschreitende Entwicklung der Elektronenröhren sehr erweitert worden, und die anfänglichen Schwierigkeiten, wie ungenügende Konstanz und ungeeignete spektrale Empfindlichkeit, scheinen überwunden zu sein. Bei den lichtelektrischen Erscheinungen unterscheidet man den inneren Photoeffekt (Änderung der Leitfähigkeit), den äußeren Photoeffekt (Ablösung von Elektronen aus der bestrahlten Oberfläche) und den Photoeffekt in Gasen. Von diesen hat der äußere Photoeffekt die größte praktische Bedeutung, da er ein vollkommen trägheitsloser Vorgang ist und der Photostrom dem einfallenden Lichtstrom direkt proportional ist (Einsteinsches Gesetz). Über den normalen Photoeffekt lagert sich bei den Alkalimetallen der selektive Photoeffekt, d. h. der Photostrom hängt von der Wellenlänge des einfallenden Lichts ab und die Lage des Intensitätsmaximums ist durch die Natur des Alkalimetalls und seine Oberflächenbehandlung bedingt. Durch Gasfüllung der Photozellen kann der Photostrom infolge der hierbei auftretenden Stoßionisation verstärkt werden, doch setzt bei zu hoher angelegter Spannung (100 ... 200 V) die dann eintretende selbständige Glimmentladung der Verwendbarkeit der Zellen ein Ziel. Durch Verwendung geeigneter Elektrodenformen ist es allerdings möglich, bis nahe an die Grenze der Glimmspannung heranzugehen.

Die Anwendungsgebiete der photoelektrischen Zellen sind äußerst vielseitig, z. B. quantitative Wiedergabe schneller Lichtschwankungen: Klangfilm, Lichttelephonie, Bildtelegraphie, Fernsehen; Anwendung als lichtbetätigtes Relais: selbsttätige Beleuchtungsschalter, Diebstahlsicherung, Zählwerk, Kontrolle von Gasreaktionen in der chemischen Industrie. Weitere Verwendung findet die photoelektrische Zelle in der objektiven Photometrie und in der Meßtechnik, z. B. als lichtelektrische Tonsirene zur Erzeugung als reiner Sinusspannung konstanter Frequenz.

Für die Weiterentwicklung der Photozellentechnik sind folgende Gesichtspunkte maßgebend: Verminderung der Trägheit gasgefüllter Zellen auch bei hohen Belastungen, Verschiebung der spektralen Empfindlichkeit nach dem langwelligen Teil des Spektrums, Erhöhung der Empfindlichkeit durch geeignete Oberflächenbehandlung der Kathode und Steigerung des optischen Wirkungsgrades durch entsprechende Formgebung der Zelle. Während die ursprünglich verwendeten Kaliumzellen nur für Blau empfindlich waren, konnte durch Zusatz von einigen Prozent Cäsium zum Kalium eine Verschiebung des Energiemaximums nach dem langwelligen Teil des Spektrums erhalten werden. Neuerdings hat sich die von A. R. Olpin[2] angegebene Oberflächenbehandlung der Alkaliflächen mit Schwefeldampf und nachträglicher Hydrierung als ein außerordentlich wirksames Mittel erwiesen, die Empfindlichkeit zu steigern und nach dem langwelligen Spektralbereich zu verschieben. Ein anderer Weg wurde von Ives und Campbell beschritten, indem auf eine metallische Trägerschicht einatomige Schichten von Alkalimetallen niedergeschlagen wurden. Auf diese Weise gelang es z. B. Cäsiumzellen herzustellen, deren Empfindlichkeitsmaximum im Rot bei etwa 700 mμ liegt. Für die Ausnutzung des inneren Photoeffektes haben an Stelle der überholten Selenzellen die sog. Halbleiter-Photozellen Bedeutung erlangt, die besonders im Ultrarot empfindlich sind. Die empfindliche Schicht besteht bei ihnen aus Selen- und Tellurlegierungen oder Metallsulfiden, so z. B. bei der von Sewig[3] beschriebenen Thalofidezelle.

„Die lichtelektrische Zelle als Hilfsmittel der objektiven Lichtmessung" behandelte R. Sewig im darauf folgenden Vortrag. Ein sehr wichtiges Anwendungsgebiet hat sich der lichtelektrischen Zelle auf dem Gebiet der objektiven Photometrie erschlossen. Die bisherigen subjektiven photometrischen Methoden ermöglichen im allgemeinen nur eine Genauigkeit von etwa ± 2 % und erfordern, da sie Nullmethoden sind, einen erheblichen Zeitaufwand. Sie sind außerdem in beträchtlichem Maße vom körperlichen Zustand des Beobachters, von seiner Augenermüdung usw. abhängig. Im Gegensatz hierzu ermöglicht die lichtelektrische Photometrie eine genauere und weniger zeitraubende Lichtmessung, da sie bei Anwendung von Verstärkerschaltungen die Benutzung direkt zeigender Meßinstrumente sowie von Registrierinstrumenten gestattet. Die Auswahl der für die lichtelektrische Kathode benutzten Metalle richtet sich nach dem zu untersuchenden Spektralbereich. Für Messungen im Ultraviolett werden Kathoden aus Kadmium, Zink, Magnesium und Lithium verwendet, die Kadmiumzelle mit Uviolglasfilter besonders für Messungen der biologisch wirksamen „Dornostrahlung" im Bereich 280 bis 320 mμ. Im sichtbaren Bereich des Spektrums werden hauptsächlich Kathoden aus den Alkalimetallen Kalium, Cäsium oder Rubidium verwendet; die Angleichung der Empfindlichkeitskurve der Zelle an die Empfindlichkeitskurve des menschlichen Auges erfolgt durch Gelbfilter. Für die Messung im ultraroten Gebiet kommen photoelektrische Zellen vorläufig noch nicht in Frage. Auch die auf dem „inneren lichtelektrischen Effekt" beruhenden Halbleiterzellen (z. B. Thalofide- oder Selenzellen) sind vorläufig wegen ihrer Inkonstanz und Trägheit für Meßzwecke noch nicht geeignet.

Die Meßschaltungen für photoelektrische Zellen sind außerordentlich zahlreich. Galvanometerschaltungen ohne Verstärkung sind wegen der geringen verfügbaren Ströme meist nicht anwendbar. Bei Verwendung von Elektrometern kann man sowohl mit der Ausschlags- als auch mit der Entlademethode arbeiten. Für Verstärkerschaltungen kommt es vor allen Dingen auf gute Isolation des Gitters der Verstärkerröhre an. Eine der gebräuchlichsten Schaltungen für direkten Ausschlag ist die als Röhrenvoltmeterschaltung bekannte, bei der der Hochohmwiderstand, über den sich die Zelle entlädt, zwischen Gitter und Glühkathode liegt; der Anodenruhestrom wird kompensiert. Eine Kombination zwischen der elektrometrischen Entladeschaltung und einer Verstärkerschaltung ist die unter der Bezeichnung „Mekapion" von Strauß[4] angegebene Anordnung, bei der die Entladungszeit eines im Gitterkreis der Röhre liegenden Kondensators über die Photozelle von einer durch Anodenrelais betätigten Stoppuhr gemessen wird. Registrierinstrumente werden in Verbindung mit Photozellen schon seit längerer Zeit benutzt, so z. B. die von Koch[5] angegebene Registrieranordnung für densitometrische Messungen. Weitere meßtechnische Anwendungsgebiete lichtelektrischer Zellen ergeben sich für manche physikalischen Messungen, so z. B. bei der Untersuchung der Drehung der Polarisationsebene, der Doppelbrechung und der Anisotropie, ferner für die Untersuchung schnell veränderlicher optischer Vorgänge, für die Prüfung von Momentverschlüssen usw. Endlich wäre die Photozelle, weitgehende Konstanz vorausgesetzt, geeignet, als Hilfsmittel für die Messung des Lichts im absoluten Maß verwendet zu werden.

K. Samson sprach über „Eine Hochleistungsapparatur zur betriebsmäßigen Bestimmung der Lichtausbeute von Glühlampen mittels lichtelektrischer Zellen". Es lag die Aufgabe vor, die Lichtausbeute von Glühlampen mit der für gute subjektive Messungen erreichbaren Genauigkeit bei möglichst hoher Meßgeschwindigkeit zu bestimmen. Die nachstehend beschriebene Anordnung wurde in der Fabriken-Versuchsabteilung der Osram G. m. b. H. unter Mitarbeit von F. Bobek und R. Kühn entwickelt. Da die Ermittlung der Lichtausbeute aus der Lichtfarbe der Lampe gewisse Fehlerquellen einschließt, wurde die Lichtausbeute durch Messung des Lichtstroms und des Wattverbrauchs ermittelt. Der Lichtstrom der Lampe wird in der Ulbrichtschen Kugel mit Hilfe einer

[1] Bericht über die vorjährige Versammlung: ETZ 1929, S. 1645.
[2] A. R. Olpin, Phys. Rev. Bd. 36, S. 251 (1930).
[3] R. Sewig, Z. techn. Phys. Bd. 11, S. 269 (1930).
[4] S. Strauß, El. u. Maschinenb. Bd. 44, S. 348 (1926).
[5] P. P. Koch, Am. Phys. Bd. 39, S. 705 (1912).

Digitized by Google

nicht beeinflussen. Das Ersatzbild Abb. 10 für den Fall $i_2 = 0$ gezeichnet, ergibt dann jene Formel, nach der die EMK e auf die Impedanz $Z = R_i + R_1 + j\omega L$ arbeitet.

Die Eisenverluste seien wie im Abschnitt A vernachlässigt. Es ist also

$$e = i_1 \sqrt{(R_i + R_1)^2 + \omega^2 L^2}$$

und

$$u_2 = \frac{1}{\ddot{u}} i_1 \omega L, \quad i_1 \omega L = u_2'$$

und das Spannungsverhältnis

$$\frac{e}{u_2} = \ddot{u} \sqrt{1 + \left(\frac{R_i + R_1}{\omega L}\right)^2} \quad \ldots\ldots \quad (15)$$

ist demnach durch die Größe $\frac{R_i + R_1}{\omega L}$ bestimmt.

Bei hohen Frequenzen ist der Fall des leerlaufenden Transformators nicht mehr vorhanden, die angeführten kapazitiven Belastungsgrößen und Isolationswiderstände sind nicht mehr zu vernachlässigen. Da uns jedoch hier nur jene Frequenzen interessieren, die innerhalb der praktisch notwendigen Tonfrequenzen von etwa 50 ... 10 000 Hz liegen, können wir die Berechnung der Eingangs- und Durchgangstransformatoren auf den Fall des Leerlaufs beziehen.

Je nachdem welchen Abfall man also in den tiefsten Tonlagen zulassen will, hat man gemäß Gl. (15) das Verhältnis von R_i zu ωL zu wählen, und da der Quellenwiderstand R_i meist festliegt, so muß man die Primärwicklung dementsprechend bemessen. Die Berechnung der erforderlichen Induktivität L unter Berücksichtigung des Einflusses der Gleichstrommagnetisierung, der Eisenverluste und ohmschen Spulenwiderstände erfolgt ähnlich wie im Abschn. A, nur ist hier wegen der eingangs erwähnten begrenzten sekundären Windungszahl keine vollkommene Anpassung möglich.

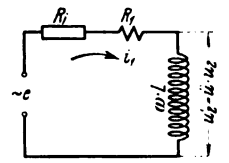


Abb. 10. Ersatzschema für den leerlaufenden Transformator.

Das Verhältnis $\ddot{u} = \frac{z_1}{z_2}$ liegt meist in den Werten 1 : 4 bis 1 : 10 je nach dem gewählten Kompromiß, welcher von der noch zulässigen Spulenkapazitätsgröße abhängig ist.

Hochempfindliches Differential-Wattschutzrelais für Transformatoren mit betriebsmäßig veränderlichen Eisenverlusten.

Von **Hermann Schulze**, Auma.

Übersicht. **Es wird ein Differentialschutz beschrieben, der auch Transformatoren mit betriebsmäßig veränderlichen Eisenverlusten auf jeweils höchstzulässige Eisenverluste hochempfindlich überwacht.**

Die Überwachung der Eisenverluste von Transformatoren geschieht gegenwärtig mittels Differential-Wattrelais entweder nach dem Leistungsmesser-[1] oder nach dem Ferraris-Prinzip[2]. Solche Differential-Wattrelais können in ihren bisher bekanntgewordenen Formen nur auf einen einzigen Ansprechwert eingestellt werden, der den Eisenverlusten des zu schützenden Umspanners bei einer ganz bestimmten Eisensättigung entspricht. Umspanner müssen jedoch vielfach entsprechend den sie erregenden veränderlichen Spannungen — z. B. im Abspannbetrieb hinter langen Leitungen, bei gleichzeitigem Auf- und Abspannbetrieb im Zuge von Kupplungsleitungen usw. — mit veränderlichen Eisensättigungen und demzufolge auch mit im gesunden Zustande veränderlichen Eisenverlusten arbeiten. In solchen Fällen muß der Ansprechwert der z. Z. bekannten Differential-Wattrelais auf den der höchsten Spannung entsprechenden Eisenverlust des Umspanners eingestellt werden, was jedoch für die Betriebszeiten, in denen der Umspanner mit niedrigerer Spannung erregt wird, eine empfindliche Einbuße an Empfindlichkeit für den Differential-Wattschutz bedeutet.

Diese Unzulänglichkeit bei der Verwendung des Differential-Wattschutzes zur Überwachung der Eisenverluste von Transformatoren bei betriebsmäßig veränderlicher Eisensättigung entfällt, wenn das in der ETZ 1929, S. 1193 beschriebene Differential-Wattschutzrelais nach dem Ferraris-Prinzip als Zeitglied einen Zähler nicht mit konstanter Drehzahl, sondern mit einer Drehzahl erhält, die sich in Abhängigkeit von der Spannung nach derselben Beziehung ändert, mit der die Eisenverluste des Umspanners von der Spannung abhängen. Die Prinzipschaltung eines solchen hochempfindlichen Differential-Wattschutzes[3] für einen Einphasentransformator stellt Abb. 1 dar. Die Anpassung der Drehzahl des Zeitgliedes an die den Transformator erregende Spannung und damit an seine im gesunden Zustand höchstzulässigen Eisenverluste wird erreicht durch einen magnetischen Nebenschluß (Kompensationsblech n, Abb. 1) am Spannungseisen; dieser Nebenschluß wird so bemessen, daß seine Magnetisierung bei den kleineren Werten der Erregerspannung dicht unter, bei ihren größeren Werten dicht über dem Knie der Magnetisierungskurve erfolgt. Bezüglich der sonstigen Wirkungsweise dieses Differential-Wattschutzes wird auf die frühere Beschreibung in der ETZ verwiesen.

Da bekanntlich der Eisenbrand zu den teuersten und den Betrieb durch die lange Entziehung der betreffenden Einheit empfindlichst beeinträchtigenden Umspannerbeschädigungen gehört, wird namentlich bei Transformatoren sehr großer und größter Leistungen, wo die erforderlichen Wandler zudem ohnehin vorhanden sein müssen, der hochempfindliche Differential-Wattschutz eine wertvolle Ergänzung der bereits bekannten Umspannerschutzsysteme bedeuten[4].

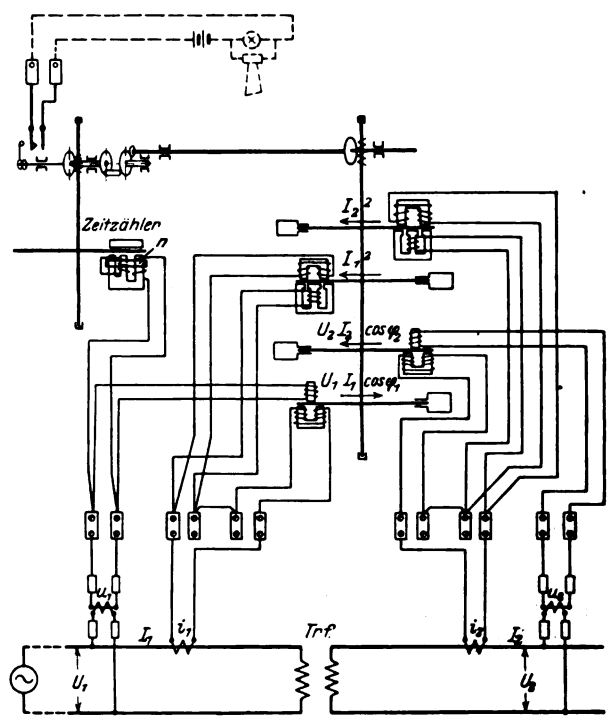


Abb. 1. Hochempfindlicher Differential-Wattschutz für Einphasentransformator.

[1] Vgl. z. B. Siemens-Z. Bd. 6, S. 275 (1926).
[2] ETZ 1929, S. 1192.
[3] DRP. angem.
[4] Der Schutz wird von der AEG und den SSW hergestellt.

Digitized by Google

18. Jahresversammlung der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft in Potsdam.

Die Jahresversammlung der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft[1], die ursprünglich in Danzig stattfinden sollte, mußte wegen der auf den 14. IX. festgesetzten Reichstagswahl auf einen späteren Termin verschoben werden, so daß die ursprüngliche Absicht, sie gleich im Anschluß an die Königsberger Tagung der deutschen Physiker und Mathematiker abzuhalten, nicht verwirklicht werden konnte. Aus diesem Grunde wurde an Stelle von Danzig als Tagungsort Potsdam gewählt, wo die Jahresversammlung am 26. IX. stattfand. Das Hauptthema der Tagung lautete: „Objektive Photometrie".

„Der heutige Stand der Forschung auf dem Gebiete der lichtelektrischen Zellen im besonderen Hinblick auf deren technische Anwendung" wurde von F. Schröter im ersten Vortrag behandelt. Der Anwendungsbereich der photoelektrischen Zellen, deren Verwendungsmöglichkeit anfangs sehr begrenzt war, ist durch die rasch fortschreitende Entwicklung der Elektronenröhren sehr erweitert worden, und die anfänglichen Schwierigkeiten, wie ungenügende Konstanz und ungeeignete spektrale Empfindlichkeit, scheinen überwunden zu sein. Bei den lichtelektrischen Erscheinungen unterscheidet man den inneren Photoeffekt (Änderung der Leitfähigkeit), den äußeren Photoeffekt (Ablösung von Elektronen aus der bestrahlten Oberfläche) und den Photoeffekt in Gasen. Von diesen hat der äußere Photoeffekt die größte praktische Bedeutung, da er ein vollkommen trägheitsloser Vorgang ist und der Photostrom dem einfallenden Lichtstrom direkt proportional ist (Einsteinsches Gesetz). Über den normalen Photoeffekt lagert sich bei den Alkalimetallen der selektive Photoeffekt, d. h. der Photostrom hängt von der Wellenlänge des einfallenden Lichts ab und die Lage des Intensitätsmaximums ist durch die Natur des Alkalimetalls und seine Oberflächenbehandlung bedingt. Durch Gasfüllung der Photozellen kann der Photostrom infolge der hierbei auftretenden Stoßionisation verstärkt werden, doch setzt bei zu hoher angelegter Spannung (100 ... 200 V) die dann eintretende selbständige Glimmentladung der Verwendbarkeit der Zellen ein Ziel. Durch Verwendung geeigneter Elektrodenformen ist es allerdings möglich, bis nahe an die Grenze der Glimmspannung heranzugehen.

Die Anwendungsgebiete der photoelektrischen Zellen sind äußerst vielseitig, z. B. quantitative Wiedergabe schneller Lichtschwankungen: Klangfilm, Lichttelephonie, Bildtelegraphie, Fernsehen; Anwendung als lichtbetätigtes Relais: selbsttätige Beleuchtungschalter, Diebstahlsicherung, Zählwerk, Kontrolle von Gasreaktionen in der chemischen Industrie. Weitere Verwendung findet die photoelektrische Zelle in der objektiven Photometrie und in der Meßtechnik, z. B. als lichtelektrische Tonsirene zur Erzeugung als reiner Sinusspannung konstanter Frequenz.

Für die Weiterentwicklung der Photozellentechnik sind folgende Gesichtspunkte maßgebend: Verminderung der Trägheit gasgefüllter Zellen auch bei hohen Belastungen, Verschiebung der spektralen Empfindlichkeit nach dem langwelligen Teil des Spektrums, Erhöhung der Empfindlichkeit durch geeignete Oberflächenbehandlung der Kathode und Steigerung des optischen Wirkungsgrades durch entsprechende Formgebung der Zelle. Während die ursprünglich verwendeten Kaliumzellen nur für Blau empfindlich waren, konnte durch Zusatz von einigen Prozent Cäsium zum Kalium eine Verschiebung des Energiemaximums nach dem langwelligen Teil des Spektrums erhalten werden. Neuerdings hat sich die von A. R. Olpin[2] angegebene Oberflächenbehandlung der Alkaliflächen mit Schwefeldampf und nachträglicher Hydrierung als ein außerordentlich wirksames Mittel erwiesen, die Empfindlichkeit zu steigern und nach dem langwelligen Spektralbereich zu verschieben. Ein anderer Weg wurde von Ives und Campbell beschritten, indem auf eine metallische Trägerschicht einatomige Schichten von Alkalimetallen niedergeschlagen wurden. Auf diese Weise gelang es z. B. Cäsiumzellen herzustellen, deren Empfindlichkeitsmaximum im Rot bei etwa 700 mμ liegt. Für die Ausnutzung des inneren Photoeffektes haben an Stelle der überholten Selenzellen die sog. Halbleiter-Photozellen Bedeutung erlangt, die besonders im Ultrarot empfindlich sind. Die empfindliche Schicht besteht bei ihnen aus Selen- und Tellurlegierungen oder Metallsulfiden, so z. B. bei der von Sewig[3] beschriebenen Thalofidezelle.

„Die lichtelektrische Zelle als Hilfsmittel der objektiven Lichtmessung" behandelte R. Sewig im darauf folgenden Vortrag. Ein sehr wichtiges Anwendungsgebiet hat sich der lichtelektrischen Zelle auf dem Gebiet der objektiven Photometrie erschlossen. Die bisherigen subjektiven photometrischen Methoden ermöglichen im allgemeinen nur eine Genauigkeit von etwa ± 2 % und erfordern, da sie Nullmethoden sind, einen erheblichen Zeitaufwand. Sie sind außerdem in beträchtlichem Maße vom körperlichen Zustand des Beobachters, von seiner Augenermüdung usw. abhängig. Im Gegensatz hierzu ermöglicht die lichtelektrische Photometrie eine genauere und weniger zeitraubende Lichtmessung, da sie bei Anwendung von Verstärkerschaltungen die Benutzung direkt zeigender Meßinstrumente sowie von Registrierinstrumenten gestattet. Die Auswahl der für die lichtelektrische Kathode benutzten Metalle richtet sich nach dem zu untersuchenden Spektralbereich. Für Messungen im Ultraviolett werden Kathoden aus Kadmium, Zink, Magnesium und Lithium verwendet, die Kadmiumzelle mit Uviolglasfilter besonders für Messungen der biologisch wirksamen „Dornostrahlung" im Bereich 280 bis 320 mμ. Im sichtbaren Bereich des Spektrums werden hauptsächlich Kathoden aus den Alkalimetallen Kalium, Cäsium oder Rubidium verwendet; die Angleichung der Empfindlichkeitskurve der Zelle an die Empfindlichkeitskurve des menschlichen Auges erfolgt durch Gelbfilter. Für die Messung im ultraroten Gebiet kommen photoelektrische Zellen vorläufig noch nicht in Frage. Auch die auf dem „inneren lichtelektrischen Effekt" beruhenden Halbleiterzellen (z. B. Thalofide- oder Selenzellen) sind vorläufig wegen ihrer Inkonstanz und Trägheit für Meßzwecke noch nicht geeignet.

Die Meßschaltungen für photoelektrische Zellen sind außerordentlich zahlreich. Galvanometerschaltungen ohne Verstärkung sind wegen der geringen verfügbaren Ströme meist nicht anwendbar. Bei Verwendung von Elektrometern kann man sowohl mit der Ausschlags- als auch mit der Entlademethode arbeiten. Für Verstärkerschaltungen kommt es vor allen Dingen auf gute Isolation des Gitters der Verstärkerröhre an. Eine der gebräuchlichsten Schaltungen für direkten Ausschlag ist die als Röhrenvoltmeterschaltung bekannte, bei der der Hochohmwiderstand, über den sich die Zelle entlädt, zwischen Gitter und Glühkathode liegt; der Anodenruhestrom wird kompensiert. Eine Kombination zwischen der elektrometrischen Entladeschaltung und einer Verstärkerschaltung ist die unter der Bezeichnung „Mekapion" von Strauß[4] angegebene Anordnung, bei der die Entladungszeit eines im Gitterkreis der Röhre liegenden Kondensators über die Photozelle von einer durch Anodenrelais betätigten Stoppuhr gemessen wird. Registrierinstrumente werden in Verbindung mit Photozellen schon seit längerer Zeit benutzt, so z. B. die von Koch[5] angegebene Registrieranordnung für densitometrische Messungen. Weitere meßtechnische Anwendungsgebiete lichtelektrischer Zellen ergeben sich für manche physikalischen Messungen, so z. B. bei der Untersuchung der Drehung der Polarisationsebene, der Doppelbrechung und der Anisotropie, ferner für die Untersuchung schnell veränderlicher optischer Vorgänge, für die Prüfung von Momentverschlüssen usw. Endlich wäre die Photozelle, weitgehende Konstanz vorausgesetzt, geeignet, als Hilfsmittel für die Messung des Lichts im absoluten Maß verwendet zu werden.

K. Samson sprach über „Eine Hochleistungsapparatur zur betriebsmäßigen Bestimmung der Lichtausbeute von Glühlampen mittels lichtelektrischer Zellen". Es lag die Aufgabe vor, die Lichtausbeute von Glühlampen mit der für gute subjektive Messungen erreichbaren Genauigkeit bei möglichst hoher Meßgeschwindigkeit zu bestimmen. Die nachstehend beschriebene Anordnung wurde in der Fabriken-Versuchsabteilung der Osram G. m. b. H. unter Mitarbeit von F. Bobek und R. Kühn entwickelt. Da die Ermittlung der Lichtausbeute aus der Lichtfarbe der Lampe gewisse Fehlerquellen einschließt, wurde die Lichtausbeute durch Messung des Lichtstroms und des Wattverbrauchs ermittelt. Der Lichtstrom der Lampe wird in der Ulbrichtschen Kugel mit Hilfe einer

[1] Bericht über die vorjährige Versammlung: ETZ 1929, S. 1645.
[2] A. R. Olpin, Phys. Rev. Bd. 36, S. 251 (1930).
[3] R. Sewig, Z. techn. Phys. Bd. 11, S. 269 (1930).
[4] S. Strauß, El. u. Maschinenb. Bd. 44, S. 348 (1926).
[5] P. P. Koch, Am. Phys. Bd. 39, S. 705 (1912).

Digitized by Google

vor dem Meßfenster angebrachten Photozelle bestimmt und kann direkt an einem Drehspulinstrument abgelesen werden. Auf die Achse dieses Instruments ist ein kleiner Spiegel aufgesetzt, so daß ein von einem Projektor ausgehender und auf den Spiegel treffender Lichtstrahl in einer horizontalen Ebene hin- und herschwingt. Der reflektierte Strahl fällt auf ein unter 45° geneigtes Prisma derart, daß er nach Durchgang durch das Prisma in der Vertikalebene auf- und abschwingt. Der Lichtstrahl fällt nun auf einen zweiten Spiegel, der in gleicher Weise wie der erste auf dem System eines zweiten Drehspulinstruments befestigt ist. Dieses zweite Instrument mißt den Wattverbrauch der Lampe bzw. — bei konstanter Lampenspannung — die dem Wattverbrauch proportionale Stromstärke. Nach Reflexion am Spiegel des zweiten Instruments fällt der Lichtzeiger auf einen Auffangschirm aus Mattglas. Auf diesem führt er dem ersten Instrument (Lichtstrom) zufolge eine vertikale Bewegung (Ordinate), dem zweiten Instrument (Watt) entsprechend eine horizontale Bewegung (Abszisse) aus. Die Punkte gleicher Lumen/Watt liegen demnach auf schräg zum Achsenkreuz verlaufenden Geraden.

Die Schaltung ist so angeordnet, daß möglichst wenig Stromquellen zu überwachen sind. Es werden deshalb Heiz- und Anodenstrom der Verstärkerröhre derselben Batterie unter Benutzung einer Potentiometerschaltung entnommen. Der Bereich, in dem lineare Abhängigkeit des Anodenstromes vom Lichtstrom vorhanden ist, beträgt 1 : 2, was für den vorliegenden Zweck ausreichend ist. Da die Apparatur nur zur Untersuchung von Lampen annähernd gleicher Lichtausbeute benutzt wird, sind Fehler infolge Selektivität der Photozelle kaum zu befürchten; trotzdem wurde die Zelle mit einem Gelbfilter versehen. Die mit dieser Apparatur erhaltene Meßgenauigkeit ergab sich aus einer großen Meßreihe (rd. 4000 Lampen) zu ± 2 %. Die Meßgeschwindigkeit ist durch die zum Einsetzen und Herausnehmen der Lampe aus der Kugel erforderliche Zeit bedingt. Es werden deshalb an Stelle von Schraubfassungen federnde Gabeln mit Bronzebürsten verwendet, in die die Lampen einfach eingesteckt werden; beim Öffnen der Kugeltür fällt die Lampe selbsttätig in eine Transportrinne. Die auf diese Weise mit der besprochenen Apparatur erzielte Meßgeschwindigkeit beträgt 1200 ... 1500 Lampen in der Stunde.

Der Vortrag von Frh. v. Göler behandelte „Die Leuchtröhren in der Photometrie". Infolge des ständig zunehmenden Anwendungsbereiches von Leuchtröhren[6] gewinnt auch die Photometrie dieser Lichtquellen immer mehr Bedeutung. Im Gegensatz zu dem kontinuierlichen Spektrum der Temperaturstrahler senden die leuchtenden Gase der Leuchtröhren ein Linienspektrum aus, sie geben also ein ausgesprochen farbiges Licht, dessen Intensität und Zusammensetzung von Spannungsschwankungen in weit geringerem Maße abhängig sind als z. B. bei der Glühlampe. Die Photometrie der Leuchtröhren bietet vor allem wegen ihrer starken Farbigkeit Schwierigkeiten und die Unterschiede der menschlichen Augen bezüglich Farb- und Helligkeitsempfindung erlangen hier erhöhte Bedeutung. Diese Unterschiede sind recht erheblich, wie Messungen mit dem Anomaloskop an etwa 70 Beobachtern ergaben. Die sonst in der heterochromen Photometrie angewandten Methoden (Angleichung der Lichtfarbe durch Filter, Flimmerphotometer) sind hier besonders schwierig anzuwenden, auch sind die Beziehungen der verschiedenen Methoden zueinander noch nicht mit Sicherheit festgestellt. Bei der Messung des Lichtstroms in der Ulbrichtschen Kugel kann die Selektivität des Kugelanstrichs Meßfehler hervorrufen. Die Längenausdehnung der Röhren erfordert für die Messung des Lichtstroms große Ulbrichtsche Kugeln und bei der Lichtstärkemessung die Anwendung großer Entfernungen. Die Berechnung des Lichtstroms aus der maximalen Lichtstärke unter Zugrundelegung der für den leuchtenden Zylinder geltenden Lichtverteilung (cos ε-Gesetz) ist unsicher. Ist die Selbstabsorption des Gases groß, wie z. B. bei Natriumdampf, so leuchtet nur die Oberschicht und das Kosinusgesetz gilt; ist dagegen keine Selbstabsorption vorhanden, wie z. B. bei Neon, so gelangt auch die Strahlung der inneren Gasvolumenelemente nach außen und die Lichtstärke der Röhre ist infolgedessen in allen Richtungen nahezu gleichgroß. Die Gestalt der Lichtverteilungskurve kann außerdem vom Röhrendurchmesser, vom Gasdruck und der Stromstärke abhängen, so daß also meist die Aufnahme der vollständigen Lichtverteilungskurve unvermeidlich ist.

In der anschließenden Aussprache wies L. Bloch auf den Fortschritt hin, der in der Photozellentechnik durch die Entwicklungsarbeit im Dienste des Tonfilms erreicht worden ist. Es liegt heute bereits eine ganze Anzahl praktisch brauchbarer Zellenkonstruktionen für photometrische Zwecke vor und die Schaltungstechnik ist soweit vervollkommnet worden, daß für Messungen im sichtbaren Bereich des Spektrums nicht mehr Galvanometer, Elektrometer und zeitraubende Nullmethoden, sondern gewöhnliche Zeigerinstrumente für direkten Ausschlag verwendet werden können. Dieser Schritt ist für die praktische Anwendung der objektiven Photometrie in der Lichttechnik entscheidend. Für die Aufnahme von Lichtverteilungskurven und für Lichtstrommessungen mit der Ulbrichtschen Kugel ist die Photozelle heute bereits praktisch verwendbar. Für ihre Anwendung als Beleuchtungsmesser müßten jedoch Zellen konstruiert werden, die auch auf von verschiedenen Richtungen einfallendes Licht gleichgut ansprechen und so den an einen Photometer-Auffangschirm zu stellenden Anforderungen genügen. Die Verwendung der Photozelle im tragbaren Beleuchtungsmesser ist eine der nächsten Aufgaben der einschlägigen Industrie. Im weiteren Verlauf der Aussprache erörterten u. a. R. Weigel und A. R. Meyer die Frage des Vergleichs verschiedenfarbiger Lichtquellen.

Einen Überblick über die von den Kommissionen der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft geleistete Arbeit gab ein von W. Dziobek erstatteter Bericht. Die Neubearbeitung der Leitsätze für die Beleuchtung mit künstlichem Licht wurde zum Abschluß gebracht und auf der Jahresversammlung endgültig angenommen. Bei der Ausarbeitung der vom Reichsverkehrsminister am 15. VII. 1930 herausgegebenen Verordnung für den Kraftfahrzeugverkehr hat, soweit sie die Beleuchtung der Kraftwagen betrifft, die Kommission für Kraftfahrzeugbeleuchtung beratend mitgewirkt[7]. An Stelle der bisherigen Scheinwerferkommission der Gesellschaft wurde eine Kommission für Lichtsignalwesen geschaffen, deren Aufgabenkreis die Flugverkehrsbeleuchtung sowie die Beleuchtung im See- und Eisenbahnverkehr umfaßt. Die Unterkommission für Flugverkehrsbeleuchtung hat die Tagung des Studienkomitees für Flugverkehrsbeleuchtung der Internationalen Beleuchtungskommission vorbereitet, die auf Einladung der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft vom 28. bis 30. IV. d. J. in Berlin stattfand und an der 14 verschiedene Nationen teilnahmen.

Der bisherige Vorsitzende der Gesellschaft Dr.-Ing. E. h. K. Lempelius scheidet mit Beginn des neuen Geschäftsjahres satzungsgemäß aus und wird an Stelle des ebenfalls ausscheidenden Schatzmeisters Dir. G. Fenner zum neuen Schatzmeister gewählt. Als neuer Vorsitzender der Gesellschaft wird Dr. A. R. Meyer gewählt. Eine Festsetzung über den Ort der nächstjährigen Jahresversammlung wird mit Rücksicht auf die im September nächsten Jahres stattfindende Tagung der Internationalen Beleuchtungskommission in England noch nicht getroffen.

H. G. Frühling.

[7] Vgl. a. ETZ 1930, S. 1555.

Elektrische Staubniederschlagung „Fedi"*.

Die Société Fumivorité et Depoussiérage Industriel verwendet in ihren Elektrofiltern eine Niederschlagelektrode nach Prof. Pauthenier (Abb. 1), bei der vor den glatten Blechplatten im Abstand von einigen Zentimetern ein weitmaschiges Drahtnetz, durch besondere Stege mit der Platte verbunden, angeordnet ist. Dadurch soll erreicht werden, daß der aus dem Gas abzuscheidende Staub in das Innere dieser Kastenelektrode eintritt und dort von selbst in den Bunker fällt, während das vorgespannte Drahtnetz zur Aufrechterhaltung des elektrischen Feldes dient. — Es handelt sich also um eine Fangraumelektrode, wie sie von deutschen Werken bereits seit vielen Jahren angewendet wird. In geeigneten Fällen hat die Fangraumelektrode ausgezeichnete Dienste geleistet, sie darf aber keineswegs als Universalelektrode für alle Anwendungsgebiete des Elektrofilters angesehen werden. *C. H.*

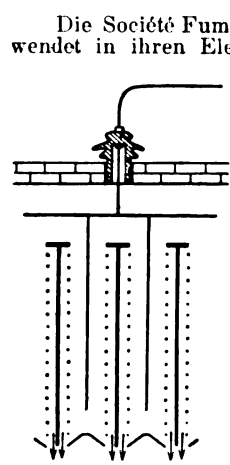


Abb. 1. Niederschlagelektrode.

* Génie civil Bd. 95, S. 418.

[6] M. Pirani, ETZ 1930, S. 889.

Digitized by Google

Selbsterregte Schwingungen in Kreisen mit veränderlichen Selbstinduktionen*.

Von Dr. techn. **Rudolf Mayer**, Berlin.

Übersicht. Im ersten Teil des Vortrages wird die Entstehung von „quasiharmonischen Frequenzen" und deren Selbsterregung an Hand einer Analogie aus dem Elektromaschinenbau erklärt. Es wird dann an einem Rechenbeispiel die Halbierung der aufgedrückten Frequenz gezeigt. Im zweiten Teil des Vortrags wird über selbsterregte Strom- und Spannungschwankungen berichtet, die in Kreisen mit veränderlicher Selbstinduktion auftreten können. Wie sich die Pendelungen dauernd aufrecht erhalten können, wird an Hand qualitativer Betrachtungen erläutert, die das Verhalten der ganzen Anordnung bei Übergangszuständen betreffen.

I. Die Entstehung quasiharmonischer Frequenzen.

Die Störerscheinungen, die in Starkstromanlagen durch hohe Eisensättigung von Transformatoren und Spannungswandlern auftreten können, haben in den letzten Jahren immer mehr an Interesse gewonnen. Als Beispiele für derartige Erscheinungen nenne ich kurz folgende: die zu starke Verzerrung von Spannungskurven, durch die das Netz samt den angeschlossenen Verbrauchsapparaten mit Strömen und Spannungen belastet wird, die für die nutzbare Leistungsumsetzung nicht brauchbar sind; daraus folgt eine Verschlechterung des Wirkungsgrades der Übertragung. Eine unliebsame Folge einer schlechten Spannungskurve besteht ferner darin, daß trotz genauer Kompensation beim Erdschluß ein so großer Reststrom übrig bleiben kann, daß eine Löschung des Erdschlußlichtbogens nicht mehr sichergestellt ist. Der große Reststrom, der durch die Kompensation nicht erfaßt werden kann, besteht dabei neben einer kleinen Wattkomponente der Grundharmonischen hauptsächlich aus einem Strom der 5. Harmonischen.

Eine ganz andere Art von Störerscheinungen wird durch die Abhängigkeit der Selbstinduktion einer eisenhaltigen Drossel von dem Strom, der durch sie hindurchfließt, hervorgerufen; mit zunehmendem Strom nimmt nämlich, wie bekannt, die Selbstinduktion ab. Infolge dieser Eigenschaft kann es in Starkstromanlagen vorkommen, daß bei starker Unsymmetrie, z. B. bei Erdschluß, ein Kippen des Spannungszustandes eintritt. Das Drehfeld kehrt dabei seine Richtung um, so daß die Motoren wie im Kurzschluß laufen.

Bei den an erster Stelle erwähnten Störerscheinungen, d. h. den durch höhere Harmonische hervorgerufenen, handelt es sich zunächst nur um solche Harmonische, die in der Spannungskurve einer Drossel schon enthalten sind, wenn auch noch kein Strom dieser Harmonischen fließt. Z. B. enthält die Leerlaufspannung einer gesättigten Drossel nur alle ungeraden Harmonischen, d. i. also neben der Grundharmonischen die dritte, fünfte, usw. Wenn die Eisendrossel durch eine zusätzliche Wicklung eine Gleichstromvorsättigung erhält, dann entstehen außer den ungeraden auch die geraden höheren Harmonischen, d. i. die zweite, die vierte, usw.

Es wurde nun tatsächlich beobachtet, daß in eisenhaltigen Kreisen auch Ströme anderer Frequenzen als der eben erwähnten auftreten können. So wurden in amerikanischen Hochspannungsanlagen Ströme der doppelten Frequenz festgestellt, ohne daß eine Gleichstromsättigung bei einem der angeschalteten Transformatoren vorgesehen war, ferner auch Ströme der halben Frequenz.

In deutschen Anlagen konnte meines Wissens derartiges bis jetzt noch nicht beobachtet werden; es fehlen dazu bestimmte Voraussetzungen, die bei amerikanischen Anlagen vorhanden sind. Nur im Laboratorium, u. zw. in dem der T. H. Darmstadt, wurden derartige Erscheinungen an Modellen kleiner Leistung hergestellt. Darüber ist von Löslein, Sauer und Lampert in einer Diplomarbeit bzw. in einer Dissertation näher berichtet. Der selbsterregte Strom ändert sich dabei ständig in seiner Phase gegen die Grundwelle.

Unabhängig davon wurde die Selbsterregung von fremden Frequenzen, als die wir diese Erscheinung ansehen müssen, von Osnos[1] bei Maschinensenderanlagen für drahtlose Telegraphie beobachtet, die zur Frequenzvervielfachung mit stark gesättigten Eisendrosseln arbeiten. Osnos hat für diese Frequenzen den Ausdruck „Quasiharmonische" eingeführt, den wir im folgenden beibehalten wollen. Eine theoretische Untersuchung darüber hat Heegner[2] angestellt.

In dem ersten Teil dieser Arbeit möchte ich nun die physikalischen Grundlagen für die Erzeugung dieser quasiharmonischen Frequenzen näher auseinandersetzen.

Ich erwähnte zu Beginn meiner Ausführungen noch eine zweite Art von Störungen infolge zu hoher Eisensättigung, u. zw. Kippvorgänge, die durch die Veränderlichkeit der Selbstinduktion einer Eisendrossel in Abhängigkeit vom Strom hervorgerufen sind. Normalerweise bleiben bei solchen Kippvorgängen im Endzustand Ströme und Spannungen in ihren Amplituden unverändert. In Hochfrequenzanlagen für drahtlose Telegraphie wurden jedoch auch derartige Erscheinungen beobachtet, bei denen dies nicht mehr der Fall war, bei denen also Ströme und Spannungen in ihren Amplituden ununterbrochen schwankten[3]. Wenn auch derartige Vorgänge in Starkstrom-Übertragungsanlagen meines Wissens noch nicht beobachtet wurden und daher vorläufig wenigstens noch nicht großes praktisches Interesse beanspruchen dürfen, so will ich dennoch im zweiten Teil darauf eingehen, und zwar werde ich dabei durch einige mehr qualitative Betrachtungen die physikalischen Grundlagen für derartige selbsterregte Strompendelungen zu erläutern versuchen und hoffe, daß sie, auch losgelöst von der praktischen Anwendbarkeit, einiges Interesse finden.

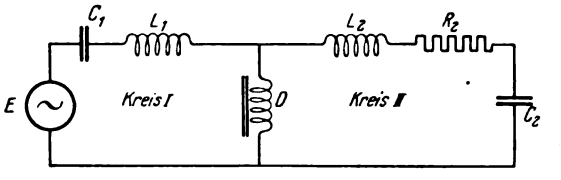


Abb. 1. Schaltung zur Erzeugung von Quasiharmonischen.

Ich kehre nun zu meiner ersten Aufgabe, nämlich zur Erklärung der Entstehung von Quasiharmonischen zurück. Wir legen den weiteren Betrachtungen die in Abb. 1 dargestellte Schaltung zugrunde. Die Spannungsquelle E mit der sinusförmigen Grundfrequenz speist über die Abstimmglieder C_1 und L_1 (Kreis *I*) die stark gesättigte Drossel D, an die der schwingungsfähige Kreis *II* angeschlossen ist. Ist dieser Kreis unter Berücksichtigung der Drossel D ungefähr auf eine der eben definierten Quasiharmonischen abgestimmt, so kann ein Strom dieser Quasiharmonischen fließen, obwohl in der Leerlaufspannung der Drossel die entsprechende Frequenz nicht vorhanden war. Wir können diesen Vorgang, wie ich bereits erwähnt habe, als eine Selbsterregungserscheinung ansehen; der Strom im Kreis *II* muß sich nämlich in der Drossel selbst seine Generatorspannung schaffen, damit er durch die Verlustwiderstände des Kreises *II* dauernd fließen kann.

Das Anlaufen der Frequenz erklären wir uns am besten durch einen Ausgleichvorgang. Beim Einschalten wird die Aufladung des Kondensators C_2 angenähert in der Frequenz der Quasiharmonischen (Eigenfrequenz des Kreises *II*) erfolgen. Wäre die eisenhaltige Selbstinduktion nicht vorhanden, so würden diese Ausgleichschwingungen nach kurzer Zeit abklingen. Bevor ich eine Erklärung für diese Erscheinung gebe, möchte ich einige Worte über die Abstimmglieder C_1, L_1 und C_2, L_2 sagen.

Damit an der Drossel D eine Spannung anderer Frequenz bestehen kann und nicht über die Spannungsquelle kurzgeschlossen ist, muß der resultierende Blindwiderstand von L_1 und C_1 genügend groß sein. Ebenso muß durch genügende Selektivität der Schaltelemente L_2 und C_2 dafür gesorgt sein, daß ein nicht zu großer Strom der Grundfrequenz durch den Kreis *II* fließt. L_1 und C_1 werden als Sperre für die anderen Frequenzen bezeichnet, da durch sie diese Frequenzen von der Spannungsquelle abgesperrt werden.

---

* Vortrag, gehalten im Elektrotechnischen Verein am 13. V. 1930. Besprechung auf S. 1664 dieses Heftes.

[1] L. Kasarnowski, Zur Geschichte der Erzeugung gerader und gebrochener Relativfrequenzen. Z. Phys. Bd. 30, S. 25 (1924).

[2] Heegner, Über Selbsterregungserscheinungen bei Systemen mit gestörter Superposition. Z. Phys. Bd. 29, S. 91 (1924).

[3] R. Mayer u. F. Sammer, Über Kipperscheinungen in gekoppelten Schwingungskreisen mit veränderlicher Selbstinduktion. Telefunken-Zg. 1927, S. 73.

Digitized by Google

Einem bestimmten Strom im zweiten Kreis entspricht nach der Stromverteilung ein bestimmter Strom im ersten Kreis, der an den zwischen Generator und Koppelglied liegenden Schaltelementen einen Spannungsabfall hervorruft. An dem Koppelglied C_k bleibt also bei gegebener Generatorspannung die Spannung verfügbar, deren Abhängigkeit von dem Strom im zweiten Kreis mit Hilfe einer Stromverteilungsrechnung leicht ermittelt werden kann. Für zwei Grenzfälle haben wir den Verlauf der verfügbaren Spannung in Abb. 7 eingetragen.

Die Gerade *2* gilt für den Fall, daß der Generator unmittelbar an das Koppelglied angeschlossen ist, wobei auch die innere Impedanz des Generators vernachlässigt sein soll. Dafür muß, wie leicht einzusehen, die verfügbare Spannung unabhängig vom entnommenen Strom konstant sein. Von den drei Schnittpunkten *A*, *B* und *C* mit der Kurve *1* der notwendigen Spannung stellen nur die Punkte *A* und *C* stabile Betriebspunkte dar. Beim Punkt *B* ist dagegen ein stabiler Betrieb nicht möglich, da bei einer kleinen Zunahme des Stromes (rechts vom Punkt *B*) die verfügbare Spannung größer als die notwendige wird und damit eine weitere Zunahme des Stromes zur Folge hat.

Die Kurve *3* stellt die verfügbare Spannung für den Fall dar, daß der Kreis *I* auf die Generatorfrequenz abgestimmt ist, d. h. in unserem Falle (Abb. 5), daß die vorgeschaltete Induktivität und die Koppelkapazität gleiche Blindwiderstände haben. Diese Kurve verläuft ähnlich wie die für die notwendige Spannung. Im abfallenden Ast ist sie steiler, so daß der Schnittpunkt *B* einen stabilen Betriebspunkt gibt. Bei einer kleinen Stromzunahme rechts von *B* wird nämlich die verfügbare Spannung kleiner als die notwendige, so daß die Zunahme des Stromes wieder rückgängig gemacht wird. Es ist also auch am absteigenden Ast der Strom-Spannungs-Charakteristik ein stabiler Betrieb möglich.

Zwischen den beiden Grenzfällen der Kurven *2* und *3* ist nun ein Zwischenzustand denkbar, für den die Kurve der verfügbaren Spannung mit der für die notwendige Spannung zusammenfällt. Man braucht dazu den Kreis *I* nur gegenüber der Resonanzlage um etwas zu verstimmen, indem man die vorgeschaltete Induktivität etwas kleiner macht als der Resonanzlage entspricht. Durch den Gleichlauf der notwendigen und der verfügbaren Spannung wird der Betriebspunkt unbestimmt, womit die erste Voraussetzung für das Auftreten von Strompendelungen gegeben erscheint. Die nun folgenden qualitativen Betrachtungen sollen erläutern, warum derartige Strompendelungen sich selbst dauernd aufrechterhalten können. Dies hängt mit dem Verhalten der ganzen Anordnung bei Übergangszuständen zusammen. Zur näheren Erläuterung dient Abb. 8.

Hier ist wie früher die am Koppelglied notwendige Spannung in Abhängigkeit vom Strom im zweiten Kreis aufgetragen. Wenn nun ein dauerndes Pendeln des Stromes im zweiten Kreis zwischen den bezeichneten Werten stattfinden soll, dann muß, wie ich behaupte, die Spannung am Koppelglied eine hysteresisartige Kurve beschreiben. Der Umlaufsinn ist der Abb. 8 zu entnehmen.

Aus dem hysteresisartigen Verlauf der Spannung am Koppelglied während der Strompendelungen können wir zwei Bedingungen ablesen, die mit dem physikalischen Verhalten der ganzen Anordnung bei Übergangszuständen zusammenhängen.

Diese beiden Bedingungen müssen daher für das Weiterdauern der Strompendelungen erfüllt sein.

Die erste dieser Bedingungen lautet: Damit im zweiten Kreis eine Stromzunahme erfolgt, muß die verfügbare Spannung am Koppelglied größer sein als die notwendige, die dem gleichen Stromwert im statischen Zustand entspricht, und umgekehrt. Die Geschwindigkeit der Stromänderung wird um so größer sein, je größer der Unterschied zwischen diesen beiden Spannungswerten ist.

Man erkennt aus der Abbildung, daß diese Bedingung während der ganzen Pendelung tatsächlich erfüllt ist. Im oberen Ast, d. i. während der Stromzunahme, überschreitet die verfügbare Spannung tatsächlich die notwendige, die nach der abfallenden Geraden verläuft. Im unteren Ast, also bei Stromabnahme, ist sie kleiner.

Bei den Amplitudenänderungen muß aber noch eine zweite Bedingung erfüllt sein. Infolge der verzögerten Rückwirkung auf den Primärkreis müssen nämlich die dynamischen Werte der Spannung am Koppelglied den entsprechenden statischen Werten zeitlich nachhinken.

Wir ersehen aus Abb. 8 folgendes: Bei statischen Verhältnissen müßte bei dem kleinsten Stromwert an der Koppelkapazität die größte Spannung herrschen, entsprechend der geradlinig abfallenden Charakteristik. Bei dynamischen Vorgängen, also während der Pendelungen, verschieben sich jedoch die Verhältnisse derart, daß das Maximum der Spannung am Koppelglied (Punkt *A'*) dem zugehörigen Minimum des Stromes im zweiten Kreis (Punkt *A*) nachfolgt. Daraus daß während der Stromschwankungen die statische Kurve für die Spannung am Koppelglied in eine Hysteresisschleife umgewandelt wird, kann man übrigens schließen, daß ein genauer Gleichlauf der notwendigen mit der verfügbaren für das Entstehen der Stromschwankungen nicht notwendig ist.

Die Umwandlung der statischen eindeutigen Spannungskurve in eine Hysteresisschleife kann man sich durch einen Ausgleichvorgang eingeleitet denken, ähnlich wie das Anlaufen der selbsterregten Quasiharmonischen nach dem Reluktanzprinzip, das ich im ersten Teil besprochen habe. Rechnet man nämlich für unsere Schaltung einen Ausgleichvorgang aus, z. B. das freie Ausschwingen einer Ladung einer der eingeschalteten Kapazitäten, dann erhält man Stromschwebungen, die infolge der Widerstände in den Kreisen nach einigen Perioden abklingen würden. Zur Vereinfachung habe ich bei einer solchen Rechnung von der Veränderlichkeit der Selbstinduktion zunächst abgesehen. Trägt man nun für eine solche Ausgleichschwebung den Strom in Abhängigkeit von der Spannung auf, dann erhält man eine hysteresisartige Kurve.

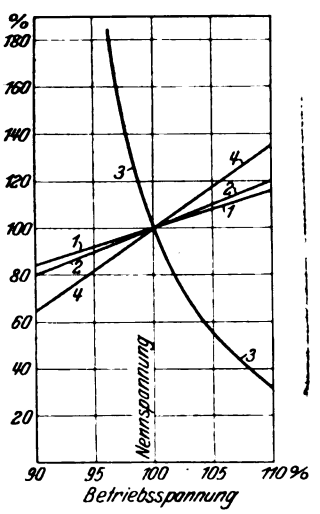
Eine solche Hysteresisschleife kann sich ständig aufrechterhalten und damit auch die Stromschwankungen, wenn wir auf dem absteigenden Ast der Strom-Spannungs-Charakteristik arbeiten. Dabei muß, um das Ergebnis meiner Ausführungen zusammenzufassen, die Rückwirkung auf den Primärkreis derart sein, daß die am Koppelglied verfügbare Spannung einen ähnlichen Verlauf aufweist.

Zum Schluß meiner Ausführungen möchte ich noch erwähnen, daß ein Gleichlauf der beiden Spannungskurven, der notwendigen und verfügbaren, auch im ansteigenden Ast der Charakteristik theoretisch möglich ist. Dies läßt sich an Hand einer Rechnung leicht nachweisen. Eine Nachprüfung der beiden Bedingungen, die für Übergangszustände charakteristisch sind, an Hand einer Hysteresisschleife zeigt jedoch, daß es unmöglich ist, beide Bedingungen gleichzeitig zu erfüllen. Eine Selbsterregung von Strompendelungen ist somit nicht möglich.

Dies stimmt mit der Erfahrung überein: die selbsterregten Schwingungen verschwanden nämlich, sobald man den Betriebspunkt auf den ansteigenden Ast der Strom-Spannungs-Charakteristik verlegte. Ebenso konnte man sie zum Verschwinden bringen, wenn man auch beim Arbeiten auf dem abfallenden Ast den ersten Kreis so auslegte, daß ein enges Folgen der verfügbaren Spannung mit der notwendigen nicht mehr stattfand.

Zusammenhang zwischen Spannung, Lichtausbeute und Lebensdauer der Glühlampen.

Der physikalische Zusammenhang zwischen Spannung, Lichtausbeute und Lebensdauer der Glühlampen wird in Abb. 1 veranschaulicht[1]. An Hand der Kurven des Diagramms wird gezeigt, wie man durch Wahl von Glühlampen, deren Nennspannung über bzw. unter der Netzspannung liegt, eine längere Lebensdauer bei geringerem Lichtstrom oder einen größeren Lichtstrom bei kleinerer mittlerer Lebensdauer erzielen kann.



Abszisse: Betriebspannung in % der Stempelspannung (Nennspannung der Lampe)
Ordinaten:
1 Leistungsaufnahme [W]
2 Lichtausbeute [Lm/W]
3 Lebensdauer [h]
4 Lichtstrom [Lm]

Abb. 1. Betriebskennlinien einer Glühlampe.

Anm. des Berichters: Die mittlere Lebensdauer der heutigen Glühlampe ist derart gewählt, daß die Betriebskosten (Strom- und Lampenersatzkosten) für den Verbraucher ein Minimum werden[2], so daß es sich nicht empfiehlt, nach dem Vorschlag der hier besprochenen Mitteilung zu handeln. *F. Bn.*

[1] Bull. SEV Bd. 21, S. 577.
[2] Vgl. W. Köhler, Licht u. Lampe Bd. 19, S. 22 (1930).

Digitized by Google

Die Entwicklung der Schweißgeräte nach dem Langmuir-Verfahren in Amerika und Deutschland.

Von Dipl.-Ing. S. Sandelowsky, Berlin.

Übersicht. Es werden die elektrischen Geräte des Arcatom-Schweißverfahrens, der Schweißtransformator und -brenner der General Electric Co. beschrieben und darauf die Entwicklung des AEG-Arcatomgerätes geschildert. Die einzelnen Bauarten mit besonderer Berücksichtigung des Spannungschutzes werden vorgeführt und Leistungsangaben gemacht.

Die Reihe der elektrischen Schweißverfahren hat durch die Lichtbogen-Schutzgasschweißung nach Langmuir — in Deutschland ist sie unter dem Namen „Arcatomverfahren" bekannt geworden — einen wertvollen Zuwachs erhalten[1].

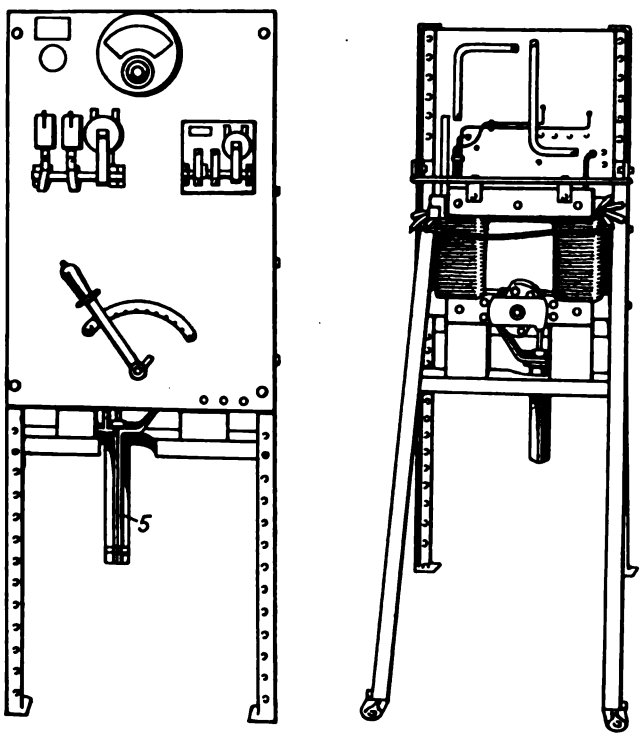


Abb. 1. Transformatorengerät der GEC, alte Ausführung.

Das Arcatomverfahren ist eine Lichtbogenschweißung unter Schutzgas, u. zw. unter Wasserstoff, welcher zwei spitzwinklig zueinander verlaufenden Wolframelektroden zugeführt und von dem zwischen den Elektroden brennenden Lichtbogen in 2 H-Atome zerlegt wird. Die dem Lichtbogen hierdurch entzogene Wärme wird am Rande der Flamme durch Vereinigung der 2 H-Atome zu Molekülen wieder frei und erzeugt eine sehr hohe Temperatur (rd. 3000 ... 4000 °), welche sich zu Schweißzwecken vorzüglich ausnutzen läßt. Mit diesem Verfahren wird eine Lücke zwischen der Lichtbogen- und autogenen Schweißung ausgefüllt. Das Arcatomverfahren vereinigt gewissermaßen die Vorzüge der Lichtbogenschweißung, eine geringe Erwärmung des Werkstückes hervorzurufen und eine hohe Schweißgeschwindigkeit zu ergeben, mit dem Vorzug der autogenen Schweißung, eine dehnungsfähige Naht zu erzeugen. Mit dem Verfahren lassen sich vor allem dünne Bleche mit einer bisher nicht gekannten Qualität schweißen; auch können die meisten hochlegierten Stähle und Nichteisenmetalle verarbeitet werden. Bei allen Schweißungen kommt auch die Schutzwirkung der Wasserstoffflamme deutlich zum Ausdruck. Stahlbleche sind an der Schweißstelle vollkommen blank und Aluminium, welches wegen seiner leichten Oxydationsfähigkeit schwierig zu schweißen ist, kann mit dem Arcatomverfahren mit Leichtigkeit von jedem mittelmäßigen Schweißer gemeistert werden.

[1] Die Arcatom-Schweißgeräte werden von der AEG und I. G. Farben, Werk Autogen, gemeinsam vertrieben.

Die Entwicklung der zugehörigen elektrischen Einrichtungen stellte die Elektrotechnik vor eine Reihe neuer Aufgaben. Der Lichtbogen wird von einem Wechselstrom unterhalten, der die für Schweißgeräte ungewöhnlich hohe Leerlaufspannung von 300 V haben muß, weil sonst die Zündung des Lichtbogens zwischen den Wolframelektroden nicht gelingt. Die Schweißspannung schwankt zwischen 80 und 110 V. Der Schweißstrom richtet sich nach der Blechstärke und muß zwischen 20 und 70 A regelbar sein. Neuerdings entwickelt die General Electric Co. sogar Anlagen für Höchststromstärken von 150 A. In Deutschland hat sich bis jetzt noch nicht das Bedürfnis herausgestellt, die Schweißstromstärke von 70 A zu überschreiten. Bemerkenswert ist die Tatsache, daß bei Verwendung von Gleichstrom der charakteristische Schweißeffekt ausbleibt. Anscheinend ist die Dissoziation des Wasserstoffes nur bei periodisch wechselnder Stromstärke vorhanden.

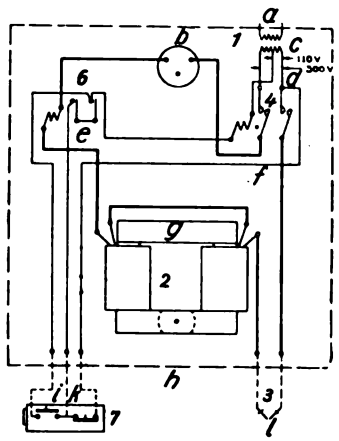


Abb. 2. Schaltbild zu Abb. 1.

Die erforderlichen elektrischen Geräte bestehen aus dem Transformatorengerät, welches den Netzstrom in den erforderlichen Schweißstrom verwandelt, und dem Schweißbrenner, welcher die zwei Elektroden aufnimmt.

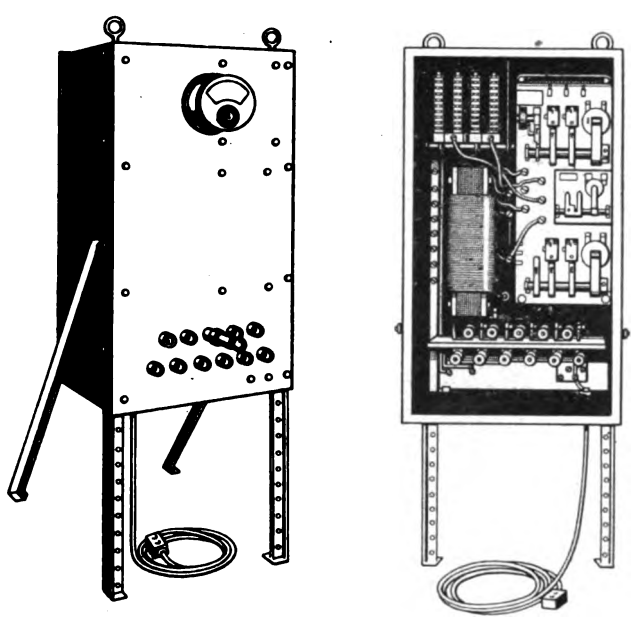


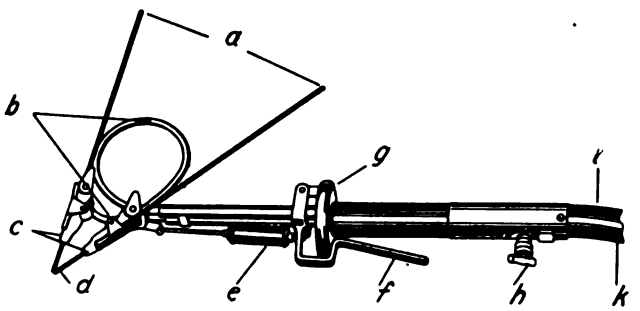
Abb. 3. Transformatorengerät der GEC, neue Ausführung.

Das Transformatorengerät muß Einrichtungen besitzen, welche eine mit der steigenden Stromstärke fallende Spannung ergeben, wobei die Leerlaufspannung 300 V betragen muß. Der Strom muß in etwa 10 Stufen regelbar sein. Wünschenswert ist eine Einrichtung zum Abschalten der Schweißspannung von der Schweißstelle aus.

Der Schweißbrenner muß zwei voneinander isolierte Stromkreise enthalten, welche ihrerseits vom Handgriff gut isoliert sein müssen; außerdem enthält er die Gaszuleitungen, eine möglichst einfache Einspannvorrichtung für die Elektroden und die Nachstelleinrichtung.

Digitized by Google

Die General Electric Co. in Amerika hat das Transformatorengerät als transportable Schalttafel ausgebildet. Abb. 1 zeigt die ursprüngliche Ausführung, Abb. 2 gibt den Schaltplan wieder. Die Netzspannung wird im Transformator *1* auf 300 V umgespannt. Die Sekundärwicklung von *1* ist mit der mit verschiedenen Anzapfungen versehenen Drosselwicklung *2*, dem Schweißbrenner *3* und den Schützkontakten *4* in Reihe geschaltet. Die Drossel ist mit einem Anker versehen, dessen Endstellung durch verstellbare Anschläge gegeben ist. Die in dem Zylinder *5* (Abb. 1) befindliche Feder dreht den Anker bei offenem Sekundärstromkreis in die äußerste Stellung, so daß zur Zündung



a Wolframelektroden	*f* Zünd- und Einstellhebel
b Gas- und elektrische Leitungen	*g* Handschutzscheibe
c Wasserstoffdüsen	*h* Gasventil
d Lichtbogenstelle	*i* Stromzuführung
e Isolator (federnd)	*k* Wasserstoffzuführung

Abb. 4. Schweißbrenner der GEC.

stets ein höherer Strom zur Verfügung steht als im Betriebe. Diese Einrichtung erleichtert die Zündung. Die Regelung der Schweißstromstärke erfolgt durch Änderung der Drosselwindungszahl. Das Schütz *4* wird über das Relais *6* von den Druckknöpfen *7* ein- und ausgeschaltet. Hierdurch wird erreicht, daß die unangenehme hohe Leerlaufspannung von 300 V am Brenner nur kurze Zeit auftritt. Beim Abreißen des Lichtbogens fällt das Schütz von selbst heraus.

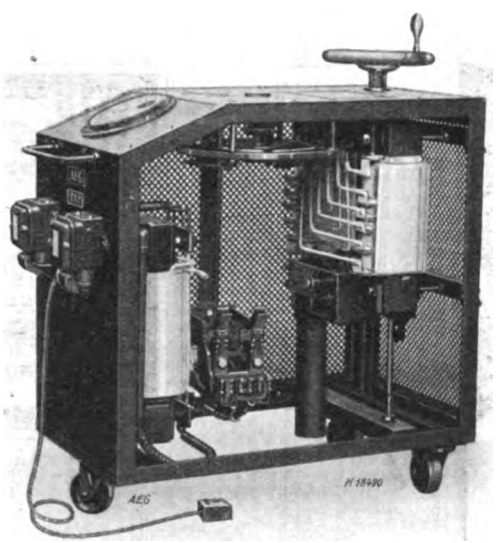
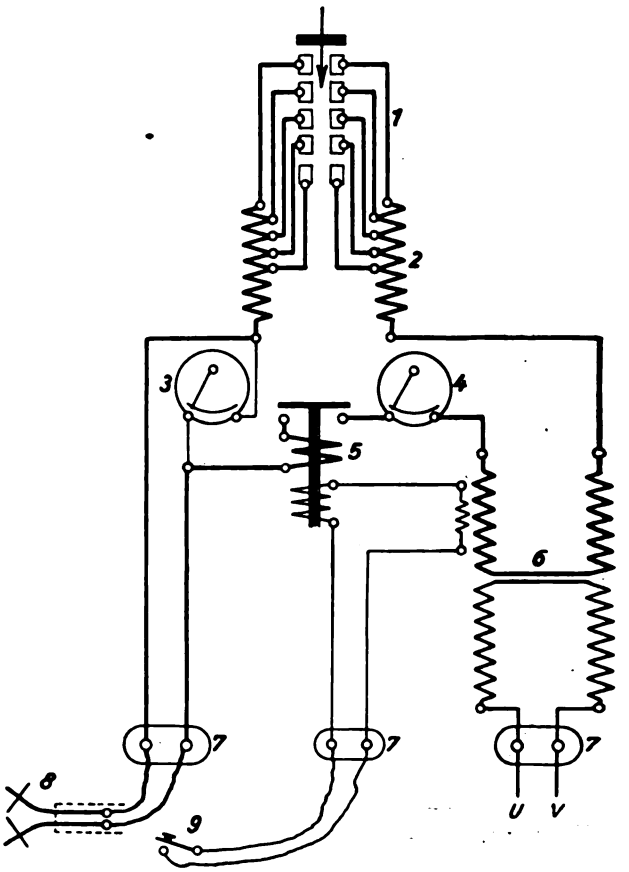


Abb. 5. AEG-Gerät, Erstausführung.

Das Transformatorengerät der General Electric Co. in der jetzigen Ausführung zeigt Abb. 3. Die Schalttafelanordnung ist beibehalten. Die Veränderung der Drosselwindungszahl erfolgt durch Stecker. Bei der Drossel ist der bewegliche Anker mit Gestänge weggefallen. Der Eisenkern ist geschlossen. Die Hauptdrossel ist noch mit einem induktionsfreien Widerstand in Serie geschaltet, welcher zur Erleichterung der Zündung bei offenem Schweißstromkreis durch ein Schütz kurzgeschlossen ist. Nach dem Ziehen des Lichtbogens fällt das Schütz heraus, wodurch sich die Zündstromstärke auf die Betriebstromstärke erniedrigt.

Der Schweißbrenner der GEC nach Abb. 4 besteht aus einem Isoliergriff, welcher ein federndes und ein festes Stahlrohr und die Strom- und Gaszuleitung trägt. Die Stahlrohre tragen an den Enden die Brennerköpfe mit der Klemmvorrichtung für die Elektroden und dienen gleichzeitig zur Gas- und Stromzuführung. Die Regelung des



1 Stufenschalter	*6* Transformator
2 Regeldrossel	*7* Anschluß für den Schweißbrenner und Schützschalter sowie zum Netz
3 Spannungsmesser	*8* Schweißbrenner
4 Strommesser	*9* Schützschalter
5 Schütz	

Abb. 6. Schaltung zu Abb. 5.

Elektrodenabstandes während des Schweißens erfolgt durch den Handhebel, welcher über ein isoliertes Gestänge mit dem federnden Rohr in Verbindung steht.

Die Erstausführung des Arcatomgerätes der AEG, Abb. 5, zeigte in Anlehnung an die ursprüngliche Form der GEC-Schalttafel bemerkenswerte Neuerungen. Das Gerät

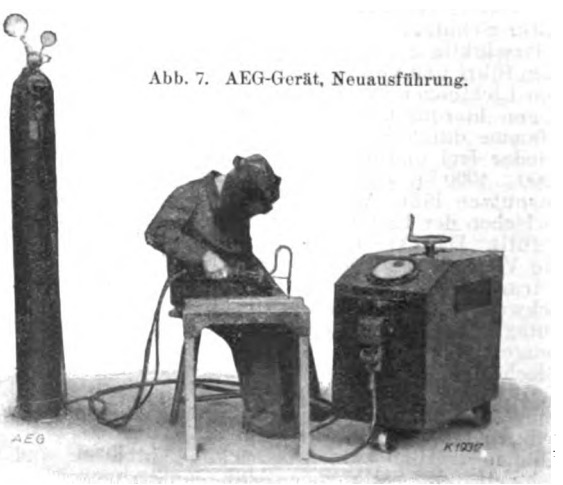


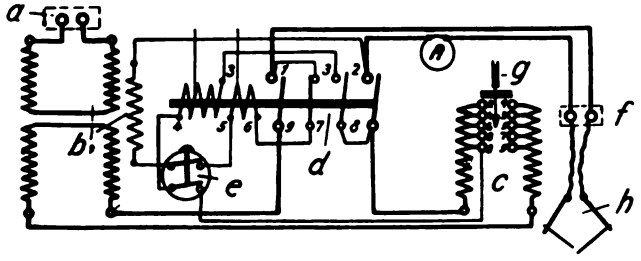
Abb. 7. AEG-Gerät, Neuausführung.

war fahrbar und zeigte einen geschlossenen, zur Verwendung in der Werkstatt geeigneten Aufbau. Die Veränderung der Drosselanzapfung geschieht durch mittels Handrad betätigten Stufenschalter, womit die Einstellung des Anker-Endanschlages zwangläufig gekuppelt ist.

Digitized by Google

Wie der Schaltplan, Abb. 6, zeigt, wird ein Relais nicht mehr verwendet. Das Hauptschütz ist mit zwei Wicklungen versehen, von denen die eine im Hilfstromkreis des Transformators liegt und als Einschaltspule wirkt, während die zweite Wicklung des Schützes parallel zu einem Teile der Drosselwicklung geschaltet ist und als Haltespule in Tätigkeit tritt, sobald der Lichtbogen gezogen ist.

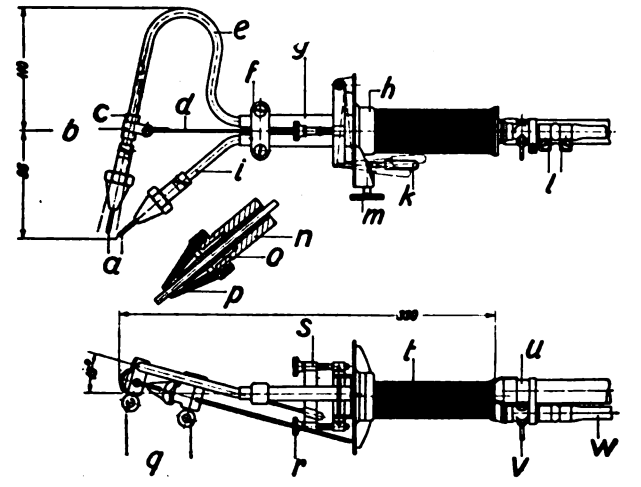
Das Gerät ist unter Berücksichtigung der Betriebserfahrungen mehrfach verbessert worden und ist in seiner endgültigen Fassung in Abb. 7 zu sehen, während Abb. 8



a Anschlußklemmbrett	*f* Steckdose für Schweißbrenner
b Transformator	*g* Stufenschalter
c Regeldrossel	*h* Schweißbrenner
d Schütz	*A* Strommesser
e Ausschalter	

Abb. 8. Schaltung des neuen AEG-Geräts.

die Schaltung zeigt. Die beweglichen Teile der Drossel sind fortgefallen; der Drosselkern ist durch einen gleichbleibenden Luftspalt unterbrochen. Der zur besseren Zündung erforderliche Stromstoß wird durch eine zweckmäßige Anordnung der Drosselwicklung erreicht. Besonders bemerkenswert ist die neuartige Schutzschaltung, welche bewirkt, daß die Leerlaufspannung von 300 V am Brenner überhaupt nicht mehr frei auftritt; außerdem fallen Ein- und Ausschaltdruckknopf weg, das Gerät besitzt lediglich einen Einschaltknopf für die Hilfspannung von 42 V, mit



a Elektrode 1,5 bzw. 3 mm Dmr.	*m* Anschlagschraube
b Schelle	*n* Elektrodenhalter
c Isolierbuchse	*o* Einsatz für 1,5 bzw. 3 mm Dmr.
d Zugdraht	*p* Düse für 1,5 bzw. 3 mm Dmr.
e Brennerrohr, federnd	*q* Klemmschraube
f Klemme	*r* Einstellschraube
g Schutzrohr	*s* Joch
h Isoliergriff	*t* Bandbewehrung
i Brennerrohr, fest	*u* Kabel
k Zündhebel	*v* Gashahn
l Schlauchschelle	*w* Gasschlauch

Abb. 9. AEG-Brenner, neue Ausführung.

welcher der Brenner, die Einschaltschützspule und der Schützruhekontakt in Serie geschaltet sind. Bei Berührung der Elektrodenspitzen wird das Schütz eingeschaltet, der Ruhekontakt wird unterbrochen und der Brenner liegt jetzt mit der Transformator-Hauptwicklung der Drossel und dem Strommesser in Serie. Durch Auseinanderziehen der Elektroden wird der Lichtbogen gezogen. Reißt der Lichtbogen ab, so läßt die Haltespule das Schütz los und schaltet den Brenner zweipolig ab. Die am Brenner auftretende Spannung kann die Lichtbogenspannung nie übersteigen, da der Brenner mit der Sekundärwicklung des Transformators nur dann verbunden ist, wenn ein Strom fließt. Diese Schaltung hat die Lust zur Anwendung des Gerätes wesentlich erhöht, da früher auch die nur kurzzeitig freiwerdende Leerlaufspannung von 300 V am Brenner eine Gefahr für den Schweißer bedeutete. Auch war es schwierig, Brenner und Schalter gleichzeitig zu bedienen, so daß ein mehrmaliges Zünden erforderlich war; hiermit war ein erheblicher Wolframabbrand verbunden.

Der zugehörige Brenner ist in der neuzeitlichen Ausführung in Abb. 9 zu sehen. Die Elektrodenebene ist gegenüber der Handebene und Schweißrichtung um 15 ° geneigt, wodurch eine bessere Übersicht über die Schweißstelle gewährleistet ist; auch liegt jetzt die Hand nicht

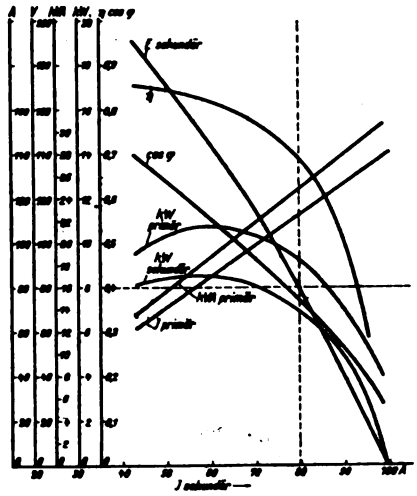
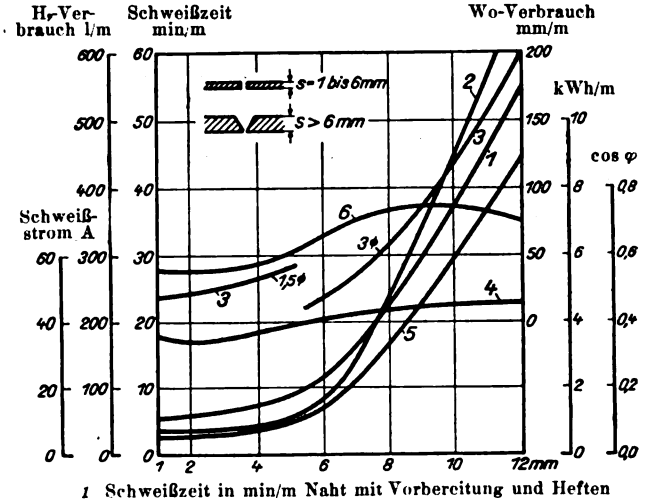


Abb. 10. Elektrische Kennwerte.

mehr unmittelbar über der geschweißten Naht. Die Elektroden werden durch Klemmschrauben gehalten und sitzen in Einsatzdüsen, welche zusammen mit den äußeren Düsen einen Ringspalt erzeugen, der durch die hindurchgeführte Elektrode verengt wird und dadurch eine hohe Gasaus-



1 Schweißzeit in min/m Naht mit Vorbereitung und Heften
2 Wasserstoff in l/m „ „ „ „ „
3 Wolfram in mm/m „ „ „ „ „
4 Schweißstrom sekundär
5 Stromverbrauch primär in kWh/m Naht mit Vorbereitung und Heften
6 Leistungsfaktor cos φ

Abb. 11. Schweißleistungszahlen.

tritts-Geschwindigkeit ergibt. Letztere Maßnahme hat den Wasserstoffverbrauch auf etwa ein Drittel des vorhergehenden Brenners herabgesetzt. Die Elektrodenhalter sitzen an den im Isoliergriff eingelassenen Stahlröhren, welche bis zum Knick des oberen Rohres isoliert sind und mit einer Schelle zusammengehalten werden. Die Regelung des Elektrodenabstandes erfolgt durch Heranziehen der oberen Röhre unter Zwischenschaltung eines Zugbandes durch Drehung der gekordelten Anschlagschraube. Der Hebel dient nur zur Zündung.

Die elektrischen Kennzahlen für die größte aus dem Gerät herauszuholende Stromstärke von 80 A sind aus

Digitized by Google

Abb. 10 zu ersehen. Die Leistungszahlen werden bei einer 70prozentigen Einschaltdauer hergegeben, ohne daß das Gerät die zulässige Erwärmung überschreitet. Die Schweißleistungszahlen können für Blechstärken von 1 ... 12 mm aus Abb. 11 abgelesen werden. Die Verbrauchszahlen steigen mit der Blechstärke sehr rasch an, weil die Wärmeverluste im Lichtbogen stark zunehmen. Der Leistungsfaktor bleibt fast konstant, weil er lediglich vom Verhältnis der Lichtbogenspannung zur Leerlaufspannung abhängig ist, und erstere ändert sich bei einem guten Schweißer nur in geringen Grenzen.

Kurzschluß- und Erdschluß-Abschaltungen in einem Bahnnetz*.

An einer vom Kraftwerk Vernayaz kommenden Übertragungsleitung wurden im Unterwerk Rupperswil der Schweizerischen Bundesbahnen Kurzschlußversuche durchgeführt, bei denen neben dem üblichen Schleifenoszillographen (SO) auch ein Kathodenstrahloszillograph (KO) zur Aufzeichnung der Schaltvorgänge herangezogen wurde. Der SO war in gebräuchlicher Weise über Wandler angeschlossen, der KO über eine mit einer Durchführung hergestellte kapazitive Spannungsteilung zwischen Phase und Erde. Der Filmvorschub im SO erfolgte mit etwa ½ m/s Geschwindigkeit; der Schreibstrahl des KO wirkte auf eine Aufnahmeschicht auf einer bis rund zehnmal so schnell umlaufenden Trommel und verzeichnete dort den aufgenommenen Verlauf über einer Schraubenlinie. Die Angaben für die Leitung sind: Länge 216 km, Betriebspannung 132 kV_{eff} (Mitte des speisenden Transformators geerdet), Frequenz 16⅔ Hz; die Leitung ist unverzweigt bis auf den unmittelbaren Anschluß zweier Unterwerke. Der den Kurzschluß einschaltende Ölschalter in Rupperswil wurde ohne Zeitverzögerung wieder ausgelöst.

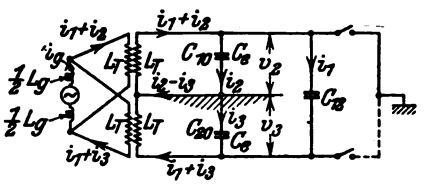


Abb. 1. Ersatzschaltung zur Berechnung der Eigenschwingungen des Netzes.

Bei der Stromunterbrechung einpoliger Erdschlüsse — die andere Phase blieb dabei in Betrieb oder offen — traten am Schalter Spannungsprünge auf, deren Ausdeutung folgenden Verlauf der Abschaltung ergab: Wird beim Auseinanderziehen der Schalterkontakte ein bestimmter Strom unterbrochen, so zieht von der Schaltstelle aus eine entsprechende Welle in die Leitung ein, deren Stirn an den Klemmen des speisenden Transformators zurückgeworfen wird; beim Rücklauf über die Leitung schließt sich an den reflektierten Anstieg der Welle ein von der speisenden Anlage her bestimmter Ausgleichvorgang, der die Überleitung zur „wiederkehrenden Spannung" bildet, mit einer Zeitkonstanten, die durch die gesamte Streuinduktivität L der speisenden Anlage und ihren Wirkwiderstand zuzüglich des Wellenwiderstandes W der Leitung gegeben ist. Den anschließenden Ausgleichvorgang unterhält eine EMK, die durch den Unterschied der am Speisepunkt vom Generator her induzierten und der auf der Leitung herrschenden Spannung dargestellt ist. Der Spannungsverlauf im Unterwerk zeigt demgemäß nach der Stromunterbrechung eine angenähert gleichbleibende Spannung während einer Zeit $2T$, die die Welle zum Hin- und Rücklauf über die Leitungslänge braucht. Der anschließende Ausgleichvorgang läßt in gleichen Zeitabständen $2T$ unregelmäßige Übergänge erkennen, die Wellenerscheinungen werden abgedämpft und der Einschwingvorgang des Netzes erfolgt in bekannter Weise mit den beiden übereinandergelagerten Eigenfrequenzen 80 und 160 Hz, die den beiden Systemen „Kraftquelle—Phase" und „Phase—Phase" unter Einrechnung des Einflusses der Erde entsprechen. In der gesunden Phase wurden induzierte Spannungen von 27 % der Zündspannung beobachtet.

Es kommen auch kurzzeitige Rückzündungen vor. Bei diesen läuft vom Schalter eine Entladewelle in die Leitung, deren Stirn am speisenden Transformator zurückgeworfen wird, so daß nunmehr vom Speisepunkt aus eine Ladewelle umgekehrten Vorzeichens in die Leitung zieht, deren Strom dem gleichzeitig im Lichtbogen fließenden entgegengerichtet ist. Beim Eintreffen dieser reflektierten Welle geht der Strom im Lichtbogen durch Null und der soeben gezündete Lichtbogen reißt nach der Zeit $2T$ ab. In allen beobachteten Erdschlußfällen wird die Anstieggeschwindigkeit der Spannungswelle (rd. $8 \cdot 10^9$ V/s) durch die Geschwindigkeit der Entionisierung im Lichtbogen überboten, so daß die Löschung bestehen bleibt. Über den nunmehr anschließenden, wie oben beschrieben verlaufenden Einschwingvorgang lagert sich die durch die Stromunterbrechung abgeschnittene Wellenspitze, die beim Hin- und Herlaufen über die Leitung schnell abklingt.

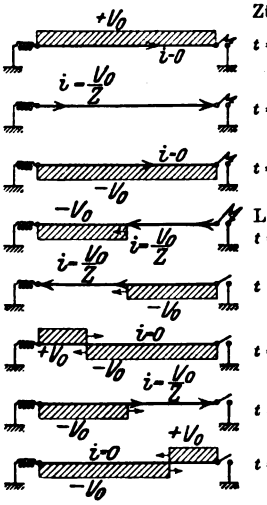


Abb. 2. Erklärung des Spannungshochsprungs im Zeitpunkt 4 T nach erfolgter Rückzündung.

Aus den Oszillogrammen kann der Zustand des Netzes bei Beginn des Einschwingvorganges abgelesen werden. Mit diesen Angaben läßt sich der Ausgleichvorgang unter Zugrundelegung der vereinfachten Schaltung Abb. 1 erfassen (alle Größen sind auf die Übersetzung 1 : 1 umgerechnet; der Magnetisierungsstrom und die Dämpfung durch Widerstand usw. sind vernachlässigt). Man erhält einen Ausgleichvorgang mit den beiden Eigenfrequenzen

$$f_1 = \frac{1}{2\pi} \frac{1}{\sqrt{(2L_g + L_T)(2C_{12} + C_e)}}$$

und

$$f_2 = \frac{1}{2\pi} \frac{1}{\sqrt{C_e L_T}}.$$

Die eingehende Formeldarstellung des Vorgangs wird im Originalaufsatz gegeben. Die tatsächlich aufgenommenen Spannungspitzen liegen infolge des Einflusses der Dämpfung rd. 25 % tiefer; sie erreichen das 1,75fache der betriebsmäßigen Spannung. Die Schaltgeschwindigkeit des untersuchten Schalters könnte nicht weiter erhöht werden, ohne bei 16⅔ Hz durch zu jähes Abreißen des Lichtbogens weitere Schaltüberspannungen hervorzurufen.

Bei Kurzschlüssen beider Phasen traten in dem unverzweigten Netz wesentlich höhere Überspannungen auf, (gleichgültig, ob der Kurzschlußpunkt bzw. der Nullpunkt des speisenden Transformators an Erde lag oder nicht), die zu zahlreichen Rückzündungen im Schalter führten. Nach der endgültigen Löschung des Lichtbogens in einer Phase entsteht ein Ausgleichvorgang mit der Frequenz

$$f_3 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{\left(L_T + \frac{L_T L_g}{L_T + L_g}\right) C_e}},$$

der nach Unterbrechung des Stromes auch im anderen Schalterpole von dem oben geschilderten Einschwingvorgang abgelöst wird. Über die nach erfolgter Rückzündung auf der Leitung laufenden Wellen lagert sich der vom speisenden Transformator gelieferte Strom; infolgedessen reißt der Lichtbogen im Schalter nicht bei der Rückkehr der Zündwelle ab (weil der Transformatorstrom ihn noch aufrecht erhält), sondern erst etwas später, wenn Wellenstrom und Transformatorstrom einander im Bogen nahezu aufheben. Dadurch entsteht, wie Abb. 2 zeigt, nach viermaligem Durchlaufen der Leitung ein Spannungsprung von der doppelten Höhe der Rückzündungspannung, der wiederum zu erneuter Rückzündung führt. Die hierbei beobachteten Überspannungen übersteigen das 3,5fache der betriebsmäßigen Spannung. Dieses gefahrdrohende Zusammenwirken von Wellen- und Transformatorstrom ergibt sich — unter Vernachlässigung der Lichtbogenträgheit — bei bestimmten berechenbaren Verhältnissen im Stromkreise, nämlich $L \approx 8\,TW$. Die in der Rechnung vernachlässigte Trägheit des Lichtbogens

* K. Berger u. H. Habich, Bull. SEV Bd. 20, S. 681.

Digitized by Google

bewirkt, daß auch noch in beträchtlicher Entfernung von der gekennzeichneten Gefahrgröße bedenkliche Schaltüberspannungen zu erwarten sind.

Der Einfluß der erwähnten Trägheit zeigt sich in folgendem: Zwischen dem Eintreffen einer Spannungspitze am Schalter und dem Durchbruch der Unterbrechungstelle vergeht eine kurze Zeit, die gelegentlich $1 \ldots 3 \cdot 10^{-4}$ s umspannt; in den wiederkehrenden Reflexionen bleibt die Trennung von Spannungspitze und Zündung erkennbar, und bei Übereinanderlagerung der im Laufe allmählich abgedämpften Wellenzüge erscheint ein Bild, das einer zu dem bereits erwähnten starken Spannungsprung sich steigernden Schwingung ähnelt. Zwischen Nulldurchgang des Stromes und endgültiger Unterbrechung im Bogen treten Zeitunterschiede von $10^{-5} \ldots 10^{-4}$ s auf. Nicht sehr steile Wellen führen nach dem Nulldurchgang zu keiner neuen Zündung; dies ist der Fall bei einpoligen Erdschlüssen (infolge der Dämpfung in der Erdschlußbahn), bei großer Entfernung der Kurzschlußstelle, in verzweigten Netzen und bei Vorhandensein anderer dämpfender Wirkungen. Bei Leitungskurzschluß entstehen hingegen oft steilere Wellen, deren Spannungsänderung nach dem Nulldurchgang zu rasch erfolgt als daß die Leitfähigkeit des Bogens inzwischen hätte hinreichend abnehmen können; hier setzt ein Strom in entgegengesetzter Richtung ein, so daß das Verlöschen des Lichtbogens erst verspätet eintritt und die geschilderten Spannungsprünge entstehen. Je schneller der Lichtbogen im stromlosen Zustande seine Leitfähigkeit verliert, um so geringer ist die in dieser Hinsicht bestehende Gefahr. Bei der Prüfung von Schaltern im Kurzschlußversuchsfeld treten derartige Erscheinungen nicht auf, da hier die in Netzen zu erwartenden steilen Wellen sich nicht ausbilden können. Unbeschadet der Wichtigkeit von Prüffeldversuchen für die konstruktive Durchbildung eines Schalters und die Erforschung wesentlicher Grundfragen bleibt es allein dem Netzversuch vorbehalten, die Eignung einer bestimmten Bauart für die im Betriebe auftretenden Verhältnisse mit genügender Sicherheit nachzuprüfen. *Stk.*

Die englische Elektroindustrie in der Wirtschaftskrise.

Übersicht. **Das August-Heft des von der BEAMA herausgegebenen Trade Survey[1] bringt neben interessanten Angaben über die gegenwärtige Geschäftslage der britischen Elektroindustrie und deren künftige Aussichten einige internationale Perspektiven und Vergleichsangaben. Die in den verschiedenen Abschnitten ausgesprochenen wirtschaftspolitischen Ansichten und Forderungen verdienen teils wegen der scharfen Kritik an den Reparationszahlungen, deren Abschaffung verlangt wird, teils wegen der Ausführungen über die Notwendigkeit einer britisch-imperialen Wirtschafts- und Handelspolitik Beachtung.**

Allgemeine wirtschaftspolitische Probleme der britischen Elektroindustrie.

Wie gelegentlich der Besprechung einer früheren Veröffentlichung der British Electrical and Allied Manufacturers' Association ausgeführt wurde[2], hat diese Organisation in den deutschen Reparationssachlieferungen, besonders in denen auf elektrotechnischem Gebiet, einen der Hauptgründe für die seit 1925 wieder eingetretene Kräfteverschiebung zwischen dem deutschen und dem englischen Elektroexport gesehen. Der vorliegende neue Bericht wiederholt diese Behauptung hinsichtlich der britischen Exportentwicklung 1929, die zwar absolut etwas gestiegen, relativ zu der anderer Hauptindustrieländer aber weiterhin zurückgeblieben sei. Zugleich wird, wie schon früher, auf den raschen Vormarsch amerikanischer Finanzgruppen auf dem Elektrizitätsmarkt überseeischer Länder als Anlaß für die starke Steigerung des Elektroexports der V. S. Amerika sowie auf den Umstand verwiesen, daß das Interesse der englischen Elektroindustrie an Exportgeschäften auch deswegen geringer sei, weil der inländische Bedarf eine starke Steigerung aufweise. Ohne im Einzelnen auf diese Darstellung einzugehen, sei lediglich festgestellt, daß auch andere Länder, wie Schweden, die Schweiz, Holland usw., ihre Elektroausfuhr in großem Umfang haben erhöhen können, daß in den V. S. Amerika, in Deutschland wie in den übrigen Industrieländern der inländische Verbrauch elektrotechnischer Erzeugnisse nicht minder gewachsen ist als in Großbritannien und daß die Reparationssachlieferungen auf elektrotechnischem Gebiet, gemessen an der gesamten deutschen Elektroausfuhr, 1929 nur 5,4 %, in den vorhergehenden Jahren einen noch geringeren Prozentsatz ausmachten.

Hinsichtlich der weiteren Entwicklung wird zugegeben, daß die Haager Vereinbarungen (Youngplan-Regelung) in der Richtung der Forderung der BEAMA nach Beseitigung des Sachlieferungswesens gelegen haben. Für das laufende Jahr erwartet die BEAMA denn auch eine Verschiebung des internationalen Kräfteverhältnisses im Export „als Folge des Wall Street-Krachs vom Herbst 1929 sowie der starken Verminderung der deutschen Reparationssachlieferungen vom Juni 1930 ab". Angesichts dieser Argumentierung ist es um so interessanter, daß die scharfe Polemik der BEAMA gegen die Reparationen an sich, nicht nur gegen die Sachlieferungsform, energisch fortgesetzt wird. Die deutsche Krise mit ihren wirtschaftlichen und sozialen Auswirkungen, die der Bericht ausführlich darstellt, wird mit der Fortdauer der starken Reparationsbelastung in Zusammenhang gebracht: „Es ist schwer zu ersehen, wie eine wirkliche Erholung in Deutschland eintreten soll, solange von den Gläubigerländern Reparationen von Deutschland gefordert werden, . . . und bereits hinreichend klar, daß die Reparationen schließlich abgeschafft werden müssen, wenn wirtschaftliches Wohlergehen (prosperity) wieder auf der ganzen Welt eintreten und der Goldstandard seine eigentliche Funktion erfüllen soll". Aus diesen Gründen und in Verbindung mit den übrigen internationalen Krisenerscheinungen wird eine durchgreifende wirtschaftliche Gesundung bestenfalls 1932 erwartet.

Geschäftslage der englischen Elektroindustrie.

Aus den Darstellungen des Berichts über den Auftragsbestand und die Produktion der britischen elektrotechnischen Industrie ergibt sich ein uneinheitliches Entwicklungsbild. Wenn das Jahr 1929 dieser Industrie insgesamt eine Produktionssteigerung um etwa 10 % gebracht hat, so ist das großenteils auf die Durchführung von Aufträgen zurückzuführen, die in das Jahr 1928 fielen. Für schwere elektrische Maschinen, so insbesondere für Turbinen und Generatoren, ist jedoch von seiten der öffentlichen Elektrizitätswerke in Großbritannien selbst ein recht empfindliches Nachlassen der Aufträge festzustellen, das in den folgenden Ziffern zum Ausdruck kommt:

Nennleistung in Auftrag gegebener Maschinen.

Aufträge	Turbinen kW	Turbogeneratoren kW
1928 insgesamt	714 000	856 000
hiervon: für öffentliche Unternehmungen	546 000	698 000
für die Privatindustrie	168 000	158 000
1929 insgesamt	474 000	450 000
hiervon: für öffentliche Unternehmungen	304 000	280 000
für die Privatindustrie	170 000	170 000

In anderen Zweigen der Erzeugung schwerer Maschinen hat sich ein noch größerer Auftragsrückgang gezeigt, wenn auch der Umbau von Generatoren und Umformern in Verbindung mit den Standardisierungsmaßnahmen einen kleinen Teil dieser Verluste wieder ausgleicht. Bei Transformatoren und Schalteinrichtungen machten sich die ersten großen Aufträge des Central Electricity Board in einer Geschäftsbelebung bemerkbar, bei schweren Maschinen dagegen sind die oben verzeichneten Auftragsziffern die niedrigsten seit 1923. Das Jahr 1930 hat zwar hierin wieder eine leichte Besserung gebracht, die jedoch erst allmählich in der Beschäftigung zum Ausdruck kommen wird.

Die Aufträge der Privatindustrie für schwere Maschinen waren 1929 größer als 1928. Veranlaßt wurde diese Steigerung u. a. durch die Umstellung einiger Schiffe auf elektrischen Antrieb, Elektrisierung von Eisen- und Stahlwerken, insbesondere Walzwerken, Ausdehnung der Papierindustrie, Bau einer neuen elektrisch ausgerüsteten Automobilfabrik bei Dagenham; hierzu kamen 1929 noch größere Bestellungen für die Wasserkraftausnutzung in Schottland.

Infolge der gegenwärtigen Depression sind jedoch 1930 die privaten Aufträge wieder zusammengeschrumpft, neue Geldmittel für Elektrisierungszwecke vielfach nicht verfügbar; als einziger großer Auftrag von Bedeutung wird die elektrische Ausrüstung für ein großes Sheffielder Walzwerk genannt. Diese gedrückte Lage dürfte nach Meinung der BEAMA auch in den Jahren 1930 und 1931 anhalten. Die Arbeitslosigkeit in der britischen Elektro-

[1] Trade Survey, bearbeitet vom Economic and Statistical Department, veröffentlicht von der British Electrical and Allied Manufacturers' Association, London W. C. 1930, 2. Bd. Nr. 6.

[2] „The Electrical Industry of Great Britain", BEAMA Publication Department, London 1929. Vgl. ETZ 1930, S. 508.

Digitized by Google

industrie stieg von 4,2 % im Dezember 1929 auf 7,9 % Ende Juni 1930.

Englische und internationale Ausfuhrentwicklung 1929.

Wie bereits erwähnt, wird hinsichtlich der bisherigen Gründe des relativen Zurückbleibens des englischen Elektroexports auf die amerikanische Finanzoffensive und die deutschen Reparationssachlieferungen verwiesen und wegen der allgemeinen Wirtschaftskrise die Aussicht für die nächste Zeit nicht wesentlich günstiger beurteilt, wobei der Bericht auch die Erschwerungen infolge zollpolitischer Maßnahmen (Australien, Kanada) unterstreicht. „Die Märkte, an denen wir vor allem Interesse haben, sind Australien, Indien, Neuseeland, die Malayenstaaten, Brasilien, Argentinien, China, Japan und Kanada. Diese Märkte, auf die mindestens 60 % unserer Ausfuhr entfallen, gehören zu den am stärksten von der gegenwärtigen Depression betroffenen Gebieten". Da auch hier eine Belebung vor 1932 nicht abzusehen sei, befaßt sich die BEAMA interessanterweise auch mit einer Reihe wirtschaftspolitischer Maßnahmen im Rahmen des gesamten britischen Imperiums.

Die wichtigsten Verschiebungen im internationalen Elektroexport ergeben sich aus den beiden folgenden dem Bericht entnommenen Zahlentafeln, die jedoch nicht kritiklos wiedergegeben werden können. Hier sind, wie schon früher[3], die englischen Ausfuhrziffern vollständig, die deutschen jedoch nur teilweise erfaßt worden, so daß die Beziehung zwischen der deutschen Elektroausfuhr und der der übrigen Länder willkürlich verschoben wird. Die britische Elektroausfuhr des Jahres 1929 belief sich auf 19,53 Mill. £[4]; diese Ziffer, in der u. a. auch elektrotechnische Kohlen, isolierte Drähte usw. enthalten sind, hat die BEAMA in die Zahlentafel unverändert aufgenommen, für Deutschland wird dagegen nur eine Elektroausfuhr in Höhe von 26,62 Mill. £ (532,4 Mill RM) erwähnt, während die vollständige Ziffer nach den Berechnungen des Zentralverbandes der deutschen elektrotechnischen Industrie 638,6 Mill RM lautet. Selbst die Gruppen „Elektrische Maschinen" und „Elektrotechnische Erzeugnisse" der deutschen Außenhandelsstatistik, in denen die Waren der Zollpositionen 890 a und 648 (isolierter Draht für die Elektroindustrie, Kohle für die Elektrotechnik) nicht enthalten sind, ergeben eine Summe von 579,23 Mill RM. Insgesamt wird also die deutsche Elektroausfuhr für 1929 (und in entsprechendem Umfang für die vorhergehenden Jahre) mit über 100 Mill RM zu gering angegeben. In der Rubrik „Inlulated Wires and Cables" der BEAMA-Zahlentafel erscheint bei Großbritannien der gesamte Export an Kabeln und isolierten Drähten (4,96 Mill £), während für Deutschland lediglich der Kabelexport angegeben, die Ausfuhr isolierter Drähte (1929: 34,55 Mill RM) dagegen fortgelassen ist. Bei Hinzurechnung der letztgenannten Ziffer würde sich ergeben, daß der deutsche Export von Kabeln und isolierten Drähten nur um 6,6 Mill RM hinter dem britischen zurückgestanden hat, während die BEAMA-Zahlentafel eine Differenz von mehr als 2 Mill £ angibt. Vollständig unrichtig wird ferner die Ausfuhr von Telegraphen- und Telephonapparaten wiedergegeben, da die mitgeteilten deutschen und amerikanischen Zahlen im Gegensatz zu den englischen die Ausfuhr von Funkgeräten und -einrichtungen nicht enthalten. Die Rubriken Telegraphie und Telephonie mit Draht und ohne Draht (einschließlich Radioröhren) ergeben in Wirklichkeit folgende Werte: Deutschland 107,8 Mill RM, V. S. Amerika 129,2 Mill RM und Großbritannien 62,0 Mill RM. Für schwachstromtechnische Geräte wird somit das tatsächliche Ausfuhrverhältnis zwischen Deutschland und Großbritannien genau ins Gegenteil verkehrt[5]. Der Elektromaschinenexport wird leider nicht näher aufgeteilt; da die erwähnte deutsche Ziffer sich offenbar aus den Zollpositionen 907 b bis h (Dynamomaschinen, Elektromotoren, Umformer, Transformatoren usw.: 90,78 Mill RM) und 912 F 2 (Elektrische Vorrichtungen für Beleuchtung und Kraftübertragung: 124,99 Mill RM) zusammensetzt, kann vielleicht eine ähnliche Zusammensetzung auch der englischen Ziffer angenommen werden. Das Gesamtbild erfährt durch diese reichlich subjektive Zusammenstellung eine derartige Verschiebung, daß Deutschland, das auch 1929 unter den großen Elektroexportländern an der Spitze stand und gegenüber der amerikanischen Ausfuhr elektrotechnischer Erzeugnisse um rd. 31 Mill RM voraus war, in dieser Aufstellung fälschlicherweise erst an zweiter Stelle rangiert. Weil diese Zahlentafeln trotz dieser willkürlichen Umbiegungen einige interessante Tatsachen und Tendenzen widerspiegeln, seien sie hier unter den gemachten Vorbehalten wiedergegeben:

Elektroausfuhr aus fünf Ländern 1913/1929.

Jahr	Großbritannien	V. S. Amerika	Deutschland	Frankreich	Schweiz
	In 1000 £				
1913	7 656	5 790	15 888	2 185	1 240
1925	17 564	16 300	15 900	4 000	2 120
1926	18 194	17 600	17 300	3 880	2 180
1927	18 772	17 420	18 212	2 770	2 607
1928	18 334	20 630	23 820	3 320	3 063
1929	19 535	29 100	26 620	3 369	3 390
	In % der Gesamtsumme				
1913	23,4	17,7	48,5	6,7	3,7
1925	31,4	29,2	28,5	7,2	3,7
1926	30,8	29,7	29,3	6,5	3,7
1927	31,4	29,1	30,4	4,6	4,5
1928	26,5	29,8	34,4	4,8	4,5
1929	23,8	35,5	32,4	4,1	4,2

Die genannten Prozentziffern beziehen sich auf die Gesamtexportsummen dieser fünf Länder, die 1913: 32,76; 1925: 25,88; 1926: 59,15; 1927: 59,78; 1928: 69,17 und 1929: 82,01 Mill £ betrugen.

Elektroausfuhr aus fünf Ländern 1929 nach Warengruppen.

Waren	Großbritannien	V. S. Amerika	Deutschland	Frankreich	Schweiz	Zusammen
	In 1000 £					
Elektrische Maschinen .	6357	5320	10 810	1103	1430	25 080
Isolierte Drähte u. Kabel	4956	1270	2 905	522	820	10 473
Telegraphen- u. Telephonapparate	2842	1570	1 910	412	542	7 276
Batterien u. Akkumulatoren	1005	1990	1 190	306	26	4 517
Meßinstrumente	387	407	2 150	59	770	3 772
Lampen	688	938	2 040	263	163	4 092
	In % der Gesamtsumme					
Elektrische Maschinen .	25,3	21,2	43,1	4,4	6,0	100
Isolierte Drähte u. Kabel	47,4	12,2	27,6	5,0	7,8	100
Telegraphen- u. Telephonapparate	39,2	21,5	26,1	5,7	7,5	100
Batterien u. Akkumulatoren	22,0	44,2	26,4	6,8	0,6	100
Meßinstrumente	10,3	10,8	57,0	1,6	20,3	100
Lampen	16,8	22,9	49,8	6,4	4,1	100

Als hauptsächlichste Schlußfolgerungen, die sich aus diesen Zahlentafeln ergeben, seien hervorgehoben:

1. Seit 1925 ist der englische Anteil an der Gesamtsumme des Elektroaußenhandels der fünf Länder gefallen, und auch 1929 hat sich dieser Rückgang trotz der Erhöhung der absoluten Werte fortgesetzt; anderseits ist der amerikanische und — insbesondere bei Berichtigung der mitgeteilten Ziffern — auch der deutsche Elektroexport anteilsmäßig erheblich gestiegen.

2. Für elektrische Maschinen sowie Meß- und Zählapparate ist Deutschland das führende Exportland. Auf dem Schwachstromgebiet würde sich bei Hinzurechnung der Radioausfuhr das internationale Bild stark zugunsten Deutschlands verschieben. Ebenso ist in Wirklichkeit, wie oben dargelegt, der deutsche Prozentanteil am Kabel- und Drahtexport höher und natürlich der englische entsprechend niedriger als angegeben.

Eine Zusammenfassung der weiteren Entwicklungsperspektiven besagt, daß demnächst größere Veränderungen der geschäftlichen Lage weniger von wirtschaftlichen als von politischen Ereignissen zu erwarten seien. Die gegenwärtige internationale Depression soll nach Meinung der BEAMA das Jahr 1931 hindurch andauern. Für Großbritannien wird angesichts der internationalen politischen und finanziellen Schwierigkeiten eine Besserung der Lage nur bei einer engen Zusammenarbeit zwischen Mutterland und Dominien in finanz-, industrie- und zollpolitischer Hinsicht erwartet. Die Ansätze zu einer engeren Verbindung zwischen der britischen Industrie und der Finanzwelt begrüßt der Bericht. A. Friedrich.

[3] Vgl. „Observations sur le Mémorandum Allemand" und „Monographie sur l'Industrie Electrique" in der „Industrie Electrotechnique", Publications de la Société des Nations II, Questions Economiques et Financières 1927 II 7, Genf.

[4] El. Review, Bd. 106, 1930, S. 178.

[5] Die berichtigten Ziffern entstammen dem Statistischen Bericht 1930, herausg. vom Zentralverband der deutschen elektrotechnischen Industrie, Berlin 1930.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

Frankreichs Hochspannungsnetz von 60 kV und darüber. — Das französische Ministerium der öffentlichen Arbeiten hat eine Karte mit einer Übersicht über das französische Hochspannungsnetz nach dem Stande vom 1. I. d. J. herausgegeben (Abb. 1), in welche alle Linien

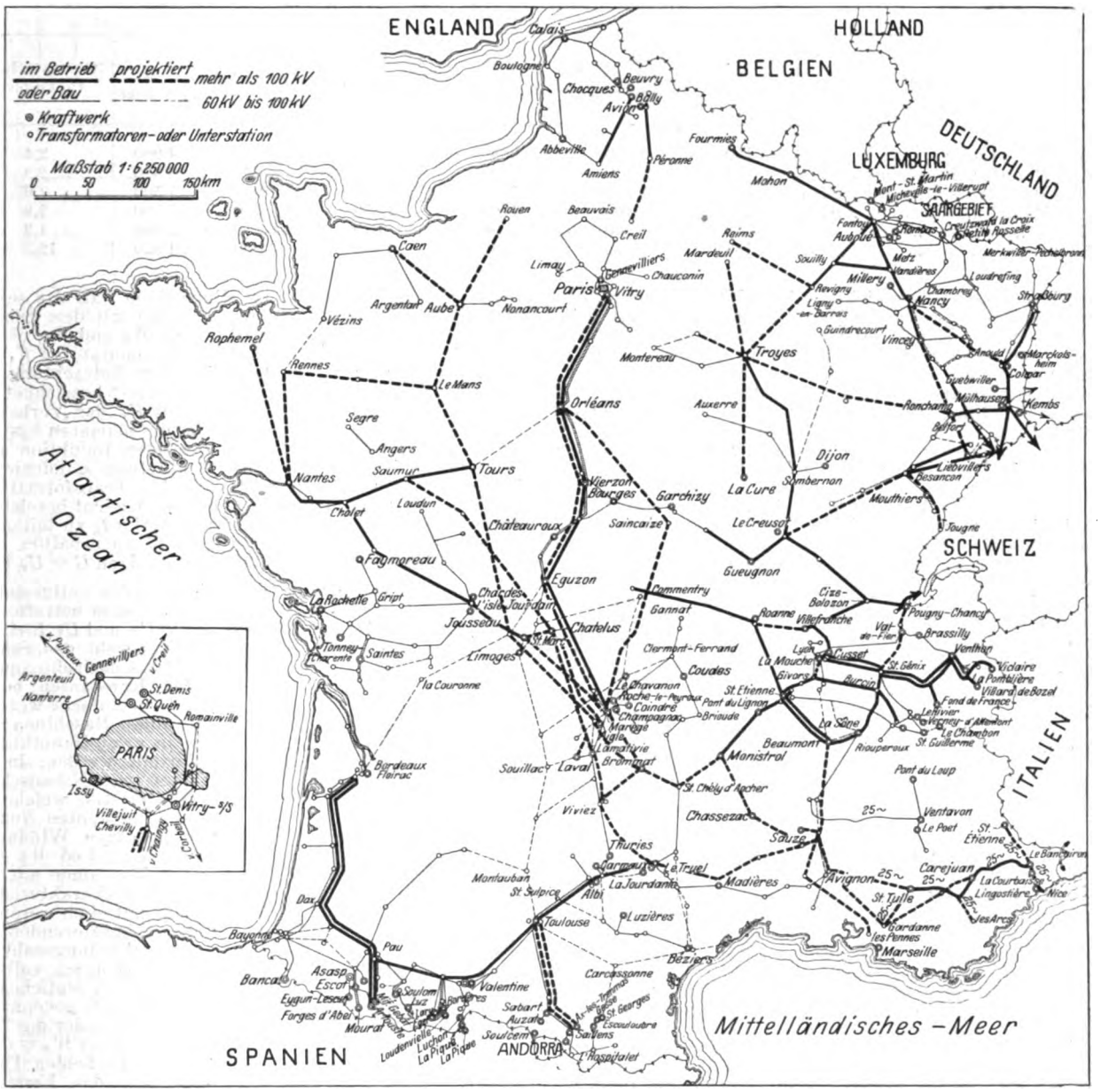


Abb. 1. Frankreichs Hochspannungsnetz von 60 kV und darüber.

mit einer Spannung von 60 kV und darüber eingetragen sind. Die Leitung Pomblière—Villard de Bozel—Fond de France—Lyon führt Gleichstrom, während alle übrigen, bis auf diejenigen Teile im Südosten, für welche eine Frequenz von 25 Hz ausdrücklich vermerkt ist, mit Drehstrom von 50 Hz betrieben werden. Einige Teile der Leitung Villard de Bozel—Lyon und ein größerer Teil des 60 kV-Systems rund um Paris wurden als Kabel verlegt, die übrigen Linien sind Freileitungen. *of*

Leitungen.

Verluste in bewehrten Einleiter-Bleikabeln. — In den letzten Jahren wurde das vom wirtschaftlichen Standpunkte aus recht bedeutsame Problem der Energieverluste im Bleimantel von Starkstromkabeln mehrfach erörtert[1]. Auch die Bewehrung, falls eine solche vorhanden ist, wird zum Sitz von Energieverlusten. Betrachtet man die Verluste im Blei beim Fehlen einer Bewehrung, so stellt man fest, daß sie vom Wert Null beim Widerstand Null des Bleimantels (nicht realisierbarer Fall) mit wachsendem Widerstand zu einem kritischen Wert (Höchstwert) ansteigen und dann mit weitersteigendem Widerstand wieder sinken, u. zw. auf Null bei unendlich hohem Widerstand. Das Hinzutreten der Bewehrung zum Bleimantel erniedrigt dessen Widerstand und verringert die Gesamtverluste, wenn der Mantelwiderstand nicht höher ist als dem kritischen Wert entspricht. Diese Betrachtung ist jedoch nur angenähert zutreffend, denn sie vernachlässigt Induktivitätsunterschiede und den Einfluß der magnetischen Eigenschaften der Bewehrung auf die Induktivitäten.

In der nachfolgenden Zahlentafel werden Ergebnisse zusammengestellt, welche an folgenden Kabeln für 44 kV ermittelt wurden:

[1] ETZ 1930, S. 249, 1561 u. 1562.

Digitized by Google

Kabel B ohne Bewehrung,
„ A bewehrt mit einer Lage Stahldraht,
„ C bewehrt mit einer Lage Cu-Draht,
„ E bewehrt mit zwei Lagen Stahlband.

Die Verluste gelten für 300 m Einphasen-Kabelschleife mit 1,2 m Abstand der Hin- und Rückleitung; der Leiterstrom ist stets 260 A bei 60 Hz, nur bei Kabel E ist er 225 A. Die Kabelmäntel und Bewehrungen sind in bekannter Weise durch Querverbindungen vernachlässigbar geringen Widerstandes an mehreren Stellen verbunden und geerdet, dielektrische Verluste sind nicht berücksichtigt. Die Cu-Verluste betrugen bei A ... C stets 2080 W, bei E 2580 W.

Kabelart	Zustand	Strom (A)		Verluste (W) durch Stromfluß				Gesamtverluste / Cu-Verluste
		Mantel	Bewehrung	im Mantel	in der Bewehrung	durch Wirbelstrom und Hysterese	insgesamt	
B	Mantel kurz	150	0	2880	0	—	4 960	2,4
A	Mantel u. Bewehrung offen .	0	0	0	0	2 740	4 820	2,3
A	Mantel kurz, Bewehrung offen	185	0	4380	0	1 040	7 500	3,6
A	Mantel u. Bewehrung kurz .	117	106	1750	1 350	600	5 780	2,8
C	„ „ „ „ .	23	240	68	620	0	2 768	1,3
E	„ „ „ „ .	168	22	2580	14 250	15 000	31 820	12,3

Die Verluste lassen sich also in stahlbewehrten Kabeln in erträglichen Grenzen halten (2,8 gegenüber 2,4 beim nichtbewehrten Kabel), vorausgesetzt, daß die Wirbelstrom- und Hysteresisverluste gering gehalten werden. Dazu müssen die Bewehrungsdrähte mit hoher Steigung gewickelt sein und geringe Permeabilität haben; ferner muß die entmagnetisierende Wirkung der kreisenden Ströme möglichst ausgenutzt werden.

Die angegebenen Werte sind teils gemessen, teils berechnet; die Übereinstimmung beider war befriedigend in Anbetracht der rechnerischen Schwierigkeiten (5 ... 15 %).

Bezüglich der Meßanordnung ist bemerkenswert, daß die kreisenden Ströme mittels des magnetischen Spannungsmessers nach Rogowski und Steinhaus ermittelt wurden. Als Anzeigeinstrument diente ein Thermoelement mit Milliamperemeter, eine Anordnung, die sich leicht mittels bekannter Ströme in dem vom magnetischen Spannungsmesser umschlossenen Leiter eichen läßt.

Für Seekabel mit Stahldrahtbewehrung läßt sich folgern, daß die Verluste in der Bewehrung infolge der ständigen Kühlwirkung des Wassers keine erhebliche Rolle spielen; ob man Stahl oder Kupfer als Bewehrungsmaterial wählt, wird von Fall zu Fall entschieden werden müssen. Bei niedrigem Leistungsfaktor wird die Stahl-, bei höherem die Cu-Bewehrung wirtschaftlicher sein; bei etwa 60 % Leistungsfaktor sind die Bedingungen für beide Bewehrungsarten gleich. (Schurig, Kuehni u. Buller, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 48, S. 206.) *Eg.*

Elektromaschinenbau.

Die mehrphasigen Kommutator- und Induktionsmaschinen als Sonderfälle des „allgemeinen Transformators". — Für die Untersuchung der Arbeitsweise des asynchronen Motors läßt sich ein Ersatzschema des statischen Transformators anwenden, bei welchem die Blindwiderstände und der primäre Wirkwiderstand unveränderlich bleiben, der reduzierte sekundäre Wirkwiderstand dagegen sich umgekehrt proportional dem Schlupfe s ändert. Zum gleichen Ergebnis gelangt man, wenn man nicht von der äquivalenten aufgenommenen Leistung des Motors und Transformators ausgeht, sondern von der äquivalenten MMK ihrer Sekundärkreise. Man kann dann auf ganz ähnliche Weise Ausdrücke aufstellen für die reduzierten äquivalenten Widerstände, Stromstärken und cos φ in komplizierten Schemata mehrphasiger Kommutatormaschinen und sie auf diese Weise ebenfalls in das Ersatzschema des statischen Transformators einführen. In diesem Falle muß außer der durch den Schlupf s bedingten Rotation des primären Systems hinsichtlich des sekundären noch die Winkelverschiebung der Wicklungen in bezug aufeinander in Betracht gezogen werden. Letztere wird bedingt durch die Lage der Bürsten. Man kann auch ein kompliziertes Schema aufstellen, das alle Mehrphasen-Kommutator- und Induktionsmaschinen in sich schließt und das man als „Schema des allgemeinen Transformators" bezeichnen kann. Indem man für dieses verallgemeinerte Schema alle nötigen Beziehungen ableitet und es nachher vereinfacht, kann man alle Abarten der mehrphasigen Kommutator- und Induktionsmaschinen als Sonderfälle herleiten.

Das Schema des „allgemeinen Transformators" von Kostenko zeigt Abb. 2. Auf der Primärseite der Maschine (Stator oder Rotor) befindet sich die primäre Wicklung mit der effektiven Windungszahl W_a in 1 Phase und die zusätzliche sekundäre Wicklung mit der effektiven Windungszahl W_c in 1 Phase; die Achse der zusätzlichen sekundären Wicklung sei um den Winkel β in der Drehrichtung des Feldes gegen die Achse der primären Wicklung versetzt. Auf der sekundären Seite der Maschine befindet sich die primäre Wicklung (W_b in 1 Phase), in bezug auf die Achse der Wicklung W_a um den Winkel ϱ in der Drehrichtung des Feldes verschoben. Außerdem befindet sich auf der Sekundärseite eine sekundäre Wicklung (W_d in 1 Phase), gegen Wicklung W_a um den Winkel Θ in der Drehfeldrichtung verschoben. Da im allgemeinen Fall das sekundäre System in bezug auf das primäre mit dem Schlupf rotieren kann, so sind die Wicklungen W_a und W_b, ebenso W_c und W_d durch Bürsten auf den Kommutatoren K_1 und K_2 untereinander verbunden. Bei der Betrachtung des Schemas des „allgemeinen Transformators" bezeichnet Kostenko als Transformationskoeffizient U_e das Verhältnis der geometrischen Summe der EMKe des primären Systems zu den durch das Feld der gegenseitigen Induktion aller Wicklungen bei der gegebenen Schlüpfung s induzierten EMKen des sekundären Systems. Als Transformationskoeffizient U_i der Ströme wird der Koeffizient bezeichnet, durch welchen die sekundäre Stromstärke I_2 zu teilen ist, um den reduzierten Sekundärstrom I_2' zu erhalten. Der gesamte Transformationskoeffizient ist dann $U = U_e\, U_i$.

Bei der Anwendung des Schemas des „allgemeinen Transformators" (Abb. 2) fallen je nach dem betreffenden Sonderfall Glieder der Ausdrücke für U_e und U_i fort, wodurch sowohl das Schema selbst als auch die äquivalenten Konstanten bedeutend vereinfacht werden. Alle diese Maschinen können in zwei Hauptklassen unterteilt werden: in Maschinen mit Nebenschlußcharakteristik, welche mit einer konstanten Anzahl von primären Windungen arbeiten (Glied $W_b = 0$), und in Maschinen mit Reihenschlußcharakteristik, welche mit einer veränderlichen resultierenden primären Windungszahl arbeiten und durch vollständiges Fehlen jeglichen Sekundärkreises gekennzeichnet sind (Glieder des Schemas Abb. 2 mit $W_c = 0$ und $W_d = 0$. In beiden Fällen beschreibt das Ende des Stromvektors bei Verkleinerung des Schlupfes von $s = +\infty$ bis $s = -\infty$ einen Kreisbogen.

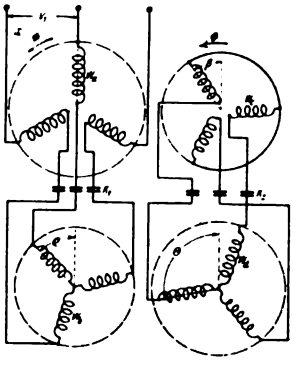


Abb. 2. Schema einer mehrphasigen Kommutatormaschine in seiner allgemeinsten Form.

Auf Grund der Beziehungen für den „allgemeinen Transformator" werden Berechnungsformeln für äquivalente Wirk- und Blindwiderstände von Nebenschluß-Kommutatormotoren mit Stator- und Rotorspeisung, kompensierte Motoren, Potentialregler und kompensierte Kommutatorgeneratoren gegeben. (M. P. Kostenko, Arch. El. Bd. 23, H. 4, S. 413.)

Apparate.

Elektrische Fernsteuerung von Wasserrohrschiebern. — Die elektrische Fernsteuerung von Wasserrohrschiebern in Wasserversorgungsanlagen ermöglicht eine wesentliche Steigerung der Betriebsicherheit, eine bedeutende Vereinfachung der Bedienung und eine dementspre-

Digitized by Google

chende Personalersparnis. Ein von Siemens & Halske entwickeltes System der Schieberfernsteuerung zeichnet sich dadurch aus, daß es mit wenigen und schwachen Fernleitungen auskommt, daß man die Schieber auch in jeder Zwischenstellung anhalten kann, und daß die je-

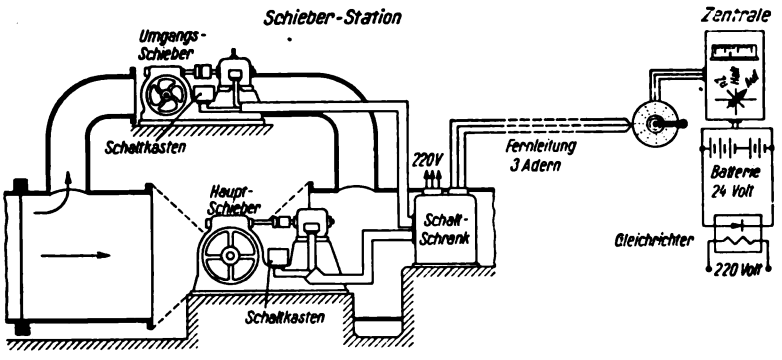


Abb. 3. Schema für die Fernsteuerung eines Haupt- und Umgangsschiebers.

weilige Schieberstellung sicher zur Fernsteuerzentrale rückgemeldet wird. Abb. 3 zeigt in schematischer Darstellung die Anordnung für die Fernsteuerung einer aus Haupt- und Entlastungschiebern bestehenden Schiebervorrichtung. Die Öffnungs- und Schließvorgänge des Haupt- und Entlastungschiebers sind dabei so gegeneinander verriegelt, daß stets zuerst der Entlastungschieber ganz geöffnet und dann erst mit der Öffnung des Hauptschiebers begonnen wird, während beim Schließen der Leitung erst der Hauptschieber ganz geschlossen wird. Die Fernsteuerung geht in der Weise vor sich, daß je nach der Einstellung des Betätigungschalters in der Zentrale die entsprechenden Stromkreise über die polarisierten Fernsteuerrelais im Schaltschrank geschlossen werden, wodurch die Motoren über Zwischenrelais ans Netz gelegt werden. Nach dem Erreichen der Endstellungen der Schieber schalten sich die Motoren selbsttätig aus. Eine Ausratschkupplung zwischen Schieberspindel und Schnekkenspindel löst sich, wenn eine mechanische Hemmung eintritt, während gleichzeitig der Antriebsmotor stillgesetzt und die Störung zur Zentrale gemeldet wird. Die Rückmeldung der Schieberstellung zur Zentrale erfolgt mittels des Impuls-Frequenzverfahrens in der Weise, daß die Umdrehungszahl des Geberzählers durch das Einziehen eines mit der Spindel des Schiebers verbundenen Eisenkernes in eine Drosselspule beeinflußt wird. Bei Schiebereinrichtungen sind die Drosselspulen für Haupt- und Entlastungschieber hintereinander geschaltet; die Skala des Anzeige-Instrumentes enthält in diesem Falle die Stellungsbereiche beider Schieber. (E g g e r s, Siemens-Z. 1929. S. 835.) *Jkl.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

Schreibender Drehmomentmesser für Motoren. — A n d e r s o n beschreibt ein Instrument, das den zeitlichen Verlauf des Drehmomentes eines Motors, z. B. während des Anlaufes unter Last, aufzuzeichnen gestattet. Ein dreiphasiges Spulensystem *I* (Abb. 4), das über Schleifringe von einem Drehstromnetz gespeist wird und somit ein Drehfeld erzeugt, läuft mit dem Motor um, während eine Spule *II* mit der vom Motor angetriebenen Last umläuft. Letztere ist mit dem Motor durch eine Schraubenfeder gekuppelt, deren Verdrehung proportional dem übertragenen Drehmoment ist. Das Meßinstrument besteht aus einer feststehenden Wicklung *1*, die von Spule *II* über Schleifringe (auf der umlaufenden Last) gespeist wird, u. zw. mit einer Spannung, deren Phasenverschiebung gegen die Vektoren des Netzes von der Verdrehung der Feder, also vom Drehmoment abhängt, und aus der drehbaren Doppelspule *2*, die wieder am Netz liegt und ein Drehfeld erzeugt. Diese Spule stellt sich daher entsprechend dem Drehmoment des Motors ein und schreibt dessen zeitlichen Verlauf auf einen Papierstreifen. Auf ein zweites synchron angetriebenes Papier schreibt ein Voltmeter, das von einer auf der Motorwelle sitzenden Tachometerdynamo gespeist wird, den Verlauf der minutlichen Drehzahl auf. Auswechselbare Satzräder der Dynamo gestatten Änderung des Meßbereiches für die Drehzahl, auswechselbare Torsionsfedern Änderung des Bereiches für das Drehmoment. Als Belastung wird zweckmäßig ein Schwungrad verwendet. Das gemessene durch die Feder übertragene Moment ist dann gleich dem Motormoment minus

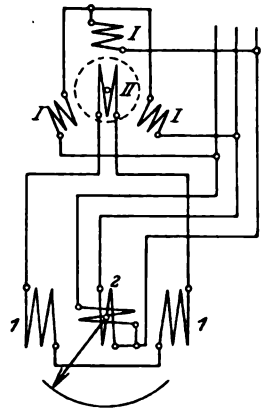


Abb. 4. Hilfswicklungen (oben) und Meßgerät (unten) zur Drehmomentaufzeichnung.

dem zur Beschleunigung des Motorankers aufgebrachten Moment. (G. R. A n d e r s o n, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 48, S. 865.) *Be.*

Genauigkeit der Zeitmessung in frequenzgeregelten Netzen. — An der Universität Los Angeles wurde festgestellt, inwieweit zeitgeregelte Netze zum Anschluß von Synchronmotoren für die Messung kurzer Zeiten in der Größenordnung von 1 s geeignet sind. Die Versuche wurden mit der Frequenz zweier Gesellschaften durchgeführt. Die eine Gesellschaft verfügt über eine Generatorleistung von etwa 150 MW mit etwa $^2/_3$ Lichtbelastung, die andere hat etwa 400 MW Wasserkraft und 350 MW Dampfkraft. Beide Netze sind durch selbsttätige Regler gesteuert, das größere bei Tag mit der Dampfturbine, bei Nacht mit den Wasserkraftmaschinen. Die Zeitmessung wurde durch Funkenschreiber ausgeführt, die durch ein Sekundenpendel auf eine durch einen Synchronmotor bewegte schnell umlaufende Trommel Brandmarken aufzeichneten. Es stellte sich heraus, daß das kleinere der beiden Netze ungünstiger war, so daß zeitweilig Fehler von $^1/_{500}$ des Sollwertes innerhalb 1 s vorkamen, entsprechend ± 2 ms auf 1 s. Die höchst erreichbare Genauigkeit ist etwa $^1/_{800}$, das ist ± 1,25 ms auf 1 s. Erst bei der Messung wesentlich längerer Zeiten wird der prozentuale Fehler erheblich kleiner. (J. M. A d a m, J. Opt. Soc. of Am. Bd. 19, S. 384). *Kth.*

Tragbare Stromwandler-Prüfeinrichtung. — Eine von Siemens & Halske hergestellte tragbare Stromwandler-Prüfeinrichtung dient zum Nachprüfen von Meßwandlern

Abb. 5. Tragbare Stromwandler-Prüfeinrichtung von Siemens & Halske.

an der Einbaustelle auf Strom- und Winkelfehler und zeichnet sich durch hohe Meßgenauigkeit sowie leichte und schnelle Handhabung aus. Die leicht tragbare, in einen Koffer eingebaute Prüfeinrichtung (Abb. 5) wird zusammen mit einem Normalwandler benutzt, als welchen

Digitized by Google

man zweckmäßig den die verschiedensten Übersetzungsverhältnisse von 5/5 bis 2500/5 A enthaltenden, dabei außerordentlich genauen Promillewandler verwendet. Der zu prüfende Wandler und der Normalwandler werden in einer Differential-Stromschaltung zusammengeschaltet, in deren Diagonalzweig bei Ungleichheit der Sekundärströme ein Differenzstrom auftritt. Die Schwierigkeit bei der Konstruktion lag vor allem in der Auswahl des geeigneten Instrumentes zur Messung des Differenzstromes. Es muß bei hoher Empfindlichkeit einen geringen Widerstand haben, u. zw. in einem Maße, wie man es etwa von einem Spiegelgalvanometer verlangt. Um die Anwendung eines solchen schwierig zu benutzenden Instrumentes zu vermeiden, hat man bei dieser Meßeinrichtung hochempfindliche Gleichstrominstrumente angewandt, die über mechanische fremderregte Gleichrichter besonderer Bauart gespeist werden. Die Prüfung kann entweder unter der Betriebsbürde oder einer im Meßkoffer eingebauten zwischen 0 und 60 VA einstellbaren Ohmschen oder induktiven Belastung erfolgen. Ferner läßt sich mittels eines Stufenschalters die Empfindlichkeit der Meßanordnung in bestimmten Verhältnissen verändern, damit man auch bei anderen Stromwerten wie dem Nennstrom mit gleichbleibender Empfindlichkeit arbeiten kann. In dem Meßkoffer sieht man links und rechts das „Minuten"- bzw. „Prozent"-Instrument, zwischen diesen einen Strommesser, der zur Nachprüfung der Polung dient, sowie die Empfindlichkeitsregelung. Die Instrumente werden mittels Tasten eingeschaltet. Die gesuchten Werte werden unmittelbar angezeigt, so daß das Durchmessen eines Wandlers in kürzester Zeit vor sich geht. Die Genauigkeit der Meßanordnung beträgt etwa ± 0,1 % und ± 5'. Durch Einsetzen der Berichtigungen des Normalwandlers läßt sie sich noch weiter steigern, was jedoch für den Betrieb kaum nötig sein dürfte. (Sieber, Siemens-Z. Bd. 9, S. 845.) *Jkl.*

Beleuchtung.

Die elektrische Beleuchtung von Gepäckwagen. — Die C. Lorenz AG. hat nach Angaben von K. Schmidt ein neuartiges System zur elektrischen Beleuchtung von Eisenbahn-Gepäckwagen entwickelt. Unmittelbar an einer der Achsbuchsen sitzt, durch ein Stirnräderpaar angetrieben, ein kleiner Mittelfrequenzgenerator mit einer bei hohen Fahrgeschwindigkeiten bis auf 800 Hz steigenden Stromfrequenz. Der abgegebene Wechselstrom wird umgespannt, in Gleichrichterröhren gleichgerichtet und dem Lichtnetz und der Batterie, die stets miteinander unmittelbar verbunden bleiben, zugeführt. Der Einfluß der wechselnden Antriebsgeschwindigkeit auf die Spannungshöhe wird durch eine genügend große Selbstinduktion im Wechselstromkreis unterdrückt, deren spannungvernichtende Wirkung bei steigender Drehzahl (Frequenz) im gleichen Verhältnis sich erhöht wie die erzeugte Spannung. Abb. 6 zeigt die Einzelheiten der Schaltung. Der Mittelfrequenzgenerator *uv* sendet seinen Strom je nach der Stellung des Schalters *Sch* entweder nur in die dem Personal zur Verfügung gestellte Kochplatte oder nur in den Transformator *Tr*. Dessen Sekundärseite besteht aus der Anodenwicklung *A* und der Heizwicklung *H*, beide in üblicher Weise in ihrer Mitte mit den Nutzkreisklemmen verbunden. Die Gleichrichtung erfolgt in vier parallelgeschalteten Röhren, deren Parallelbetrieb durch die ausgleichenden Differentialdrosseln $Dr_1 \dots Dr_6$ ermöglicht wird. Der Generator erhält durch die Batterie *B* Fremderregung, die durch den angedeuteten Fliehkraftschalter bei Stillstand unterbrochen wird. Der der Erregerwicklung *JK* parallelgeschaltete Widerstand W_4 dient zur Unterdrückung der Funken an diesem Schalter, und die Reihenwiderstände W_1 und W_2, die bei eingeschalteten Stromverbrauchern durch deren Schalter kurzgeschlossen werden, bewirken eine Erniedrigung der Maschinenspannung, wenn die Maschine nur noch an die Batterie Strom zu liefern hat. Der Generator ist von bemerkenswerter Einfachheit. Die induzierte Wicklung liegt in den ruhenden Polblechen, der Rotor besteht aus einem wicklungslosen gezahnten Blechpaket. Zum Schutz der Zahnräder erfolgt der Antrieb durch eine Reibungskupplung und die bei Gleitachslagern mit der Zeit eintretende Höhenverlagerung des Achsstumpfes gegenüber der Achskiste wird durch eine an die Achsstirnfläche angesetzte Oldham-Kupplung (Zwischenplatte mit zwei gekreuzten Schlittenführungen) unschädlich gemacht. Die sehr elegante Befestigungs- und Antriebsanordnung stammt von Breuer. Sie ist natürlich nur bis zu einer bestimmten Maschinengröße anwendbar. Die beschriebene Spannungsregelungsart ergibt nur bei einer bestimmten Stromstärke die richtige Spannung, weil die von der Frequenz abhängige selbstinduktive Spannungsvernichtung mit der Stromstärke sich ändert. Mit Rücksicht auf die Betriebsfähigkeit der Gleichrichterröhren darf die Netzspannung nicht unter 50 V gewählt werden. Um während der Benutzung des Kochers die Batterieladung nicht zu unterbrechen, soll der Kocher

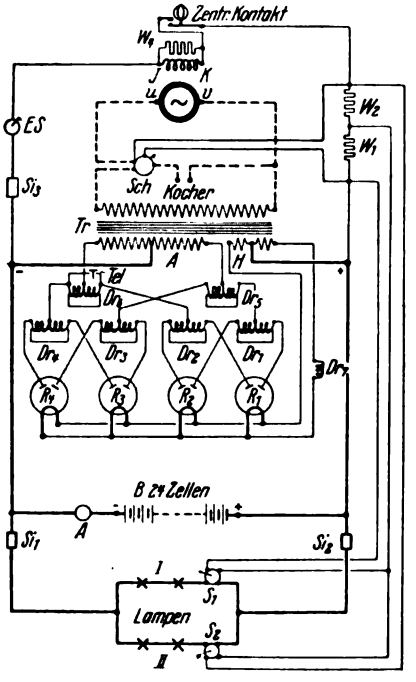


Abb. 6. Schaltung einer Stromerzeugungsanlage für Gepäckwagen.

künftig in Reihe mit der Primärwicklung des Transformators geschaltet werden. Die Lichtleistung eines Gepäckwagens beträgt 100 ... 200 W und der nichtspannungsgeregelte Kocher verbraucht je nach der Zuggeschwindigkeit bis zu 1000 W und mehr. (M. Breuer, Organ Fortschr. Eisenbahnwes. Bd. 85, S. 313.) *D. J.*

Die amerikanische Sonnenlampe. — Die neue für medizinische Bestrahlungszwecke bestimmte Lampe stellt eine Kombination einer Wolframdraht-Glühlampe und einer Quecksilber-Bogenlampe dar (Abb. 7). In der Lampe ist ein Wolframglühdraht V-förmig angeordnet mit seiner Spitze nach unten. Oberhalb des Glühdrahtes befinden sich zwei Wolframelektroden, so daß ein Quecksilber-Lichtbogen parallel zum Glühdraht gebrannt werden kann. Die Füllung der Lampe besteht aus reinem Argon. Im Innern der Lampe befindet sich ein Tropfen Quecksilber, welcher nach dem Einschalten der Lampe den für die Bogenentladung notwendigen Quecksilberdampfdruck liefert. Der Lampenkolben besteht aus einem für ultraviolette Strahlen durchlässigen Glase, um die biologisch wirksame UV-Strahlung des Bogens gut ausnutzen zu können. Die Lampe zündet beim Einschalten von selbst. Die Type S-1 verbraucht etwa 400 W. Beim Einschalten glüht zunächst die Wolframwendel, wobei bei einer Spannung an ihren Enden von 33 V ein Strom von 9 A durch die Lampe fließt. Kurz darauf zündet der Lichtbogen zwischen den Wolframelektroden, wobei die Spannung auf 11 V heruntergeht und der Strom auf etwa 30 A ansteigt. Von dem ausgestrahlten, photometrisch gemessenen Licht entfallen etwa ⅔ auf die Wolframelektroden, ¼ auf den Lichtbogen und der Rest auf den Glühdraht. Die Farbtemperatur der Lampe beträgt etwa 3500 ° abs. In Verbindung mit einem geeigneten Reflektor und in einer Entfernung von etwa 75 cm von dem bestrahlten Körper ruft die Lampe eine Erythembildung hervor, welche gleich oder sogar etwas

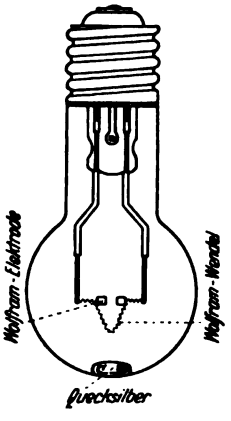


Abb. 7. Sonnenlampe.

Digitized by Google

größer ist als diejenige der Mittagsonne im Hochsommer. (M. Luckiesh, Gen. El. Rev. Bd. 33, S. 89.) *Schb.*

Heizung. Öfen.

Elektrisches Auftauen einer Wasserleitung. — Bei den ungewöhnlich hohen Kältegraden in dem lang andauernden Winter 1928/29 froren in der Wasserleitung für die Orte Abbesbüttel, Wedesbüttel und Wedelheine die Hausleitungen und auch Teile der Hauptleitungen ein. Von den Hauptleitungen waren besonders die in den Sandstrecken verlegten Rohre an den Kreuzungstellen mit Landstraßen in Mitleidenschaft gezogen, wo die schützende Schneedecke sofort beseitigt wurde, und wo der Frost an den Eisenteilen der Hydranten und Schieber besonders tief in den Boden eindringen konnte. Bei dem bis zu 1,5 m tief gefrorenen Boden waren die Arbeiten zur Abhilfe außerordentlich mühsam; man versuchte es zunächst mit dem Einleiten von warmem, stark konzentriertem Salzwasser, dann mit dem Einleiten von Dampf unter 5 at Druck, wobei Hydranten und Anschlußstücke mühsam freigelegt werden mußten. Der Erfolg stand in keinem Verhältnis zur aufgewandten Arbeit. Wahrscheinlich müssen auch einige Rohrbrüche auf diese Arbeitsweise zurückgeführt werden.

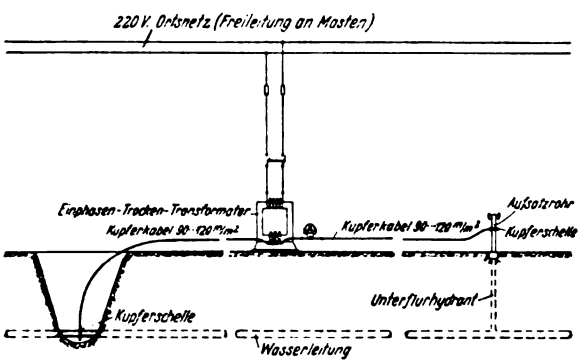


Abb. 8. Auftauschaltung.

Erst das elektrische Auftauverfahren brachte schnelle und wirksame Hilfe. Man benutzte einen 15 kVA-Transformator mit einer Spannung von 440/60 bzw. 220/30 V und kam auf der Niederspannungseite auf eine Stromstärke bis zu etwa 400 A. Der Transformator befand sich in einem Hanomag-Lastkraftwagen und konnte mit dem Zubehör leicht an die Verwendungstellen befördert werden. Abb. 8 zeigt den Schaltplan der Auftauvorrichtung. Das Aufgraben konnte bei den Hausleitungen durchweg gespart werden, da der eine Anschluß an einem Hydranten und der andere an der Rohreintrittstelle im Gebäude vorgenommen wurde. Auch bei den Hauptleitungen waren Aufgrabungen nur an wenigen Stellen nötig. Das Auftauen der einzelnen Leitungstrecken bis zu 200 m Länge dauerte je nach Länge und Durchmesser der Leitung 10 min bis zu 4 h. In rd. 185 Auftaustunden wurden 940 kWh verbraucht. Wichtig ist aber, daß man, nachdem sich infolge des Stromdurchganges der Eiskern von der Rohrwandung gelöst hat, durch das nachfließende unter Druck stehende verhältnismäßig warme Leitungswasser das Eis vollends zum Schmelzen bringt. Die elektrische Erwärmung leitet also nur den Auftauprozeß ein, während die eigentliche Auftauarbeit das Wasser besorgt.

Beim Auftauen von Hausanschlußleitungen können nach Gründig Mißerfolge eintreten, wenn die Anbohrschellen am Hauptrohr durch dazwischen liegende Jute oder Asphalt gut isoliert sind, oder bei Benutzung des Ventils und der Schlüsselstange des Anbohrventils, wenn sehr alte Ventile mit stark oxydierten Spindeln vorhanden sind. In diesem Falle empfiehlt es sich, zwei Heimleitungen und das dazwischen liegende Hauptrohr für den Schluß des Stromkreises zu verwenden. Beim Auftauen eines Hauptwasserrohres zwischen zwei Hydranten, die etwa 70 m auseinander liegen, muß man wegen der beträchtlichen Entfernung den Transformator im allgemeinen auf höchste Spannung schalten; die Querschnitte der Ausführungskabel können dann verhältnismäßig gering sein.

Eine Gleichstromquelle eignet sich für den Auftauprozeß nicht wegen der elektrolytischen Wirkungen des Gleichstroms. Es bildet sich Sauerstoff, der die feuchten Kontaktflächen oxydiert (Korrosion). Dadurch wird auch der Übergangswiderstand erhöht und eine Gegen-EMK geschaffen. Steht daher nur Gleichstrom zur Verfügung, so muß ein Umformer vorgeschaltet werden. (Schütz u. Jessen, Wasserkr. u. Wasserwirtsch. Bd. 24, S. 264, und K. Gründig, Verb.-Mitt. wiss. Bezirksv. Dresden u. Sachsen Bd. 25, S. 4.) *Ka.*

Bahnen und Fahrzeuge.

Stromrückgewinn bei Gleichstrombahnen. — M. L. Grätzmüller zieht in einer längeren Abhandlung vorwiegend den Fall in Betracht, bei welchem sich die Bahnbetriebsverhältnisse vorübergehend schnell ändern. Beim normalen Betrieb, also im Beharrungszustand, ist $I = \frac{e-U}{r+R}$, wobei U die Fahrdrahtspannung, e die jeweilige Bremsspannung an dem als Generator wirkenden Motor, r den Motorwiderstand und R den Bremswiderstand bedeuten. Schwierigkeiten bestehen in diesem Zustand nicht, sie treten erst auf, wenn sich die Fahrdrahtspannung U rasch ändert, wenn also $\frac{dU}{dt}$ groß ist. Diese Änderung von U bzw. $\frac{dU}{dt}$ hängt von der Regelung im Unterwerk und vom Ohmschen und induktiven Spannungsabfall in der Speiseleitung ab. Die Gegenmaßnahmen gegen diese Spannungsprünge im Netz bestehen in der möglichst raschen Anpassung des Feldes des als Bremsgenerator arbeitenden Motors an die jeweilige Netzspannung, sie wird erschwert durch die dämpfende Wirkung des massiven Joches. Wird das Feld des Bremsgenerators nicht genügend schnell den wechselnden Spannungsverhältnissen angepaßt, so entstehen Stromstöße, die wegen der Kommutierung zu befürchten sind.

Im Bremszustande sind das Gefälle und die Fahrdrahtspannung unabhängige Veränderliche, während die Drehzahl des Bremsgenerators und der Strom abhängige Veränderliche darstellen. Die Drehzahl ändert sich infolge der Massenträgheit nur langsam und kommt daher als Regelmittel gegen Spannungsprünge nicht in Betracht, dagegen reagiert der Strom sehr rasch und energisch und wird vielfach als Regelmittel verwendet.

Die Bremsleistung ist eI, die zurückgewonnene Leistung UI; die Differenz $(e-U)I$ ist der Verlust in den Widerständen $R+r$. Je kleiner das Verhältnis $\frac{e-U}{u}$ ist, desto besser ist der Bremswirkungsgrad.

In der Entstehungsgeschichte der neuzeitlichen Schaltungen ist der erste Gedanke der gewesen, Anker und Magnetwicklung parallel an das Netz zu legen, aber eine plötzliche Änderung des Betriebszustandes kann infolge verzögerter Einstellung des Feldes zu Störungen führen. Man versuchte also durch Anwendung der Gegen-Reihenschlußwicklung diesen Störungen vorzubeugen. Diese Lösung bedingt jedoch erhöhtes Kupfergewicht der Magnetwicklung. Die Wirkung zweier sich entgegenarbeitender Magnetwicklungen läßt sich aber stets durch eine einzige Wicklung erreichen, die von der Differenz zweier sich entgegenarbeitender Spannungen gespeist wird. Das Kupfergewicht ist im letzteren Falle gleich der Spannungsdifferenz statt der Summe. Die eine der beiden Spannungen wird einer konstanten Spannungsquelle entnommen, die andere einer Spannungsquelle, die dem Bremsstrom proportional und der ersten Spannung entgegengerichtet ist. Beide Spannungsquellen können Erregermaschinen sein. Um die Einwirkung des Bremsstromes auf die zweite Erregermaschine zu verstärken und zu beschleunigen, kann zu der vom Hauptstrom durchflossenen Erregerwicklung eine Induktivität parallel geschaltet werden, die höher ist als die der Erregerwicklung, so daß während der Stromänderung sich der Erregerstrom stärker ändert als der Strom selbst.

Die Hauptschaltungen kann man in zwei Hauptgruppen teilen, u. zw. in eine solche mit fremderregter Erregerwicklung, bei der also der Erregerstromkreis vom Hauptstromkreis getrennt ist, und in eine zweite, bei der die Erregerwicklung in der Fahrschaltung verbleibt.

Von der ersten Gruppe werden von Grätzmüller drei genannt. Die 1. Schaltung besitzt zwei Erregermaschinen. Die Spannung der ersten ist konstant, die der zweiten wird vom Bremsstrom beeinflußt und ist der ersten entgegengerichtet, so daß auf die Erregung des Bremsgenerators die Differenz beider Spannungen wirkt. Die 2. Schaltung besitzt nur eine Erregermaschine mit zwei Erregerwicklungen, von denen die erste konstant ist und die zweite vom Bremsstrom erregt wird. Bei der 3. Schaltung hat die Erregermaschine nur eine Erregerwicklung und die Wirkung der beiden kontrastierenden Größen ist in die Erregung einer Hilfsmaschine verleg.

Digitized by Google

welche den Erregerstrom für die Haupterregermaschine liefert.

Die zweite Gruppe ist dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindung zwischen Anker und Feld der Hauptmaschine nicht getrennt wird, sondern wie bei Fahrt geschaltet bleibt. Bei der ersten Schaltanordnung dieser Gruppe werden parallel zur Magnetwicklung eine Erregermaschine und ein Beruhigungswiderstand gelegt. Die Erregermaschine besitzt eine fremderregte Wicklung und eine vom Hauptstrom durchflossene Reihenwicklung, die so geschaltet ist, daß sie im Bremszustand der Fremderregung entgegenwirkt. Die zweite Anordnung unterscheidet sich von der vorhergehenden nur dadurch, daß die Erregermaschine im selben Zweig liegt wie die Haupterregung, während parallel hierzu nur der Beruhigungswiderstand liegt. Diese Anordnung hat den Vorteil, daß die Erregermaschine nur vom Erregerstrom durchflossen wird, während bei der vorhergehenden Schaltanordnung der Kommutator der Erregermaschine für die Summe Erregerstrom + Bremsstrom bemessen werden mußte.

Steht eine größere Anzahl von Triebmotoren zur Verfügung, so kann einer dieser Motoren beim Bremsen als Erregermaschine Verwendung finden. Um brauchbare Verhältnisse zu schaffen, ist es dabei nötig, die Erregung des als Erreger arbeitenden Motors und die Erregerwicklungen der vom Bremsstrom durchflossenen Motoren getrennt regeln zu können.

Viele andere Lösungen wären möglich, insbesondere unter Anwendung empfindlicher Regelorgane. Diese verbieten sich aber im rauhen Bahnbetrieb. Die Schaltungen, die den Ohmschen Spannungsabfall zur Regelung der Erregung benutzen, haben zusätzliche Verluste, aber den Vorteil von Beruhigungswiderständen.

Es sind noch manche Fragen offen, deren Beantwortung nicht leicht ist. Durch Veröffentlichung von Erfahrungswerten aus dem Betriebe könnten bessere Unterlagen für eine Theorie über die Vorgänge bei sich schnell ändernden Betriebsverhältnissen geschaffen werden. Grätzmüller, Bull. Soc. franç. Bd. 9, S. 1069.) *H. O.*

Eröffnung des elektrischen Bahnbetriebes in Costa Rica. — Die bereits früher[1] beschriebene, von der AEG durchgeführte Elektrisierung der Pazifischen Eisenbahn in Costa Rica ist nunmehr beendet. Während der zweijährigen Bauzeit waren im Durchschnitt 17 europäische Ingenieure und Monteure und 450 Arbeiter beschäftigt. Es wurden trotz der bedeutenden Schwierigkeiten, die zu überwinden waren, alle Arbeiten zeitgerecht fertiggestellt und nach kurzem Probebetrieb der Regierung übergeben. Die Durchführung des Baues erforderte, namentlich wegen der Armut des Landes an Hilfsquellen und des unzulänglichen Zustandes des vorhandenen Bahnkörpers, ganz besondere Vorkehrungen technischer und organisatorischer Natur. Allein die Beschaffung der Baumaschinen und Werkzeuge erforderte eine Investition von ¼ Mill RM. Besonders beim Bau des Kraftwerks in urwaldbestandenem Berggelände waren ungewöhnliche Transportschwierigkeiten zu meistern. (v. Meyern, Spannung 1930, S. 289.)

v. Str.

Fernmeldetechnik.

Über den Klirrfaktor langer Fernkabelleitungen. — Bei den Versuchen an den in das neue Fernkabel Hannover—Wiedenbrück geschalteten Fernsprech-Weitverbindungen[2] hatte sich u. a. wider Erwarten ergeben, daß trotz Anwendung der Phasenentzerrung die Silbenverständlichkeit mit der Leitungslänge sinkt. Die Ursachen dieser Erscheinung sind, wie M. Grützmacher in einer Mitteilung aus dem Telegraphentechnischen Reichsamt zeigt, nichtlineare Verzerrungen, die besonders in den mit Eisenkernen ausgerüsteten Teilen wie Pupin- und sonstigen Spulen, Vorübertragern und Entzerrern auftreten. Die von Grützmacher angewendete Methode zur Messung der nichtlinearen Verzerrung war folgende: Auf die verzerrenden Fernsprech-Weitverbindungen wurden 2 reine Töne gegeben und am Ausgang der Verbindungen wurde das gesamte Frequenzgemisch nach oszillographischer Aufnahme analysiert; es enthielt infolge der nichtlinearen Verzerrungen neben den Oberschwingungen der beiden Meßtöne $p = 720$ und $q = 1160$ Hz eine Anzahl von Differenztönen, wie z. B. $q \pm p$, $2p \pm q$, $2q \pm p$, $3p - q$ usw. Als Maß der Nichtlinearität der Verzerrung dient der Klirrfaktor, d. h. das Verhältnis des Effektivwerts der Summe aller Kombinationstöne zum Effektivwert der Summe aller Grund- und Kombinationstöne. Die Untersuchung der nichtlinearen Verzerrung erstreckte sich auf eine mittelstark belastete Vierdrahtleitung von 2700 km Länge mit 20 Verstärkern in jeder Richtung, die mit oder ohne Phasenausgleich betrieben werden konnte, ferner auf eine schwach belastete Leitung gleicher Länge mit 40 Verstärkern und endlich auf eine Zweidrahtleitung von 1500 km Länge. Aus den zahlreichen Klangbildern, die am Ausgang der beiden Vierdrahtleitungen aufgenommen wurden (wobei die beiden Meßfrequenzen mit 6 verschiedenen Spannungen an den Leitungseingang gelegt waren), ergibt sich zunächst, daß Anzahl und Stärke der Kombinationstöne mit wachsender Spannung zunehmen; ferner zeigt die Vierdrahtleitung mit Phasenausgleich eine größere nichtlineare Verzerrung als die phasenausgleichslosen Leitungen. Entsprechend nimmt auch der Klirrfaktor mit der Spannung zu und ist bei der Leitung mit Phasenentzerrung am größten, was offensichtlich von den zahlreichen Spulen mit starkem magnetischem Fluß der Phasenausgleichsketten herrührt. Die mittelstark pupinisierte Vierdrahtleitung ohne Phasenausgleich und die schwach pupinisierte Vierdrahtleitung zeigen im Mittel ungefähr den gleichen Klirrfaktor, der z. B. bei einer Eingangsspannung von 2 V etwa ⅔ des Klirrfaktors der phasenentzerrten Leitung beträgt. Im übrigen waren die Klirrfaktoren für die eine Sprechrichtung größer als für die entgegengesetzte Richtung, betrugen z. B. für die phasenentzerrte Leitung mit 2 V Eingangspannung 30 und 22 %. Der Klirrfaktor der Zweidrahtleitung war kleiner als die der Vierdrahtleitungen und ergab sich z. B. für 2 V Eingangspannung im Mittel zu 7 %, was vermutlich von den niedrigeren Pegelständen der Zweidrahtleitung herrührt. Von der Leitungslänge ist der Klirrfaktor linear abhängig, wächst aber nur sehr langsam mit der Länge (für eine Leitungsart z. B. von 5 % bei 500 km auf 6 % bei 2500 km). Zum Studium des Zusammenhangs zwischen nichtlinearer Verzerrung und Restdämpfung wurden ferner Restdämpfungskurven der untersuchten Fernverbindungen bei verschiedenen Eingangspegeln aufgenommen. Die Kurven zeigen allgemein, daß für ein und dieselbe Leitung bei großen Eingangspegeln die hohen Frequenzen stärker gedämpft werden als bei kleinen Eingangspegeln. Trägt man die Abhängigkeit der Restdämpfung vom Eingangspegel für einzelne Frequenzen auf, so erkennt man, daß innerhalb der Pegelgrenzen +1,7 und −1,8 Restdämpfungsschwankungen von über 1 Neper vorkommen; bei wachsendem Eingangspegel werden die hohen Frequenzen stärker gedämpft, die tiefen Frequenzen dagegen entdämpft. (M. Grützmacher, Tel. u. Fernspr. Techn. Bd. 18, S. 143.)

But.

Der Fernsprechbau in den V. S. Amerika. — Die Fernsprechleitungen werden in den V. S. Amerika als Freileitungen, als Luftkabel, als Röhrenkabel in Kanälen oder als Erdkabel geführt. Für die Freileitungen dienen Stangenlinien aus kreosotgetränkten Fichtenstangen von 10 ... 15 m Länge in Abständen von 35 m. Die Querträger bestehen aus getränktem Fichtenholz und tragen je 10 gerade Stützen, die verschieden angeordnet sind, je nachdem die Linie für Trägerfrequenzen oder für Viererfernsprechkreise eingerichtet wird. Als Isolatoren werden solche aus grünem Glas mit doppeltem Mantel und solche aus Pyrexglas[1] mit einfachem Mantel verwendet. Die Verluste der hochfrequenten Wechselströme sollen in Leitungen, die an Pyrexisolatoren geführt sind, gering sein. Jedes Gestänge erhält 4 Querträger. Aus den daran geführten 20 Leitungspaaren können je nach der Anordnung und der Zahl der verwendeten Trägerstromkreise bis zu 70 Fernsprechkreise und 80 Telegraphierkreise gebildet werden.

Luftkabellinien bieten für die Verhältnisse in Amerika besondere Vorteile. Wegen der starken Schwankungen der Dämpfung in langen Luftkabeln infolge der Temperatureinflüsse und der häufigen Störungen durch Schüsse, Brände und Bleimantelbrüche werden neuerdings auch Erdkabel ausgelegt. Wo mit schneller Vermehrung der Kabel zu rechnen ist, werden Kabelkanäle aus glasiertem Ton mit der nötigen Anzahl Öffnungen hergestellt.

Die Fernkabel für den Weitverkehr erhalten Adern von 1,3 und 0,9 mm Dmr. (16 und 19 WG), die ausschließlich nach Dieselhorst-Martin viererverseilt werden. Die Kupferdrähte werden mit Papier ohne Kordel ziemlich eng umhüllt, so daß die Betriebskapazität verhältnismäßig hoch liegt, etwa 0,038 µF/km für den Stamm und 0,062 µF/km für den Vierer. Die Umspinnung und Verseilung erfolgen sehr gleichmäßig, infolgedessen bleiben die Kopplungen für das Nebensprechen in engen Grenzen. Neuerdings werden auch mit Metallpapier besonders geschirmte Paare oder Viererseile für Rundfunkübertragungen einge-

[1] ETZ 1928, S. 404.
[2] Vgl. ETZ 1929, S. 1242.

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1061.

Digitized by Google

baut. Zur Pupinisierung der Fernkabel werden nur noch Spulen aus Permalloy verwendet, die wesentlich geringere Abmessungen als die Eisenkernspulen, aber trotzdem annähernd die gleichen elektrischen Eigenschaften wie die früher verwendeten Massekernspulen haben.

In Orts-Fernsprechnetzen richtet sich der Leitungsbau nach den Bedingungen für die Übertragungsgüte. Beispielsweise wird für den Verkehr zwischen Sprechstellen in Geschäftsvierteln als Grenze die Dämpfung von 18 db ≈ 2,0 Neper, zwischen solchen in Wohnvierteln von 20 ... 22 db ≈ 2,3 ... 2,6 Neper zugelassen. Der Bezirk einer Vermittlungsanstalt wird in Entfernungszonen eingeteilt, und nach diesen Zonen wird die Stärke der den Anschlüssen zuzuteilenden Kabeladern entsprechend der zugelassenen Dämpfung (0,91 mm, 0,64 mm, 0,51 mm oder 0,41 mm) bestimmt. So wird an Kupfer nach Möglichkeit gespart.

Die Anschlußkabel werden mit papierisolierten Doppeladern hergestellt und enthalten bis zu 1800 Paaren. Von der Sternverseilung wird kein Gebrauch gemacht. Die Kabelverteilung ist starrer als in Deutschland. Verzweiger finden nur wenig Anwendung. Die großen Büro- und Wohnhäuser bekommen im allgemeinen je ein eigenes Kabel, die übrigen vom Vermittlungsamt ausgehenden Kabel werden in festen Muffen aufgeteilt und gehen entweder vom Röhrenkanal unmittelbar in die Häuserblocks oder in Luftkabel über. Die Kabeladern enden in Endverzweigern, die entweder im Innern oder an der Außenseite der Häuser oder an Stangen angebracht werden. Von den Endverzweigern wird für die Zuführungen zu den Sprechstellen im Freien „Dropwire", ein paariger, nicht verseilter Gummidraht mit wetterfester Umklöppelung, im Innern Zimmerleitungsdraht verwendet.

Die Fernkabel werden täglich auf Isolation geprüft, bei Regenwetter werden solche Messungen alle paar Stunden wiederholt. Die Eingrenzung der Fehler erfolgt ebenso wie die Messungen von den Verstärkerämtern aus. Die Beseitigung der Fehler liegt den Monteuren ob, von denen jeder mit einem kleinen Fordwagen ausgerüstet ist. Die oberirdischen Fernlinien werden in Abschnitte von etwa 30 km eingeteilt; jeder Abschnitt wird einem Aufseher mit der gleichen Ausrüstung zugeteilt, der für den guten Zustand allein und voll verantwortlich ist, dem aber keine Beschränkung auferlegt ist, wie oft er die Strecke befährt. In den Orts-Fernsprechnetzen werden die Anschlußleitungen regelmäßig durch Speisestrom- und Dämpfungsmessungen geprüft. (A. Mentz, Europ. Fernspr. 1930, H. 17, S. 168.) *Bkm.*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

Feldverteilung und Durchschlagspannung von festen Isolatoren. — Bei rein elektrischem Durchschlag wird die Berechnung der Durchschlagspannungen von festen Isolatoren in inhomogenen elektrischen Feldern dadurch sehr erschwert, daß man keinen klaren Begriff davon hat, in welchem Maße der Durchschlag durch die maximale im Isolator herrschende Feldstärke bestimmt wird. Daß die Feldverteilung beim Durchschlag eine bestimmte und sehr wichtige Rolle spielt, geht daraus hervor, daß bei nicht homogenem Feld der Durchschlag immer am Rande der Elektroden an der Stelle der maximalen Konzentration der Feldlinien stattfindet. Die weit verbreitete Annahme, daß der Durchschlag dann eintritt, wenn die maximale Feldstärke einen bestimmten kritischen Wert, die „Durchschlagfeldstärke", erreicht, dürfte bei weitem nicht immer richtig sein.

Um diesen Umstand zu klären, wurden die Durchschlagspannungen von Glas in verschiedenen genau berechenbaren inhomogenen elektrischen Feldern bestimmt. Dazu wurden in gläserne Probierröhren Platindrähte so eingeschmolzen, daß sie parallel zum ebenen Boden der Röhre lagen (Abb. 9). Die Feldverteilung ließ sich für diese Anordnung (Zylinder gegen Ebene) genau berechnen und konnte durch Wahl des Drahtdurchmessers und des Abstandes zwischen Draht und Boden der Röhre (δ) in weitem Maße geändert werden. Die Ergebnisse der Messungen für Wechselspannung von 50 Hz zeigt Abb. 10. Die obere Gerade entspricht der Abhängigkeit der Durchschlagspannung von der Schichtdicke δ im homogenen Feld, die untere, stark ausgezogene Kurve derselben Abhängigkeit beim Randdurchschlag, die verschiedenen Punkte verschiedenen Drahtdurchmessern. Durch die gestrichelten Kurven sind die theoretischen Abhängigkeiten der Durchschlagspannung von der Schichtdicke bezeichnet für die Annahme, daß der Durchschlag dann eintritt, wenn die Feldstärke an der Drahtoberfläche den gleichen Wert erreicht, bei dem der Durchschlag im homogenen Feld geschieht. Die gute Übereinstimmung zwischen den gemessenen und den berechneten Werten spricht dafür, daß wir im Falle von Glas tatsächlich von einer bestimmten Durchbruchfeldstärke sprechen können.

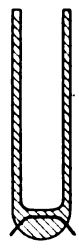
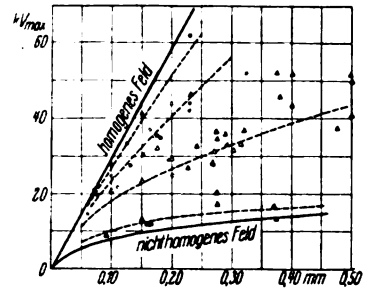


Abb. 9. Durchschlaggefäß.



Drahtdurchmesser:
• 1 mm ○ 0,3 m △ 0,1 mm ▲ 0,08 mm

Abb. 10. Abhängigkeit der Durchschlagspannung von der Schichtdicke für Glas in verschiedenen inhomogenen elektrischen Feldern.

Bei Stoßspannungen fanden sich ähnliche Ergebnisse wie bei Wechselspannung; ein Polaritätseinfluß ließ sich nicht merken; bei Gleichspannung dagegen waren diese Gesetzmäßigkeiten gar nicht erfüllt; im inhomogenen elektrischen Felde lagen die Durchschlagspannungen in einigen Fällen sogar höher als im homogenen. Die Feldverteilung mußte hier durch Raumladungen vollkommen entstellt sein. — Es muß aber ausdrücklich davor gewarnt werden, die an Glas gewonnenen Resultate kurzweg für andere Isolatoren zu verallgemeinern. So zeigten einige weitere Versuche an Porzellan, daß die Durchschlagspannung bei diesem Stoff keineswegs eindeutig durch die maximale Feldstärke bestimmt wird. Die Inhomogenitäten des elektrischen Feldes spielen bei Porzellan überhaupt eine bedeutend kleinere Rolle als bei Glas. (L. Inge u. A. Walther, Arch. El. Bd. 24, H. 1, S. 88.)

Werkstatt und Baustoffe.

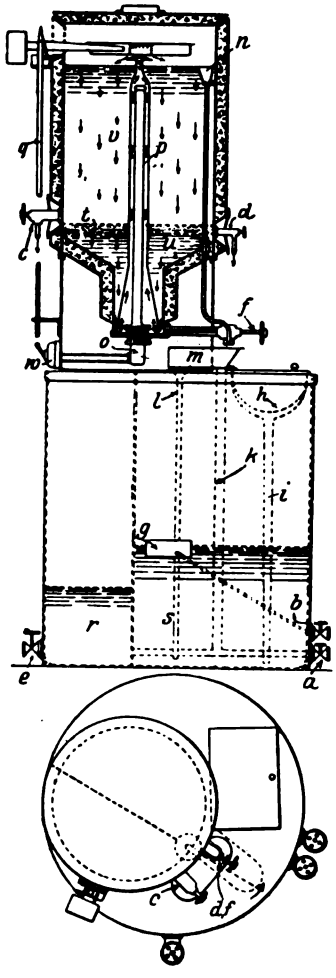
Elektrischer Ölreiniger. — Bei dem in Abb. 11 dargestellten Apparat der Messrs. Preston, Stallard and Co., London, wird die Ölreinigung durch kreisendes Wasser vorgenommen. Es sind zwei Behälter vorhanden. Der untere besteht aus zwei Abteilungen, die zur Aufnahme des schmutzigen und des gereinigten Öles bestimmt sind, während sich in dem oberen der eigentliche Waschvorgang vollzieht. Der Wasserkreislauf wird durch eine elektrische Heizvorrichtung bewirkt, die sich innerhalb des in der Mitte des oberen Behälters angebrachten Rohres befindet.

Das schmutzige Öl wird durch ein Sieb *h* im unteren Behälter eingefüllt und durch ein Rohr *i* bis nahe auf den Grund geleitet, wo sich die gröbsten Verunreinigungen wie Kohle und Wasser absetzen; das reinere Öl steigt nach oben. Wasser und Niederschläge werden je nach Bedarf durch das Ventil *a* abgezogen. Das teilweise gereinigte Öl wird durch das Ventil *b* abgelassen, um in den oberen Behälter gefüllt zu werden. Dem Ventil *b* wird das Öl durch ein bewegliches Rohr zugeführt, das am Schwimmer *g* befestigt ist.

Der Waschprozeß vollzieht sich in der Weise, daß zunächst der obere Behälter bis zum Ventil *d* mit Wasser gefüllt und dann das vorgereinigte Öl bis zum Überlauf *n* nachgefüllt wird. Die in der Mitte befindliche Röhre *p* verengt sich an der Spitze und besitzt unten eine Erweiterung. In der Mitte befindet sich, wie schon erwähnt, das Heizelement *o*. Der ringförmige Raum zwischen Heizelement und Rohrwand wird mit Wasser ausgefüllt, so daß letzteres nach Einschaltung der Heizung nach oben steigt und über eine dort angebrachte Scheibe auf den Ölspiegel niederfällt. Indem das Wasser im Öl zu Boden sinkt, nimmt es die Verunreinigungen auf. Der Heizprozeß wird 3 ... 4 h lang fortgesetzt; 9 h sind zur Abkühlung des Öles erforderlich. Der Schmutz sammelt sich oben auf dem Wasser. Eine selbsttätige Ausschaltung der Heizung erfolgt bei 82,2 °. Bei dieser Temperatur spritzt das in der Röhre aufsteigende Wasser oben in einen Teller, der an einem drehbaren Hebel befestigt ist und von einem außen angebrachten Gegengewicht in der Waage gehalten wird. Durch das Gewicht des Wassers

Digitized by Google

dreht sich der Hebel und betätigt mittels einer außen angebrachten Stange q den Schalter w für das Heizelement. Bei einer neuen Füllung des Behälters muß der Schalter natürlich wieder eingeschaltet werden.



a, b, c, d, e, f Ventile
g Schwimmer
h Sieb
i, k, l, p Rohre
m schwenkbarer Trichter
n Überlauf
o Heizelement
q Stange
r reines Öl
s schmutziges Öl
t Schmutz
u Wasser
v vorgereinigtes Öl
w Schalter

Abb. 11. Ölreiniger.

Sobald das Öl kalt ist, wird das Ventil d geöffnet, die Rückstände fließen in einen schwenkbaren Trichter m und von dort durch ein Rohr k in den Behälter für das unreine Öl. Dasselbe Rohr nimmt auch das aus dem Ventif f abfließende Wasser und das aus dem Überlauf e sowie das aus dem Ventil c abfließende Öl auf. Im letzteren Falle muß der Trichter aber gedreht werden, so daß das gereinigte Öl durch ein besonderes Rohr l in den Reinölbehälter fließt. Die Ventile c, d, f sind, um die Zeichnung nicht undeutlich zu machen, im Schnitt nicht in ihrer richtigen Lage gezeichnet. Sie sitzen in Wirklichkeit an den aus der Aufsicht ersichtlichen Stellen. (Engg. Bd. 128, S. 217.) *Ka.*

Verschiedenes.

Ingenieurausbildung in Amerika. — In den V. S. Amerika mit ihren rd. 120 Mill Einwohnern bestehen im ganzen beinahe 600 öffentliche und private Hochschulen mit über 300 000 Studierenden und mehr als 3000 Lehrkräften. Sie nennen sich „University", „College" oder „Institute" ohne deutlich erkennbaren Unterschied und weisen, entsprechend den großen Abstufungen in der Vorbildung und Aufnahmefähigkeit der zuströmenden Studenten, eine außerordentliche Mannigfaltigkeit in Aufbau, Lehrplan und Lehrziel auf. Sie wissen der schwierigen Aufgabe gerecht zu werden, die aus den verschiedenartigsten Elementen zusammengesetzte studierende Jugend für den künftigen Beruf heranzubilden. Dabei legen sie das Schwergewicht nicht auf die intellektuelle Ausbildung; sie sind durchweg mehr Erziehungs- und Unterrichtsanstalten als Forschungsstätten. Der Forschungs- und Entwicklungsarbeit auf technischem Gebiete dienen außerhalb der Hochschulen etwa 600 große technische Versuchs-, Untersuchungs- und Prüfanstalten, die hauptsächlich von industriellen Unternehmungen, zum Teil jedoch auch aus öffentlichen Mitteln unterhalten werden.

Unter den technischen Leistungen der V. S. Amerika ragt die Elektrotechnik und innerhalb dieser wieder die Nachrichtentechnik besonders hervor. Die Gesamtzahl der in der Telegraphie, Telephonie und Radiotechnik beschäftigten Personen dürfte mehr als 2 Mill betragen. Es muß für einen jährlichen Nachwuchs von 2000 ... 3000 Ingenieuren gesorgt werden, unter ihnen einer großen Anzahl von Spezialisten ersten Ranges. Um diesen Nachwuchs zur Erfüllung der großen Aufgaben der Technik zu befähigen, wirken neben den Hochschulen in vorbildlicher Weise die großen Unternehmungen an der Ausbildung mit. Sie halten im Winter Unterrichtskurse ab, die den Lehrstoff sehr gründlich behandeln und mit Prüfungen und Zeugnissen abschließen. Daneben besteht eine weitgehende Zusammenarbeit der Industrieunternehmungen mit den Unterrichtsanstalten, indem gewisse Unterrichtsgegenstände im gemeinsamen Einvernehmen festgesetzt und selbst mehrjährige Ausbildungskurse veranstaltet werden, die sich zum Teil in der Fabrik und im Betrieb, zum Teil in Laboratorien und auf der Universität abspielen. Alle technischen Universitäten veranstalten dauernd „Evening"-Kurse für im Beruf stehende „graduierte" Ingenieure, wobei über die letzten Fortschritte auf den verschiedensten Wissenszweigen nicht nur Bericht erstattet, sondern auch Unterricht erteilt wird. Durch Beteiligung an diesen Kursen und Ablegung strenger Prüfungen oder Ablieferung von selbständig durchgeführten Untersuchungsarbeiten kann zu dem sonst das Studium abschließenden „Bachelor"-Grad der eines „Masters" erworben werden.

Das Bewußtsein, daß die eigentliche Ausbildung des Ingenieurs erst nach Absolvierung seiner Hochschulstudien beginnt, ist drüben stark ausgebildet. So besteht z. B. bei der General Electric Co. in Schenectady ein zweijähriger Kursus zur Weiterbildung von Elektroingenieuren, der durch die dortige technische Universität, das „Union College", abgehalten und „The Union College Graduate Course" genannt wird. Ferner wird, um Spezialisten heranzubilden, die gleichzeitig die gesamten theoretischen physikalisch-mathematischen Grundlagen der Ingenieurwissenschaft beherrschen, ganz auf Kosten des Unternehmens der „Advanced Course in Engineering" abgehalten, der auf drei Jahre angesetzt ist, für einzelne aber schon nach dem ersten Jahre ein Ende findet. Dieser Fortbildungskursus ist nur einer ganz beschränkten Zahl, etwa 40 Ingenieuren zugänglich, die unter den befähigtsten ausgesucht werden. Nach dem ersten Jahr wird durch Siebung die Anzahl der Teilnehmer auf die Hälfte vermindert, und es beginnt die Schulung und Ausbildung in Spezialfächern, wobei drei Gruppen gebildet werden: für Maschinenbau, Elektrotechnik und Hochfrequenztechnik.

Die Ingenieure sollen bekanntlich nicht nur eine gründliche theoretische Grundlage sondern auch Verständnis für die Bedürfnisse und Aufgaben der Praxis besitzen. Erstere kann nur auf der Schule, letztere nur durch Betätigung im Berufe erworben werden. Um diesem Bedürfnis entsprechend den Studierenden die Möglichkeit zu eröffnen, sich abwechselnd auf der technischen Universität und im praktischen Beruf zu betätigen, hat man die „Cooperative Courses" eingerichtet, an denen neben den technischen Universitäten einzelne besonders große, gut organisierte, den öffentlichen Interessen dienende Unternehmungen mitwirken. Die Ausbildung in diesen Kursen beginnt mit dem dritten Studienjahr und dauert drei Jahre; während der ganzen Dauer des Kurses hat der Student bei dem Industrieunternehmen zu verbleiben, für das er sich beim Eintritt entschieden hat; besonders wichtig ist, daß den Teilnehmern auch während der praktischen Tätigkeit ihre Hochschullehrer stets zur Seite stehen. Ein Beispiel solcher Kurse bildet der „Electrical Engineering Cooperative Course" an dem Massachusetts Institute of Technology in Cambridge (bei Boston). Die mitwirkenden Industrieunternehmungen sind: die General Electric Co., der Bell-Konzern, die Bostoner Hoch- und Untergrundbahngesellschaft, die Edison Electric Illuminating Co. in Boston und die Ingenieurfirma Stone & Webster, die technische Projekte aller Art ausführt. Von den 50 ... 60 Bewerbern werden etwa die Hälfte zugelassen und in zwei Gruppen A und B geteilt, die abwechselnd je drei Monate in der Fabrik und im Institut tätig sind. Durch regelmäßige Berichte über Tätigkeit, Beobachtungen, Erfolge, Mißerfolge wird die Arbeit der Studenten überwacht. Die Studenten werden so bezahlt, daß sie sich bei bescheidenen Ansprüchen ohne Zuschüsse erhalten können; sie haben auch Gelegenheit zu Sonderverdienst. Die Kurse verkörpern eine innige Zusammenarbeit von Hochschule und Industrie, die wertvolle gegenseitige Anregungen und Beeinflussungen mit sich bringt. Sie ergeben eine vortreffliche Ausbildung der Studierenden und schaffen die Möglichkeit, den einzelnen Teilnehmern entsprechend ihrer unter der dauernden Anleitung und Beobachtung hervorgetretenen Sonderveranlagung eine Spezialausbildung zuteil werden zu lassen und so den rechten Mann für die rechte Stelle vorzubereiten. (Petritsch, Europ. Fernspr. 1930, H. 17, S. 139.) *Bkm.*

Verein Beratender Ingenieure. — Der Verein Beratender Ingenieure E. V. (VBI) hat gemäß Beschluß seiner Hauptversammlung vom 31. VIII. 1930 seinen Sitz von Hamburg nach Berlin verlegt. Die Adresse lautet nunmehr Berlin-Lichterfelde (W), Weddigenweg 40.

Digitized by Google

Energiewirtschaft.

Gestehungs- und Betriebskosten von Wasserkraftanlagen[1]. — Die Gestehungskosten von Wasserkraftanlagen sind außerordentlich mannigfaltig, je nach der ausgenutzten Wassermenge, dem Gefälle und der Ausbaugröße (Niederdruck-, Hochdruck-, Lauf-, Spitzen-, Speicherwerke); die in jedem Einzelfalle verschiedenen Naturbedingungen sind bestimmend, Kostenvergleiche daher weit schwieriger als bei kalorischen Anlagen. Trotzdem verlangt die praktische Energiewirtschaft einfache Vergleichswerte zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit; so entstand schon im Frieden die alte Faustregel: 1 PS darf nicht mehr als 800 Friedensmark kosten. Ornig untersucht den Geltungsbereich dieser Faustregel und versucht die Aufstellung neuer Vergleichswerte.

Zunächst wird die Wirtschaftlichkeit der für die Anlagekosten maßgebenden Faktoren besprochen. Das Verhältnis $\frac{\text{Kanallänge}}{\text{Flußlänge}}$ gibt ein Maß der durch die künstliche Wasserführung erzielten Abkürzung des natürlichen Flußlaufes, das Verhältnis $\frac{\text{Rohgefälle}}{\text{Länge der Triebwasserführung}}$ den Gefällsgewinn je 1 km Wasserführung. Die Ausbaugröße kann bei Laufwerken auf langjährige „Dauerlinien" bezogen werden, für Speicherwerke ist der „Ausbau" $= \frac{\text{Ausbauwassermenge}}{\text{mittlere Betriebswassermenge}} = \frac{\text{Höchstbelastung}}{\text{Mittelbelastung}}$ ein Maß. Laufwerke erreichen einen Ausbau bis 1,5, Spitzenwerke 2 ... 3, Speicherwerke 3 ... 9.

Für die Betriebskosten ist der Nutzungsgrad des Arbeitsvermögens von ausschlaggebender Bedeutung. Die Größe der Anlagen und der einzelnen Maschinensätze wächst, deren Zahl sinkt. Die Jahreskosten betrugen bei Großanlagen vor dem Kriege und betragen noch heute in der Schweiz bei Hochdruckanlagen etwa 9 ... 10 %, bei Niederdruckanlagen 10 ... 12 % der Anlagekosten; für unsere derzeitigen Verhältnisse (erhöhter Gelddienst, jedoch für Anlagen nach dem österreichischen Elektrizitätsförderungsgesetz zunächst Steuerbefreiung) erhöhen sich diese Werte um etwa 2 %.

Beim Kostenvergleich kann man Anlagekosten auf die Ausbauleistung = Installation (RM/kW$_{max}$), auf die mittlere Jahresleistung $= \frac{\text{Arbeitsvermögen}}{8760}$ (RM/kW$_{mittel}$) oder, was auf dasselbe hinauskommt, auf die Produktionsmöglichkeit = Arbeitsvermögen (Pf/kWh) beziehen. Der übliche Bezug der Anlagekosten auf die Ausbauleistung gibt nur bei Laufwerken mit niederem „Ausbau" ein hinreichendes Bild. Ähnlich lassen sich die Betriebskosten (Pf/kWh) auf die mögliche (brutto) Produktion = Arbeitsvermögen oder auf die erreichte (netto) Produktion beziehen. Es ergeben sich etwa folgende Grenzwerte[2]:

Werke	Anlagekosten RM/kW$_{max}$	Anlagekosten RM/kW$_{mittel}$	Anlagekosten Pf/kWh	Betriebskosten brutto Pf/kWh	Betriebskosten Nutzung %	Betriebskosten netto Pf/kWh
Laufwerke	600...1000	700...1200	8...15	0,9...2,0	(etwa 70)	1,3...2,9
Spitzenfähige Niederdruckwerke	650...1000	1000...1500	12...18	1,5...2,5	(„ 80)	1,9...3,1
Spitzenfähige Hochdruckwerke	650...4000	700...1800	12...20	1,5...2,5	(„ 85)	1,8...2,9
Speicherwerke	300... 550	1800...4800	18...60	2,0...6,0	(„ 90)	2,2...7,0

Die eingangs erwähnte einfache Faustregel müßte daher für die mannigfachen Werkstypen der modernen Verbundwirtschaft etwa wie folgt lauten:

Obere Grenzen der Gestehungskosten günstiger Wasserkraftanlagen.

Werke	Anlagekosten RM/kW$_{max}$	Anlagekosten RM/kW$_{mittel}$	Anlagekosten Pf/kWh	Betriebskosten brutto Pf/kWh	Betriebskosten netto Pf/kWh
Laufwerke[3]	900[3]	1200	15	1,8	2,4
Spitzenfähige Niederdruckwerke	900	1500	15	1,8	2,0
Spitzenfähige Hochdruckwerke	600[3]	1800	18	2,0	2,3
Speicherwerke	—	etwa 3500	etwa 35	—	6...7

[1] Aus einem von Ing. Dr. J. Ornig, Graz, im Außeninstitut der T. H. Wien gehaltenen Vortrag. El. u. Maschinenb. Bd. 48, 1930, S. 592, 308.
[2] Die Werte des Originalberichtes sind von Schilling auf Reichsmark umgerechnet.
[3] v. Millers Reichsversorgungsplan rechnet bei Laufwerken mit 900, bzw. bei Hochdruckwerken mit 500 RM/kW.

In zeichnerischen Darstellungen des Verfassers werden die Jahresbetriebskosten (RM/kW/Jahr) in Abhängigkeit von der Benutzungsdauer der Nennleistung $\frac{\text{(kWh/Jahr)}}{\text{kW}_{max}}$ aufgetragen, wodurch die charakteristischen Qualitätsunterschiede zwischen Lauf-, Spitzen- und Speicherwerken auch in den Gestehungskosten augenscheinlich zum Ausdruck kommen. Ein schräglinniertes Strahlenbüschel läßt gleichzeitig die dazugehörigen Kosten je 1 kWh erkennen.

Weiterer Gegenstand des unter [1] genannten Vortrags war **der wirtschaftliche Wert von Wasserkraftspeichern.** Die große Bedeutung der Energiespeicherung für unsere Produktionskosten berechtigt eine Untersuchung über die Wirtschaftlichkeit von Wasserkraftspeichern vom energiewirtschaftlichen und baulich-technischen Standpunkt. Hinsichtlich der Naturbedingungen für Speicher können nach Ornig folgende Vergleichswerte dienen: Für die topographischen Verhältnisse $\frac{I}{Fh} = \frac{\text{Speicherinhalt (m}^3\text{)}}{\text{überstaute Fläche (m}^2\text{)} \times \text{Stauhöhe (m)}}$ als Güte der Bodenform; die Werte schwanken zwischen 0,2 bis 0,5, meist zwischen 0,25 ... 0,4. Für die Gunst der Auflagerung und Einbindung $\frac{\text{Aushub (m}^3\text{)}}{\text{Mauerinhalt (m}^3\text{)}}$, also der Anteil des erforderlichen Aushubes zur Kubatur des Sperrenkörpers; die Werte schwanken zwischen 0,6 ... 0,1, Mittelwert etwa 0,3. Für die Sparsamkeit des Materialaufwandes bei Schwergewichtsmauern $\frac{\text{Mauerhöhe (m)}}{\text{Mauerbasis (m)}}$ = Schlankheitsgrad; die Werte schwanken zwischen 0,88 ... 0,72, Mittelwert 0,75; sie sinken bei Bogenmauern bis auf 0,1. Was die Masse des Sperrenkörpers (Mauerinhalt) im Verhältnis zum Beckeninhalt und -arbeitsvermögen betrifft, so ergeben sich die Werte: $\frac{I}{M} = \frac{\text{Beckeninhalt (m}^3\text{)}}{\text{Mauerinhalt (m}^3\text{)}}$ = Beckeninhalt je 1 m³ Mauerinhalt und $\frac{E}{M} = \frac{\text{Arbeitswert des Beckeninhaltes (kWh)}}{\text{Mauerinhalt (m}^3\text{)}}$ = Arbeitsvermögen je 1 m³ Mauerinhalt. Beide Werte liegen bei großen Mauern im Gebirge meist über 100, bei kleineren sinken sie auch unter die Hälfte. Bewertet man den Bauaufwand der Mauern je 1 m³ Inhalt, welcher bei Schwergewichtsmauern in ziemlich engen Grenzen schwankt, mit rd. 60 RM, so lassen sich die gegenseitigen Beziehungen aus folgender Zahlentafel erkennen (gekürzte Wiedergabe des Originals):

$\frac{I}{M}$	1 m³ Wasser kostet Pf (Bauaufwand)	Gefälle 500 m	Gefälle 100 m	Gefälle 50 m
		1 kWh kostet (Bauaufwand) Pf		
500	0,12	0,12	0,6	1,2
100	0,6	0,6	3,0	6,0
50	1,2	1,2	6,0	12,0

Die Betriebskosten der Kilowattstunde betragen ohne Anteil der Wasserführung und Kraftwerkseinrichtung etwa 10 ... 12 % hiervon (s. oben Gestehungs- und Betriebskosten).

Die energiewirtschaftliche Rolle des Speichers ist für den Grad des Bauaufwandes bestimmend: hohe Baukosten bei niederen Gefällen und ungünstigem Speicherinhalt bedingen einen mehrfachen „Umsatz" des Speichers während des Jahres, sind daher nur bei Tages-, allenfalls noch Wochenspeichern gerechtfertigt. Ein praktischen Verhältnissen entnommenes Rechnungsbeispiel macht diese Zusammenhänge deutlich. Als wirtschaftliche Grenzwerte der Zulässigkeit werden gefunden:

Tagesspeicher bei $I/M = 80$ und einem Gefälle von 25 m
Wochenspeicher „ $I/M = 80$ „ „ „ „ 100 „
Jahresspeicher „ $I/M = 55$ „ „ „ „ 250 „
Winterspeicher „ $I/M = 200$ „ „ „ „ 500 „.

O.

Digitized by Google

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Einladung

zur gemeinsamen Sitzung des Elektrotechnischen Vereins e. V. und der Heinrich-Hertz-Gesellschaft zur Förderung des Funkwesens e. V. am Dienstag, dem 2. Dezember 1930, abends 7½ Uhr, in der Aula der Technischen Hochschule, Charlottenburg.

Tagesordnung:

1. Vortrag des Herrn Dr.-Ing. W. Runge: „Untersuchungen an amplituden- und frequenzmodulierten Sendern".
2. Vortrag des Herrn Dr.-Ing. A. Gothe: „Neuere Messungen an Kurzwellen-Richtantennen".

Diese Vorträge konnten wegen Mangels an Zeit in der außerordentlichen Sitzung des Elektrotechnischen Vereins und der Heinrich-Hertz-Gesellschaft am 21. Oktober 1930 nicht gehalten werden.

Einlaß in den Vortragsaal gegen Vorzeigung der Mitgliedskarten. Auf den Namen ausgestellte Gastkarten für eingeführte Gäste werden bei Vorausbestellung bis 30. November von der Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, ausgegeben.

Nachsitzung im „Grand-Hotel am Knie", Charlottenburg, Bismarckstr. 1.

Heinrich-Hertz-Gesellschaft zur Förderung des Funkwesens e. V.	Elektrotechnischer Verein e. V.
Der Vorsitzende:	Der Vorsitzende:
K. W. Wagner.	Dr.-Ing. Feyerabend.

Besprechung des Vortrages[1]

des Herrn Dr.-Ing. Rudolf Mayer:

Selbsterregte Schwingungen in Kreisen mit veränderlichen Selbstinduktionen.

Vorsitz: Herr Professor Dr.-Ing. Kloß.

Herr Rüdenberg: Es wird vielleicht interessieren, daß wir im Maschinenversuchsfeld der Siemens-Schuckertwerke vor etwa 10 Jahren bei Gelegenheit von Selbsterregungsversuchen ähnliche Schwingungen beobachtet haben, wie sie Herr Dr. MAYER heute beschrieben hat. Wenn ich mich recht entsinne, hatten wir eine Asynchronmaschine kapazitiv belastet, um sie auf Selbsterregung zu bringen, wenn die Kapazität mit den Induktanzen des Stromkreises in Resonanz zur Umdrehungsfrequenz war. Wegen der Eisensättigung der Maschine hatte der Stromkreis eine ähnliche Charakteristik, wie es Dr. MAYER dargelegt hat. Es gelang uns aber nicht, eine konstante Amplitude zu erzielen, sondern dieselbe schwankte regelmäßig etwas hin und her. Eine ähnliche Erscheinung soll auch vor kurzem in einer großen italienischen Fernübertragung mit Asynchronmaschinen aufgetreten sein.

Ich vermute, daß diese Schwankungserscheinungen der Wechselstromamplitude ähnlich den Duddellschen Schwingungen eines Gleichstroms auftreten, wenn die Kaufmannschen Stabilitätsbedingungen nicht vollständig erfüllt sind. Als Energiespeicher für die Amplitudenschwingungen dürfte hier das Magnetfeld des eisengesättigten Generators dienen, das nicht den Wechselstromschwingungen, sondern nur den Amplitudenschwankungen folgt.

Ferner möchte ich noch erwähnen, daß wir Ober- und Unterschwingungen in gesättigten Kreisen ebenfalls in der Praxis beobachtet haben, einmal sogar sehr störend. Es bildete sich eine starke 5. harmonische Schwingung in einem Überlandnetz aus, die etliche Einankerumformer zum Feuern brachte. Wir haben dies einwandfrei auf die Sättigung der speisenden Transformatoren zurückgeführt, durch deren Magnetisierung ein Oberwellenstrom erzeugt wird, der bei hoher Sättigung das ganze Netz stark verseuchen kann. Hierüber ist von meinem Assistenten Dr. FRIEDLÄNDER eine Arbeit in den Wiss. Veröff. Siem.-Konz. Bd. 7, H. 2, S. 1, erschienen.

Herr Janowsky: Es würde mich interessieren zu erfahren, wie der Spannungsverlauf an der Drossel gewesen ist. War die Sättigung so stark, daß die Spannung nur ganz kurzzeitig und als Spannungspitze auftrat?

Vortragender: Bei den Erscheinungen, die bei Hochfrequenzmaschinensendern beobachtet worden sind, war die Sättigung sehr stark. Die magnetisierenden Amperewindungen hatten die Größenordnung von Hunderten von Amperewindungen. Theoretisch ist es übrigens dasselbe, ob es sich um Spannungspitzen oder um Verzerrungen infolge der Krümmung der Magnetisierungskurve handelt. Nach FOURIER lassen sich diese beiden Erscheinungen ineinander überführen. Es besteht daher kein grundsätzlicher Unterschied zwischen der Erzeugung höherer Harmonischer durch kurzzeitige Spannungspitzen oder durch eine gekrümmte Magnetisierungskurve.

Herr Janowsky: Ich möchte darauf hinweisen, daß im Institut für Schwachstromtechnik in Dresden für den Fall starker Sättigung, wobei die Ummagnetisierung des Wandlers in kurzer Zeit erfolgt, eine anschauliche Erklärung für die Frequenzvervielfachung und -erniedrigung ausgearbeitet worden ist. Wenn der Primär- und Sekundärkreis durch den Wandler gekoppelt sind, dann fließt in diesem die Summe der beiden Ströme. Ist der Strom niederer Frequenz größer als der höherer, dann erfolgt die Ummagnetisierung des Wandlers in dieser tieferen Frequenz und die Spannungspitzen enthalten sie als Grundschwingung. Durch die ebenfalls in den Spannungspitzen enthaltenen höheren Harmonischen wird in dem auf eine von diesen abgestimmten Kreis der Strom höherer Frequenz aufrecht erhalten. Diese Erklärung ist auch auf die Frequenzerniedrigung ausgedehnt worden. Sobald nämlich der Strom niederer Frequenz im Sekundärkreis den höherer Frequenz im Primärkreis überwiegt, liegen für den Wandler die gleichen Verhältnisse vor, nur erfolgt in diesem Fall die Energieübertragung von der Oberschwingung zur Grundschwingung. Der Strom- und Spannungsverlauf läßt sich in beiden Fällen rechnerisch verfolgen, wenn man den Wandler als einen während der Ummagnetisierung geöffneten, während der übrigen Zeit geschlossenen Schalter betrachtet. Die beiden Arbeiten sind vor etwa einem Jahr erschienen[1].

Vorsitzender: Ich möchte Herrn Professor RÜDENBERG fragen, ob in dem von ihm erwähnten Fall es sich auch um eine Schaltung mit zwei gekoppelten Kreisen gehandelt hat, ähnlich der im Vortrag behandelten.

Herr Prof. Rüdenberg: Es war nur eine dreiphasige Kapazität, zum Teil über Drosselspulen an einen fremd angetriebenen Asynchronmotor geschaltet. Wenn man eine geringe Gleichstromerregung in dessen Läufer treibt, so kann man eine fallende Charakteristik erzielen, die die von Herrn Dr. MAYER beschriebenen Wirkungen auslöst.

Herr Friedländer: Zur Frage der Frequenzerniedrigung wird vielleicht eine Arbeit von VAN DER POL interessieren, die vor einigen Jahren veröffentlicht wurde[2]. Dort wird angegeben, daß bei der Entstehung einer Frequenz durch Transformation aus einer anderen in einen Wechselstromkreis stets eine zweite zugeordnete Frequenz ω_2 erzeugt werden kann, welche mit der Betriebsfrequenz ω_0 und deren Oberwelle ω_1 in einem Zusammenhang von der Form $\omega_0 = \frac{\omega_1 + \omega_2}{2}$ steht. Wenn man z. B. durch einen Gleichrichter in einem Wechselstromnetz eine Frequenz $\omega_1 = 0$ erzeugt, so tritt zugleich auch immer die Frequenz 2ω daneben auf. In der gleichen Weise soll man auch die Erscheinungen bekandeln können, über die wir heute von dem Vortragenden gehört haben[3].

[1] ETZ 1930, S. 1645.

[1] Kramar, Jahrb. drahtl. Telegr. 1928, S. 10. Janowsky, Jahrb. drahtl. Telegr. 1929, S. 81.

[2] Experimental Wireless & Wireless Engineer 1926 oder Polytechnisch Weekblad v. 19. XI. 1925.

[3] Leider fehlt jedoch der weitere Beweis.

Digitized by Google

Zur übersichtlichen Beurteilung der durch Eisensättigung in Netzen auftretenden Oberwellen wird vielleicht ein ganz einfaches Ersatzschema von Interesse sein, an dem man sich die Resonanzanregung von Oberwellen in Hochspannungsnetzen leicht klarmachen kann. Abb. 1 zeigt ein allgemeines Schema einer Kraftübertragungsanlage. Berücksichtigt man, daß ein Generator, welcher eine rein sinusförmige EMK besitzt, für die Oberwellen lediglich mit einer Ersatzinduktivität L_1 in Erscheinung

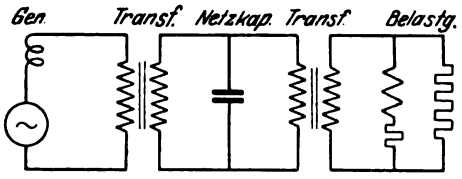


Abb. 1.

tritt, so entsteht zunächst ein Ersatzschema für den Oberwellenstromkreis (Abb. 2), welches außer den die Oberwellen erzeugenden Transformatoren einen durch Dämpfungswiderstände belasteten Stromresonanzkreis aufweist. Dieses Schema läßt sich nun bei reiner Resonanzbelastung durch ein noch einfacheres ersetzen, das in Abb. 3 dargestellt ist. Die interessierende Oberwelle im Magnetisierungstrom der Transformatoren kann man sich hier vorstellen als von einem „Konstantstromerzeuger" herrührend, der analog bzw. reziprok dem uns gewohnten Konstantspannungserzeuger einen unendlich hohen Widerstand besitzt und demgemäß dem Resonanzkreis einen gegebenen Strom von nahezu seiner Eigenfrequenz aufzwingt. Dieser Strom ist mit der entsprechenden Oberwellenkomponente im Magnetisierungstrom der Transformatoren identisch. Man kann sich leicht ausrechnen, daß hierbei beträchtliche Verzerrungen der Spannungskurve auch bei rein sinusförmiger Generatorspannung zustande kommen können[4].

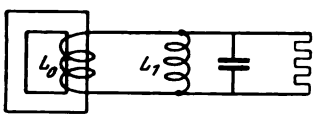


Abb. 2.

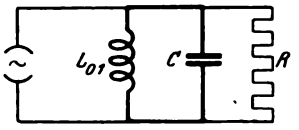


Abb. 3.

Für die Erzeugung von Frequenzen, welche niedriger sind als die aufgedrückte Netzfrequenz, möchte ich noch ein Analogon aus dem Gebiet der Lichtbogen- und Glimmentladungen anführen. Wir haben vor mehreren Jahren im elektrischen Laboratorium des Herrn Geheimrat ORLICH an der hiesigen Technischen Hochschule folgenden Versuch gemacht: Eine Glimmlampe G wurde zunächst in der bekannten Blinkschaltung mit parallelgeschaltetem Kondensator C und Vorwiderstand R an eine Gleichspannung gelegt. Die Frequenz des hierbei entstehenden nicht harmonischen Schwingungsvorganges[5] hängt sehr von der Spannung ab, die man an das System anlegt. Überlagert man nun z. B., wie in Abb. 4 angedeutet, der Gleichspannung eine kleine Wechselspannung, so synchronisiert sich die Kippschwingung auf den nächstliegenden ganzzahligen Teilbetrag bzw. das nächste ganzzahlige Vielfache der aufgedrückten Frequenz. Über solche Schwingungen ist unabhängig voneinander von VAN DER POL und VAN DER MARK[6] und HUDEC[7] berichtet worden. In der letztgenannten Arbeit sind diese Vorgänge speziell für Hochvakuum-Röhrenschaltungen und unter besonderer Berücksichtigung von einigen technischen Anwendungsmöglichkeiten ausführlich behandelt worden. Ich glaube, daß diese Erscheinungen mit den von Herrn Dr. MAYER gezeigten gleichfalls viel Ähnlichkeit besitzen.

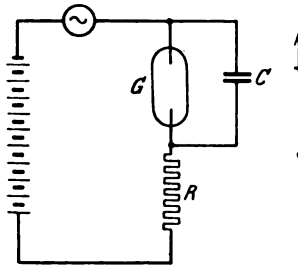


Abb. 4.

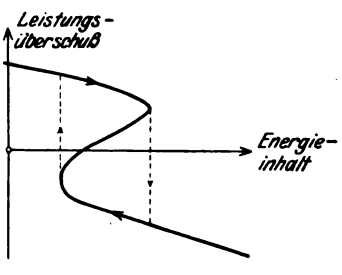


Abb. 5.

Das Auftreten von Amplitudenschwankungen in Eisen-Kippresonanzkreisen läßt sich möglicherweise in ganz ähnlicher Art behandeln wie die bereits erwähnten Kippschwingungen in Gleichstromkreisen. Man kann für derartige Vorgänge eine Normalform entwickeln, indem man den Leistungsüberschuß der energieliefernden Stromquelle auf Grund der charakteristischen Daten der Anordnung in Abhängigkeit von dem Energieinhalt des in der Schaltung enthaltenen Energiespeichers angibt. Man kommt dann auf eine Charakteristik (Abb. 5), welche die Notwendigkeit periodischer Vorgänge in dem betreffenden System leicht übersehen läßt. Da bei positivem Leistungsüberschuß im System der Energieinhalt zunehmen, bei negativem dagegen abnehmen muß, entsteht ein periodisch umkippender Energiefluß, dessen Verlauf durch die Pfeile angedeutet ist. Um die Vorgänge, über die Herr Dr. MAYER heute berichtete, in ähnlicher Weise anzufassen, müßte man vielleicht den mittleren Energieinhalt des Schwingungskreises in Beziehung zu derjenigen Größe setzen, die der Herr Vortragende als Überschuß z. B. der zur Verfügung stehenden Spannung (Leistung) über den Spannungsbedarf kennzeichnete. (Beifall.)

Vortragender: Ich habe auch versucht, solche Energiebetrachtungen für die Wechselstromamplituden-Schwingungen durchzuführen. Es ist mir aber leider nicht gelungen; ich konnte hier den Energiespeicher nicht finden, der den langsamen Strompendelungen, um die es sich hier handelt, entspricht. Die Kapazitäten des Stromkreises sind nur Energiespeicher innerhalb der aufgedrückten Perioden, die schnell verlaufen.

Herr **Rüdenberg:** Wenn man die Vorgänge näher betrachtet, so sieht man, daß das Gleichstromfeld der generatorisch oder motorisch wirkenden Maschinen einen Energiespeicher darstellt, dessen Arbeitsinhalt sich nur ändert, wenn die Amplitude des Wechselstromes schwankt. Man kann daher auf dieses Feld und mithin auf die Amplitudenschwankung des Wechselstromes die gleichen Betrachtungen anstellen, die nach dem Vorgang von SIMON, KAUFMANN und DUDDELL für den Verlauf von schwankendem Gleichstrom, z. B. in Lichtbogen mit abfallender Charakteristik, gelten. Da die Ströme des magnetischen Hauptfeldes in der Maschine der Amplitude der elektromotorischen Kraft in der Wechselstromwicklung proportional sind, und da das Feld die schnelle periodische Veränderung des Wechselstromes nicht mitmacht, so erhält man für die Amplitudencharakteristik zwischen Strom und Spannung alle die Gesetzmäßigkeiten über Stabilität und Schwingungen, die man in gewöhnlichen Stromkreisen für Gleichstrom seit langem kennt.

Vorsitzender: Da sich niemand mehr zum Wort meldet, habe ich nur noch Herrn Dr. MAYER für seinen außerordentlich interessanten Vortrag, den er in so klarer Weise uns zu Gehör gebracht hat, den Dank der Versammlung auszusprechen. (Lebhafter Beifall.)

Es handelt sich hier um ein Gebiet, das mit den normalen Betriebsverhältnissen nichts zu tun hat. Die Ausgleichsvorgänge, die sich beim Übergang zwischen zwei Gleichgewichtszuständen abspielen, sind in der Regel die Ursache von Schwingungen, und hierbei ergeben sich Fragen, die heute nicht nur in der Elektrotechnik sondern auch auf allen andern Gebieten der Technik immer größere Bedeutung gewinnen. Deshalb ist es sehr zu begrüßen, wenn solche Ausgleichs- und Schwingungsvorgänge immer tiefer studiert und erfaßt werden. Und dazu hat Herr Dr. MAYER mit seinem Vortrag über selbsterregte Schwingungen heute einen wertvollen Beitrag geliefert. (Lebhafter Beifall.)

Elektrotechnischer Verein.

Der Generalsekretär:

Dr. Schmidt.

[4] Wiss. Veröff. Siem.-Konz. Bd. 7, H. 2, S. 1.
[5] Vgl. Arch. El. Bd. 17, S. 1 u. 103.
[6] Nature 10. IX. 1927.
[7] Diss. Berlin 1927.

Digitized by Google

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker

(Eingetragener Verein).

Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 7 Pallas 7286.
Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 213 12.

Bezug von Einbanddecken für den Jahrgang 1930 der ETZ.

Wir werden mit Abschluß des Jahres 1930 wiederum den Beziehern der ETZ Einbanddecken zur Verfügung stellen.

Die Preise sind die gleichen wie im Vorjahr und werden 2,20 RM für den Halbjahr-Band einschließlich Versandkosten betragen.

Bestellungen erbitten wir schon jetzt aufzugeben, damit rechtzeitige und pünktliche Lieferung gesichert ist.

Die Bestellung kann erfolgen durch Einzahlung auf unser Postscheckkonto, Berlin 213 12 (Versandanschrift genau aufgeben, ebenso Vermerk beifügen „ETZ-Einbanddecke") oder durch schriftliche Bestellung. In letzterem Falle erfolgt der Versand durch die Verlagsabteilung des VDE, Berlin W 57, Potsdamer Str. 68, unter Nachnahme.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

Bekanntmachung.

Anerkennung der Vorschriften für die Errichtung und den Betrieb von Starkstromanlagen (V.E.S. 1./1930 und V.E.S. 2./1930).

Der Herr Reichsarbeitsminister hat folgendes Schreiben an den Verband Deutscher Elektrotechniker gerichtet:

Der Reichsarbeitsminister
III a Nr. 11 361/30.
Berlin NW 40, den 6. Oktober 1930.
Scharnhorststr. 35.

An
den Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Berlin W 57.

Betr.: Anerkennung der neuen Vorschriften für die Errichtung und den Betrieb von Starkstromanlagen.

Im Anschluß an mein Schreiben vom 14. Februar 1930 (Geschäftszeichen III a 1905) teile ich ergebenst mit, daß nach den jetzt vollständig vorliegenden Mitteilungen die Länderregierungen die neuen Vorschriften für die Errichtung und den Betrieb von Starkstromanlagen in dem bisher von ihnen geübten Maße als gültige Regeln der Wissenschaft und Technik anerkannt haben.

Im Auftrag:
gez.: Dr. Feig

SITZUNGSKALENDER.

Dresdner Elektrotechn. Verein. 27. XI. 1930, abds. 7½ h, Gr. Hörsaal des Elektrot. Inst. der T. H., Helmholtzstr. 9: Vortrag Dr.-Ing. Lang, „Die Stahlbeton-Leitungsmasten, System Kisse".

Elektrotechn. Verein des Berg. Landes, Elberfeld. 2. XII. 1930, abds. 8 h, Wuppertal-Elberfeld, „Saal der Technik", Alexanderstr. 18: Vortrag Obering. E. Fr. Russ, „El. Öfen zum Schmelzen und Glühen".

Berl. Bezirksverein deutscher Ingenieure (zus. mit dem Außeninstitut der T. H. und dem Ausschuß für wirtschaftl. Fertigung), Berlin. 1. XII. 1930, Hörsaal 158 der T. H., abds. 6½ ... 8 h: Vortrag G. Duffing, „Berechnung und Gestaltung von Riementrieben".

Physikalische Gesellschaft zu Berlin. 28. XI. 1930, nachm. 5½ h, gr. Hörsaal des Physikal. Inst. der Universität, Reichstagsufer 7/8: a) Vortrag E. Lau, „Über das Multiplex-Interferenzspektroskop und eine Steigerung seines Auflösungsvermögens". b) Vortrag H. Kösters, „Messung der Kontaktpotentiale von Metallen im höchsten Vakuum".

Physikalische Gesellschaft und Deutsche Gesellschaft für technische Physik, Berlin. 5. XII. 1930, abds. 7½ h, gr. Hörsaal des Physikal. Inst. der T. H.: Vortrag F. Born, „Flugverkehrsbeleuchtung".

LITERATUR.

Besprechungen.

Der Einfluß mangelhafter elektrischer Anlagen auf die Feuersicherheit besonders in der Landwirtschaft. Von K. Schneidermann. 5., erw. Aufl. (Erweiterter Sonderabdruck aus ETZ 1923, H. 16.) Mit 47 Textabb., V u. 27 S. in gr. 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1929. Preis geh. 0,70 RM.

Das an sich bekannte Heftchen erscheint jetzt in seiner fünften Auflage mit erweitertem Text. Der Inhalt geht auf einen Vortrag zurück, den der Verfasser im Jahre 1923 in der T. H. Charlottenburg hielt, und der in der ETZ 1923, H. 16 abgedruckt wurde. Damals zeigte sich in erschreckender Weise die nachteilige Wirkung der Auch-Installateure, die besonders in bäuerlichen Betrieben ihrer angeblich billigeren Arbeit wegen gern gesehen wurden. In der heutigen Zeit ist diese schädliche Wirkung freilich nicht mehr in dem Maße vorhanden, aber die Ausführungsformen, welche in zahlreichen Abbildungen als fehlerhaft dargestellt worden sind, heute noch bei den Besitzern besonders kleiner landwirtschaftlicher Betriebe sehr beliebt. Hauptsächlich aus diesem Grunde muß immer noch täglich von seiten der ausführenden Installateure gegen Ansichten angekämpft werden, die den Bestrebungen der Feuerversicherungs-Gesellschaften und des Installationsgewerbes stracks zuwiderlaufen. Bei dieser Arbeit finden die Installateure in den Abbildungen und im Wortlaut der Broschüre eine wirkungsvolle Hilfe und Fingerzeige für richtige Ausführungen. Allerdings überwiesen die abschreckenden Beispiele, und die Vorbilder für richtige Ausführungsformen sind in der Minderzahl. Dennoch kann den Installateuren die Anwendung der Broschüre empfohlen werden. Noch bessere Dienste wären zu leisten, wenn der Verfasser sich entschließen würde, in einer sechsten Auflage ein besonderes Kapital für richtige Ausführungen aufzunehmen und damit positiver zu wirken. K. Krohne.

Anfangsgründe der Wechselstromtechnik. Von Gew.-Studienrat K. Gruhn. Mit 137 Abb. u. zahlr. Übungsbeispielen, VII u. 82 S. in 8°. Verlag Theodor Steinkopff, Dresden u. Leipzig 1930. Preis kart. 5,80 RM.

Das Büchlein behandelt auf 82 Seiten die Anfangsgründe der Wechselstromtechnik ohne die Hilfsmittel der höheren Mathematik. Zur Klarstellung der Beziehungen zwischen den Wechselstromgrößen wird sowohl die vektorielle als auch die symbolische Methode benutzt. Die Ergebnisse der komplexen Rechnung sind durch Vektordiagramme erläutert. Die Darstellung ist geschickt und sachlich im allgemeinen einwandfrei. Bei der Auswahl der Beispiele sind die Gebiete der Meß- und Fernmeldetechnik bevorzugt, so daß die Schrift auch eine geeignete Ergänzung solcher Bücher bildet, die vornehmlich die Starkstromtechnik berücksichtigen.

Die Ausstattung ist gut; nur sind die Abbildungen teilweise durch Überladung mit überflüssigen Linien und unruhige Beschriftung etwas unübersichtlich. Das Buch stellt eine erfreuliche Bereicherung des einschlägigen Schrifttums dar und kann Lesern mit geringer mathematischer Vorbildung zur Einführung in das Gebiet empfohlen werden. G. Haberland.

Die Dauerprüfung der Werkstoffe hinsichtlich ihrer Schwingungsfestigkeit u. Dämpfungsfähigkeit. Von Prof. Dr.-Ing. O. Föppl, Dr.-Ing. E. Becker u. Dipl.-Ing. G. v. Heydekampf. Mit 103 Abb. i. Text, V u. 124 S. in gr. 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1929. Preis geh. 9,50 RM, geb. 10,75 RM.

Außer vielen verstreuten Referaten und vereinzelten, meist vergriffenen Dissertationen waren Mailänders Bericht „Ermüdungserscheinungen und Dauerversuche" (1923) und Lehrs Dissertation „Die Abkürzungsverfahren zur Ermittlung der Schwingungsfestigkeit" (1925) die einzigen deutschen Arbeiten, die das bis dahin vorliegende in- und ausländische Schrifttum über Dauerprüfmaschinen und -verfahren mehr oder weniger vollständig behandelten. Das von O. Föppl und Mitarbeitern verfaßte, Verfahren und Maschinen zur Dauerprüfung von Werkstoffen umfassend behandelnde Werk dürfte daher allgemeinem

Digitized by Google

Interesse begegnen. Die anschauliche, von klaren, die Wirkungsweise der beschriebenen Maschinen schematisch kennzeichnenden Abbildungen unterstützte Darstellung stellt eine wertvolle Ergänzung des Grafschen Werkes „Die Dauerfestigkeit der Werkstoffe und der Konstruktionselemente" dar. Durch Beifügung von Maßskizzen und Angaben für die Bearbeitung der gebräuchlichen Prüfstäbe sowie durch Aufnahme eines ausführlichen Autoren- und Sachverzeichnisses ließe sich der Wert des Werkes für Konstruktion und Materialprüfung leicht erhöhen. Bei einer Neuauflage müßte die vielfach benutzte Amsler-Dauerbiegemaschine mit Sondereinrichtung zur Messung der schwingenden Dehnung Aufnahme finden; anderseits sollten Prüfmaschinen, die aus einem mehrjährigen Versuchstadium nicht herausgekommen sind, nur kurz erwähnt werden.

Die drucktechnische Ausstattung ist die allgemein geschätzte. E. Lasswitz.

Die Entwicklung des deutschen Rundfunks in Zahlen 1923—1930. Zum 5jährigen Bestehen der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft. Herausg. v. d. Reichs-Rundfunk-Gesellschaft, Berlin 1930. Mit 27 S. in 21 × 21 cm.

Dieses zum 5jährigen Bestehen der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft erschienene Heftchen bringt statistisches Material über alles, was mit dem Rundfunk im Zusammenhang steht. Es enthält für den Rundfunkhörer viel Wissenswertes u. a. über die Entwicklung des deutschen Sendenetzes, Senderzahl und Senderleistung, Gliederung der Rundfunkprogramme, Sendespiele und Übertragungen, die Nachrichtendurchgabe durch die „Drahtloser Dienst AG", Steigerung der aktuellen Übertragungen, Austausch von Rundfunkdarbietungen zwischen verschiedenen Ländern, Gliederungsbild einer Rundfunkgesellschaft, Zahl der im deutschen Rundfunk Beschäftigten, Rundfunk-Teilnehmerzahl in Deutschland und auf der Welt, Berufsgliederung der Hörerschaft, Funkvereine, Jahresumsatz der Funkwirtschaft, Zahl der in der Funkindustrie Beschäftigten, Zahl der in Deutschland erscheinenden Funkzeitschriften, Rundfunkbücher, Rundfunk und jährlicher Elektrizitätsverbrauch in Deutschland, die europäische Rundfunkwellenverteilung. Alles Vorgenannte wird bildlich veranschaulicht und gewährt einen ausgezeichneten Überblick über die Organisation des Rundfunks und seine Auswirkungen. Rahlwes.

Die Maschinenelemente. Ein Lehr- u. Handbuch f. Studierende, Konstrukteure u. Ingenieure. Von Prof. Dr.-Ing. F. Rötscher. Bd. 2. Mit 1254 Abb., XX u. 754 S. in 4°. Verlag Julius Springer, Berlin 1929. Preis geb. 48 RM.

Den bereits in dieser Zeitschrift besprochenen ersten Band ergänzt der vorliegende durch die Behandlung des Kurbelgetriebes, des Zapfens, der Kreuzköpfe, Schubstangen, Achsen und Wellen, des Exzenters, der Kupplungen, Lager, Maschinengestelle, Zylinder, Reibräder, Zahnräder, Riementriebe u. dgl., Kettentriebe, Schwungräder und der wesentlichsten Elemente der rotierenden Maschinen. Die grundsätzliche Art der Bearbeitung des Stoffes ist einheitlich den anerkennenswerten Richtlinien des ersten Bandes entsprechend. Nach wie vor werden die Betrachtungen bei gleichzeitiger Berücksichtigung der konstruktiven Linienführung, des Werkstoffes, der Festigkeitsbemessung und der Bearbeitung durchgeführt. Die neuesten Forschungsergebnisse werden durchweg berücksichtigt. Dies empfindet man besonders nützlich z. B. in der Frage der Gleitlager. Dieser zweite Band, dessen Druck und Ausstattung genau so lobenswert sind wie die des ersten, wird sicherlich die allerbeste Aufnahme in Händen sowohl der Studierenden als der praktischen Konstrukteure finden. Es ist das neue Buch der Maschinenelemente. Für die zweite Auflage seien nur die Wünsche gestattet, daß einmal die Elemente der rotierenden Großmaschinen eingehender und ausführlicher, weiterhin die Frage der Schwingungen als nicht seltener konstruktiver Gesichtspunkt ebenfalls behandelt werden möchten. F. László.

Aufgaben aus der Technischen Mechanik. Von F. Wittenbauer. Bd. 1: Allgemeiner Teil mit 896 Aufg. nebst Lösungen. 6., vollst. umgearb Aufl. Herausg. v. Prof. Dr.-Ing. Th. Pöschl. Mit 601 Textabb., VIII u. 356 S. in 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1929. Preis geh. 14.20 RM, geb. 15.60 RM.

Die 6. Auflage der bekannten Aufgabensammlung, deren Vorgängerin[1] 1924 erschien, ist schon äußerlich um 75 Seiten angewachsen, inhaltlich um verschiedene Abschnitte: über zusammengesetzte Fachwerke, über die Mayor-Misessche Abbildung, über den Flächensatz, über die wichtigsten Bewegungsformen eines Körpers um einen festen Punkt und schließlich über Stabilität erweitert worden. Die allgemeine Gliederung in Statik, Bewegungslehre und Dynamik wurde beibehalten, die Zahl der Aufgaben, auch in andern Abschnitten, auf insgesamt fast 900 vermehrt. Mehr als die Hälfte des Bandes nehmen die Lösungen dieser Aufgaben ein. In der Vereinheitlichung der Bezeichnungen, der Verdeutschung der Fachsprache — mehr äußerlichen, aber für den leicht zu beeinflussenden Lernenden keineswegs nebensächlichen Dingen — finden sich gleichfalls Fortschritte. Die anerkennenden Wünsche, die wir der 5. Auflage mit auf den Weg geben konnten, spenden wir der sechsten um so lieber. E. Everling.

[1] Die 5. Auflage haben wir ETZ 1925, S. 1209, besprochen.

Neue Zeitschriften.

Irrigación en México Revista Mensual. Organo de la comision nacional de irrigación. Verlag „Cultura" Mexiko, D. F., República Argentina 5, 1930.

Seit Juni d. J. wird diese Zeitschrift von der mexikanischen Regierung bzw. von dem Nationalkomitee der Bewässerung (comision nacional de irrigación) herausgegeben. Die Frage, ob sie Interesse für den Elektrotechniker hat, muß man insofern einschränkend beantworten, als dieses Interesse sich soweit erstreckt, wie die Errichtung großer Kraftwerke, die in Verbindung mit ungeheuren und zahlreichen hochgelegenen Staubecken zu errichten sind, es angeht; und hier würde es sich um sehr gewaltige Neuschöpfungen mit riesigen elektrischen Anlagen in ihrem Gefolge an zahlreichen Stellen eines absehbaren großen Neulandes handeln.

Was als Beispiel an neuen Wasserkraftanlagen in Bau und Projekt mitgeteilt wird, sind erstklassige Schöpfungen. Unter den Namen der bauenden und entwerfenden Ingenieure findet man die ersten Namen der großen beratenden Ingenieure der V. S. Amerika. Immerhin aber ist bei diesen Bewässerungsanlagen, wie auch der Name schon sagt, die elektrische Kraft erst von sekundärem Interesse. Man muß diese Länder und speziell Mexiko gesehen haben; was hier Bewässerung bedeutet, ist nicht, wie etwa in Deutschland, eine Verbesserung der Bodenkultur und des Pflanzenwuchses, sondern ein Hervorzaubern verschwenderischster üppiger Fülle aus dem reinen Nichts, aus dem sonnenverbrannten Sandboden. Man kennt die Gegenden nicht wieder, wenn man 8 Tage nach Beginn der Regenzeit hindurch kommt. Heute fehlt zur ständigen Bewässerung das wichtigste, das Wasser, das in der Regenzeit in einem Übermaß herniedergeht und in überfüllten Flußtälern in wildem Lauf den beiden Ozeanen zueilt, welche Flußtäler dann in der trockenen Zeit, tief eingeschnitten, meist ganz vertrocknet daliegen. Es ist von Natur also Wasser genug da, man muß es nur in der Regenzeit für das ganze Jahr aufspeichern, wozu sich in den überall nahen Hochgebirgen viele und sehr günstige Gelegenheiten zur Anlage von Talsperren und Sammelbecken größter Abmessung bieten.

Als die Spanier ins Land kamen, war Mexiko ein Waldland, bis hoch in die Kordillere hinauf. Die gewaltigsten „Verbündeten" der Eingeborenen waren damals „das Fieber und der Wald", und deshalb wurde der Wald angezündet, das Klima wurde gesünder, aber auch das Waldland zur Einöde, es regnete nun nur noch halb so viel wie vorher.

In Argentinien ist die früher durch Jahrhunderte regenlose Pampa heute ein reiches Kulturland. Der Regen ist hier der Vegetation gefolgt.

Von der Bedeutung der Irrigation konnte die neue Zeitschrift von dem im Entstehen begriffenen Mexiko natürlich noch keine Ergebnisse mitteilen. Aber aus dem benachbarten Kalifornien, aus den einstigen „Estados aridos", dem unfruchtbaren, trockenen Land, liegen Zahlen vor: Seit 1902, also seit dem Bestehen des amerikanischen Irrigationsgesetzes, hat sich die Bevölkerung auf dem einstigen Ödland um 10 Mill vermehrt. 1 Mill km² sind aus dem wertlosen Staatsbesitz in hochkultivierten Privatbesitz übergegangen. ½ Mill Menschen leben auf 37 000 besonderen Bauerngütern mit über 130 Mill $ Ernteertrag. 12 große Kraftwerke sind allein an diese Irrigation (reclamation service) angeschlossen.

Dasselbe Ergebnis läßt sich natürlich in Mexiko in gleichem Maße erzielen und nicht nur in Mexiko, auch in den anderen südamerikanischen Staaten, z. B. in Chile, wo die großen Provinzen Tagnar, Tarapaca und Antofagasta als tierras aridas gelten und wo besonders im Norden schon große Bewässerungsanlagen entstanden sind. Gosebruch.

Digitized by Google

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Das nordamerikanische Customer Ownership-System im Jahr 1929. — Schon die letzten Betrachtungen über die Entwicklung der Elektrizitätswirtschaft in den V. S. Amerika[1] ließen erkennen, daß das unter dem Namen Customer Ownership seit 1914 bekannte Verfahren der nordamerikanischen Elektrizitätsunternehmungen, ihre Abnehmer und Beschäftigten am Aktienkapital der Gesellschaft zu beteiligen, in den letzten Jahren zurückgegangen ist. Die größte Anzahl der auf diesem Wege verkauften Anteile wurde bisher 1927 mit 3,581 Mill erreicht, aber schon seit 1924 (294 467) zeigt die Zahl der so gewonnenen Aktionäre eine Verminderung. Nunmehr liegt der Bericht des Customer Ownership Committee der NELA für 1930 vor, der diese Entwicklung nicht nur bestätigt, sondern für 1929 sogar hier wie dort eine sehr starke Abnahme feststellt. Seine Angaben stützen sich auf die Meldungen von 230 Gesellschaften, die bei einer Gesamtbevölkerung ihrer Versorgungsgebiete von über 82 Mill rd. 17,08 Mill Abnehmer belieferten, d. h., daß etwa 70 % der Industrie von der Enquete erfaßt worden sind. Nur 76 dieser Gesellschaften berichteten über Verkäufe nach dem genannten System, bei 93 war es nicht in Gebrauch, und von 61 fehlten brauchbare Angaben. Die Berichte von 62 Unternehmungen ergeben eine Zunahme der Verkäufe gegen 1928 um nahezu 26 %, aber eine Abnahme der abgesetzten shares um etwa 25 %. Insgesamt haben im Berichtsjahr bei den 76 Gesellschaften, die 6,179 Mill Abnehmer und rd. 34 Mill Aktien zählten, 87 498 Verkäufe stattgefunden gegen 202 380 in 1928; die Zahl der abgesetzten Anteile ist von 2 081 070 i. V. auf 1 447 853 gesunken. Auf den einzelnen Verkauf kamen im Durchschnitt 16,5 Aktien, d. s. beträchtlich mehr als in den vorhergehenden Jahren. 100, also etwa ein Drittel der Unternehmungen, mit 8,36 Mill Konsumenten bei rd. 42 Mill Bewohnern konnten 1929 die Gesamtzahl ihrer Aktionäre gegen das Vorjahr um 6,2 % auf 523 666 erhöhen, u. zw. die der Abnehmer um 25 371 oder 7,3 %. Die Zahl der in Besitz der Kundschaft usw. befindlichen shares ist um 17 % auf 30,140 Mill angewachsen. Man hatte zwar angenommen, daß die Spekulation, die 1929 ihren Höhepunkt erreichte, die Zahl der in den Versorgungsgebieten nicht ansässigen Besitzer von Stammaktien sehr erhöhen würde, doch ist sie nur um 4318 oder 3,7 % gestiegen; bei den Beschäftigten betrug diese Zunahme 5,3 %. Während die Zahl der am Aktienkapital beteiligten Korporationen um 3,1 % zurückgegangen ist, erhöhte sich die der auf sie entfallenden Anteile um 40,6 % auf über 9,902 Millionen. Auch die Zahl der shares der nicht im Gebiet ansässigen (non-resident) Einzelaktionäre ist um 10,3 % gewachsen, die der Stromabnehmer um 8,5 % und der Besitz der Beschäftigten um 6,7 %. Insgesamt waren von den 100 Gesellschaften Ende 1929 rd. 4,378 Mill Aktien oder 17 % mehr ausgegeben als im Vorjahr. Von den neuen Anteilen haben über 83 % oder 3,653 Mill shares bei den Investmenttrusts und anderen Instituten sowie bei nicht im Gebiet ansässigen Aktionären Aufnahme gefunden. Da die Gesellschaften 1929 zwecks Finanzierung ihres Bedarfs größtenteils Stammaktien herausgebracht haben und es in den V. S. Amerika üblich ist, im Customer Ownership-System Vorzugsaktien anzubieten, läßt sich leicht einsehen, warum die Beteiligung der Konsumenten 1929 abgenommen hat; das Komitee bezeichnet es sogar unter Berücksichtigung aller Umstände als auffallend, daß die Verringerung nicht wesentlich stärker gewesen ist. Im übrigen gehe aus Berichten von anderer Seite hervor, daß die Tätigkeit im Rahmen des Systems wegen der geänderten wirtschaftlichen und finanziellen Verhältnisse 1930 entschieden wieder zugenommen habe. Ein beträchtlicher Teil des für Ausbauten bestimmten neuen Kapitals werde in diesem Jahr durch die Abgabe von Vorzugsaktien an die Konsumenten beschafft.

Elektrotechnischer Außenhandel der V. S. Amerika[1]. — Wie berichtet wird, war die Ausfuhr elektrischer Maschinen, Apparate und Zubehörteile im August 1930 mit 9 780 692 $ um 1 941 928 $ oder fast 17 % geringer als im gleichen Monat des Vorjahres (11 722 620 $). Ein wesentlicher wertlicher Rückgang ist u. a. bei kleineren Gleichstromerzeugern, gewissen Primärbatterien, Kraftransformatoren von 500 kV und mehr, Gleichrichtern, Motorgeneratoren usw., stationären Motoren bis 200 PS, Taschenlampengehäusen, Radioröhren sowie Zubehör von Empfangsgeräten und bei nicht näher bezeichneten elektrischen Apparaten zu konstatieren. Dagegen weisen u. a. größere Gleichstromgeneratoren, Verteilungstransformatoren unter 500 kVA, Starkstromschalttafeln und Staubsauger einen merklich höheren Exportwert als im August 1929 auf. In den abgelaufenen acht Monaten stellte sich die Ausfuhr auf 90 899 154 $. d. s. 2 837 247 $ bzw. 3 % weniger als in derselben Periode des Vorjahres (93 736 401 $).

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 940.
[2] El. World Bd. 96, 1930, S. 755. Vgl. ETZ 1929, S. 1758.

Der schädigende Einfluß der wirtschaftlichen Depression auf das inländische Geschäft gibt der El. World[1] Veranlassung, die ausländischen Absatzgebiete hinsichtlich ihrer Möglichkeiten für die Elektroausfuhr zu untersuchen, indem sie von dem Gedanken ausgeht, daß zwar auch diese unter der Krisis leiden, die Erholung aber sicher von einer Verschärfung des Kampfes um die Weltmärkte begleitet sein werde. Während die führenden Nationen immer protektionistischer vorgingen, machten sie außerordentliche Anstrengungen, um sich größere Teile des Außenhandels zu sichern. Europa im besonderen verfüge dabei über die Waffe niedriger Preise, Amerika über die der Qualität und der Massenerzeugung. An der Spitze der Elektroausfuhr ständen dort die General Electric Co., Westinghouse und die International General Electric. Außerdem verkauften aber auch Exportmanagers gegen Kasse oder auf Kredit an ausländische Kunden. Im letzten Jahr habe der Absatz amerikanischer elektrischer Ausrüstungen und Apparate folgende Werte in 1000 $ erreicht:

Kanada	44 203	Mexiko	7 007
England	9 771	Kuba	4 852
Argentinien	9 027	Japan	4 742
Australien	7 969	Chile	3 383
Brasilien	7 709	China	3 138

Kanada gelte als der bedeutendste Konsument mehr als heimisches Absatzgebiet; seine neuesten Zollerhöhungen hätten zwar auch elektrotechnische Erzeugnisse betroffen, doch seien die daran geknüpften Befürchtungen wohl übertrieben. An zweiter Stelle biete England für gewisse Fabrikate einen guten Markt. Wahrscheinlich werde sich aber der Außenhandel nach einigen jüngeren Ländern besonders stark entwickeln; Argentinien und Brasilien, von denen ersteres 1929 hauptsächlich Batterien, Verteilungstransformatoren, Motoren, Ventilatoren, Radiogerät und einiges Installationsmaterial bezogen habe, letzteres Transformatoren, Schalter, Zähler, Motoren, Lokomotiven, Fernsprechausrüstungen, Leitungsmaterial und Kühlvorrichtungen, ständen den amerikanischen Erzeugnissen weit offen. Mexiko habe im abgelaufenen Jahr moderne elektrische Ausrüstungen über Erwarten stark eingeführt und im einzelnen Generatoren, Schalter, stationäre Motoren, Radiogerät und Leitungsmaterial von den V. S. Amerika gekauft. Australien bevorzuge deren Motoren und Zubehörteile, Radiogerät, Staubsauger, Waschmaschinen, Kühleinrichtungen und Beleuchtungsmaterial. Eine der Überraschungen auf dem Gebiet des Exports sei der Handel mit der UdSSR, die im Juni die dritte und im Juli die fünfte Stelle unter den von den Staaten belieferten Konsumenten eingenommen habe. Viele dieser Länder böten also große Möglichkeiten, aber die Konkurrenz sei sehr scharf, und man müsse auf zahlreiche Fallstricke (pitfalls) achten. Um den Außenhandel zu entwickeln, empfehle es sich daher, etwa für drei Jahre einen bestimmten Kampfplan aufzustellen, weil ein nicht gut vorbereiteter Angriff auf den fremdländischen Markt oft große Kosten verursache und Entmutigung zur Folge haben könne.

Preissenkungen[2]. — Auch die Vereinigten Hochspannungs-Isolatoren-Werke G. m. b. H. haben nach einer bereits am 1. VIII. für einen Teil der Erzeugnisse durchgeführten Ermäßigung am 15. XI. die Preise für die durch ihr Syndikat bewirtschafteten Fabrikate erheblich (z. T. bis zu 15 %) verringert, obgleich bei der gegenwärtig schlechten Beschäftigung die Kalkulation ein Heruntergehen noch nicht gestattet, weil die Gestehungskosten nicht niedriger geworden sind. Das Syndikat ist der allgemeinen Tendenz der deutschen Wirtschaft gefolgt, erwartet aber, daß eine Senkung der Rohstoffpreise sowie eine entsprechende Regulierung der Löhne in der Porzellanindustrie unverzüglich folgt.

[1] Bd. 96, 1930, S. 842.
[2] Vgl. ETZ 1930, S. 1636.

Bezugsquellenverzeichnis.

Frage 51: Wer stellt Material für Ruhestrom-Alarmanlagen und Ruhestrom-Fadenkontakte her?

Frage 52: Wer baut Einrichtungen zur Herstellung von Taschenlampen-Batterien?

Berichtigung.

In dem Aufsatz „Die Auswertung von Auslaufmessungen durch die Teilzeitlinie", ETZ 1930, S. 1426, ist im Nenner der Formel für die Verluste V (S. 1426 links unten) die Erdbeschleunigung g zuzufügen, die Formel lautet also

$$V = G D^2 \frac{\pi^2}{3600\, g} n \operatorname{tg} \alpha.$$

Abschluß des Heftes: 22. November 1930.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 18 200 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Automatische Wieder-Synchronisierung von Einanker-Umformern.

Mitteilung der AEG.

Infolge des Zusammenschlusses der Hochspannungsnetze wurden Spannungsenkungen im Hochspannungsnetz in Begleitung von Kurzschlüssen so zahlreich, daß sie den Betrieb von Einanker-Umformern sehr störten. Wenn eine Spannungsabsenkung ein gewisses Maß überschreitet, fällt der Umformer außer Tritt und muß von Hand wieder angelassen werden.

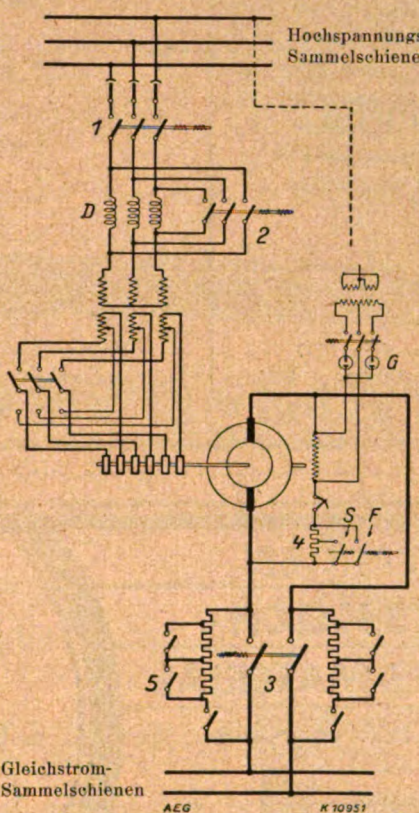
Während die Spannungsenkung infolge des Selektivschutzes meist nur wenige Sekunden dauert, erfordert das Wiederanfahren von Hand im günstigsten Falle mehrere Minuten, unter Umständen 10 bis 20 Minuten, wenn mehrere Umformer nacheinander angelassen und gemeinsam auf das Netz geschaltet werden müssen.

Die Gesamtdauer der Stromunterbrechung auf der Gleichstromseite ist daher durch die zum Wiederanlassen der Umformer erforderliche Zeit bestimmt. Sowohl für das stromliefernde Werk, wie auch für die Stromverbraucher ist aber eine Abkürzung der Störungszeit von größter Wichtigkeit; das stromerzeugende Werk hat das größte Interesse, Unterbrechungen auf die kürzeste Dauer einzuschränken; naturgemäß bildet der Ausfall an verkauften Kilowattstunden einen nicht zu unterschätzenden Verlust, besonders wenn die Störung, wie meistens, während der Zeit der Spitzenbelastung eintritt. Beim Verbraucher fällt in gleicher Weise die Arbeitsunterbrechung in Werkstätten und Fabriken ins Gewicht, da die Löhne in der verlorenen Zeit unfruchtbar bleiben; auch im Haushalt, in Ladengeschäften, Warenhäusern sowie Theatern werden Unterbrechungen sehr störend empfunden.

Das Mittel, die Störungsdauer auf Sekunden abzukürzen, bietet die von der AEG entwickelte automatische Wiedersynchronisierung der Einanker-Umformer. Dieses Verfahren benutzt das Prinzip der Grob-Synchronisierung, wobei im Gegensatz zum normalen Synchronisieren der Umformer ohne Rücksicht auf genaue Perioden- und Phasengleichheit unter Vorschaltung einer Drosselspule, der sogenannten Fangdrossel, ans Netz geschaltet wird; nachdem sich der Umformer auf den Synchronismus beschleunigt hat, wird die Drosselspule überbrückt.

Die Einrichtung, deren Schaltung nebenstehend wiedergegeben ist, arbeitet bei einer Störung wie folgt: Wenn der Umformer infolge Spannungsenkung im Hochspannungsnetz oder Frequenzanstiegs, gegebenenfalls auch Rückstroms nicht mehr in Tritt bleiben kann, so wird er sowohl auf der Gleichstrom- wie auf der Drehstromseite vom Netz getrennt, der Überbrückungschalter 2 der Fangdrossel D sowie der Feldschwächungsautomat F werden geöffnet. Rasche Entregung des auslaufenden Umformers ist aus zwei Gründen erforderlich. Die Entregung nimmt dem Umformer die Eisenverluste und bewirkt so einen möglichst langsamen Drehzahlabfall während der Störungszeit. Ferner setzt der asynchrone Wiederanlauf einen möglichst entregten Umformer voraus.

Naturgemäß darf nicht jede Auslösung des Umformers eine Wiedersynchronisierung veranlassen. Die Automatik hat zu unterscheiden, welcher Art die Ursache der Abschaltung ist. Bei Ansprechen des Buchholz-Relais oder der Lagertemperatur-Überwachung muß z. B. der Wiederanlauf verriegelt werden. Gab jedoch eine Spannungsenkung den Impuls zur Auslösung und kehrt die Hochspannung in einer einstellbaren Zeit von 10 bis 12 s zurück (zu großer Drehzahlabfall in der Auslaufzeit hat zur Folge, daß der Umformer nicht mehr sicher hochfährt) und hat ein Spannungsrelais am Umformer festgestellt, daß das Feld des Umformers genügend abgeklungen ist, so wird der Impuls zur Wiedersynchronisierung gegeben. Der Vorgang nimmt mit dem Einschalten des Netzschalters I seinen Anfang.



1 = Maschinen-Ölschalter,
2 = Ueberbrückungschalter für die Drossel D,
3 = Maschinenautomat,
4 = Feldschwächungs-Widerstand,
5 = Gleichstromschalter für die Widerstandsstufen,
D = Drosselspule zur Wiedersynchronisierung,
F = Mechanisch verklinkter Fernschalter,
G = Glimmlicht-Gleichrichter zur Vorerregung des Umformers,
S = Schütz.

Schaltung für die automatische Wiedereinschaltung von Einanker-Umformern bei kurzzeitigen Störungen im Hochspannungsnetz.

Obwohl die volle Netzspannung auf den Umformer geschaltet wird, fließen nur mäßige Ströme, und es bildet sich nur ein mäßiges Bürstenfeuer aus, weil die Fangdrossel D das Auftreten starker Ströme verhindert. Der Umformer wird wieder in Synchronismus gezogen. Dafür, daß er in richtiger Polarität in Tritt fällt, sorgt eine schwache Vorerregung, die entweder einer vorhandenen Batterie entnommen, oder, wo diese fehlt, mit einem kleinen Glimmlichtgleichrichter beschafft werden kann. Die Vorerregung ist so zu wählen, daß das Intrittfallen mit richtiger Polarität sicher erreicht und eine Behinderung des asynchronen Wiederanlaufs vermieden wird.

Die Tatsache des mit richtiger Polarität erfolgten Intrittfallens wird durch ein Synchronismusrelais festgestellt, das auf die Feststellung mit einem Impuls zur Kurzschließung des Feldschwächungswiderstandes 4 und zur Abschaltung der Vorerregung anspricht. Mit kurzer Zeitverzögerung, die dem Umformer zum Aufbau seines vollen Feldes gelassen werden muß, folgt auf die Kurzschließung des Widerstandes 4 der Impuls zur Kurzschließung der Fangdrossel D mit Hilfe des Überbrückungschalters 2. Damit ist der Wiedersynchronisier-Vorgang beendet.

Wenn das Netz in der Störungszeit unter Spannung geblieben ist, kann die Automatik den Umformer ohne Vorstufe zuschalten. Es ist lediglich erforderlich, mit Hilfe eines Spannungs-Differenz-Relais die Umformerspannung auf einen etwas höheren Spannungswert als die Netzspannung einzuregeln.

Ist dagegen das Netz in der Störungszeit spannungslos geworden, so muß, wie im Schaltbild vermerkt, das Netz über Widerstandstufen angelassen werden.

Der Wiederanlaufvorgang, der, wenn er von Hand vorgenommen wird, im günstigsten Fall Minuten dauert, wird durch die Automatik auf wenige Sekunden abgekürzt.

Wie die Aufgaben im Einzelfall auch liegen, die Automatik ist heute in einer Vollkommenheit entwickelt, daß sie allen Sonderbedingungen, die gestellt werden können, entsprechen kann. Die Einrichtungen zur Wiedersynchronisierung sind bereits in Anlagen größter Leistungen mit bestem Erfolg in Betrieb.

Digitized by Google

Silei-Stahlrohr 2

mit Gewinde

ohne Papierauskleidung

innen und außen feuerlackiert, gemennigt oder verzinkt

mit sämtlichen Zubehörteilen

Kabelschutzschläuche

FR. WILH. MAYWEG
MÜHLENRAHMEDE i. W.
Fernsprecher: Amt Altena i.W., Sammel-Nr. 2257
Drahtanschrift: Mayweg Mühlenrahmede

Peschelrohr

8-37 mm l. W.

(überlapptes Stahlrohr)

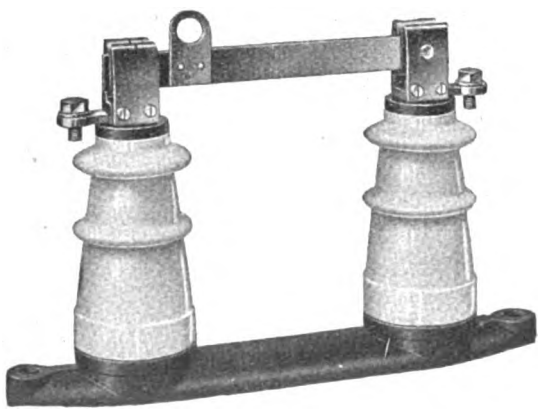
innen und außen feuerlackiert

mit sämtlichen Zubehörteilen

„Peschel" gesetzl. geschützt unter Nr. 75892

»ELPEMAG«
Elektro-Peschel-Mat. G.m.b.H.
MÜHLENRAHMEDE i.W.
Fernsprecher: Amt Altena i.W., Sammel-Nr. 2257
Drahtanschrift: Elpemag Mühlenrahmede

HOCHWERTIGES
KITTLOSES HOCH-
SPANNUNGS-MATERIAL
den DIN V.D.E. 1929 angepaßt



D.R.P. D.R.G.M.

Hohe mech. Festigkeit
Hohe elektr. Festigkeit
Höchste Lebensdauer

LINDNER u. CO.
JECHA-Sondershausen

Digitized by Google

Engineering Library
DEC 23 1930

E T Z

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

INHALT

Die Dehnungsarbeit an Seilen. Von J. Gröbl. 1669

Gedanken bei der Berechnung von Transformatoren. Von M. Korndörfer. 1674

Beitrag zur Untersuchung der Einschaltzeiten von Ölschaltern. Von F. Graul u. L. Kumlik. 1675

Thermowattmetrische Verlustmessungen an großen Kapazitäten. Von G. Zickner u. G. Pfestorf. 1681

Österreichs Elektroindustrie im Jahre 1929. Von E. Honigmann. 1684

Mitt. der PTR. Nr. 288. 1686

Rundschau

Drehungsarbeit an Seilen. 1687 — Prüfung von Stromwandlern. 1687 — Die weitere Elektrisierung der schwed. Staatsbahnen. 1688 — Wirtschaftlichkeit der Elektroöfen. 1689 — El. Etagenanzeiger für Förderanlagen. 1690 — Das Wünschelrutenproblem. 1691 — Energiewirtschaft. 1692

Vereinsnachrichten. 1693 **Bekanntmachungen des VDE.** 1694

Sitzungskalender. 1702

Persönliches. J. Epstein †. 1702

Literatur: W. Bermbach, E. Preger. 1702

Geschäftliche Mitteilungen. 1703

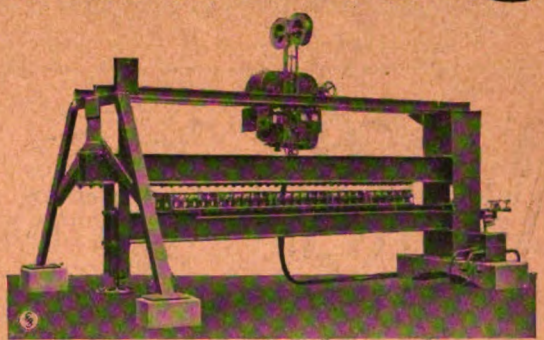
Bezugsquellenverzeichnis. 1704

Berichtigung. 1704

Lichtbogen-Schweißung

Schweißumformer

Selbsttätige Schweißeinrichtungen

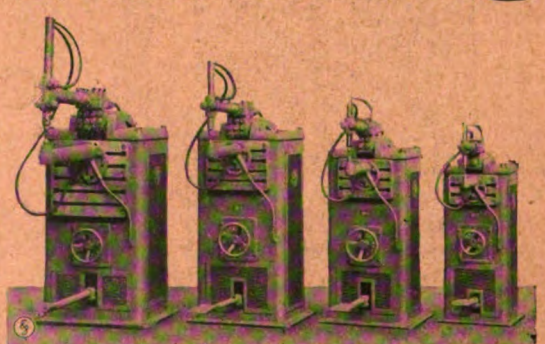


Selbsttätige Lichtbogen-Schweißeinrichtung für gerade Nähte mit Druckwasser-Einspannvorrichtung

Widerstand-Schweißung

Punkt-, Naht- und Stumpfschweißmaschinen

Beratung / Angebote durch unsere Geschäftsstellen

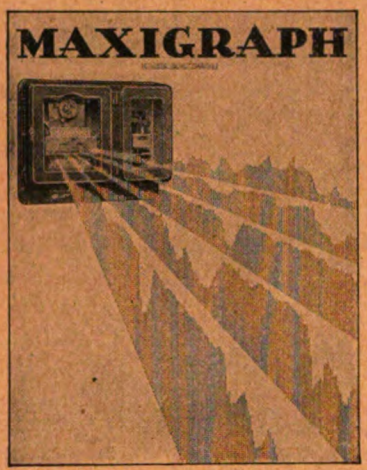


Elektrische Punktschweißmaschinen

SIEMENS-SCHUCKERT

49. HEFT · 51. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9
(1669—1704) 4. DEZEMBER 1930

Digitized by Google



MIT
REGISTRIERVORRICHTUNG
FÜR DIE
BELASTUNGSMITTELWERTE

MAXIGRAPH

IDEALER
KONTROLLAPPARAT
IN DEN ZENTRALEN

BESTER TARIFAPPARAT
FÜR DEN GROSSABONNENTEN

KLARES REGISTRIER-BILD

KEIN PERFORIERSYSTEM
KEINE TINTE
KEIN FARBSTOFF

FIRCHOW-LANDIS & GYR
BERLIN SW61

Weston-Relais

für Gleichstrom

Weston-Relais Mod. 30

zur Konstanthaltung von Stromstärke oder Spannung

Galvanometer-Relais

hoher Empfindlichkeit

zur Signalisierung oder automatischen Überwachung beliebiger Vorgänge

Wir bitten um spezifizierte Anfragen!

Generalvertrieb:
Dipl.-Ing. D. Bercovitz & Sohn
BERLIN-SCHÖNEBERG

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

51. Jahrgang | Berlin, 4. Dezember 1930 | Heft 49

Die Dehnungsarbeit an Seilen*.

Von Dr. **J. Gröbl**, München.

Übersicht. Die Folgen der an Seilen bei Zugspannung auftretenden Drehungserscheinungen sind Materialdehnungen, die zur Normaldehnung addiert werden müssen; dadurch raschere Überschreitung der Proportionalitätsgrenze, unter Umständen Eintritt des Seilbruches. Dehnungsuntersuchung eines einseitig eingespannnten Seiles mit Hilfe der Drehung, rechnerische Ermittlung der Versuchskurve. Berechnung des fiktiven Elastizitätsmoduls über der Proportionalitätsgrenze für das einseitig und das doppelseitig eingespannte Seil. Untersuchung der endgültigen Dehnung unter Benutzung des fiktiven E-Moduls. Feststellung der größten Dehnung an den Einspannstellen. Berechnung der mittleren Seildehnung, genommen über die ganze Spannweite. Feststellung der unelastischen Seildehnung und Vergleich mit der äußeren Zustandsänderung, der bleibenden Durchhangsvergrößerung eines Seiles. Untersuchung des Einflusses der Zusatzlast auf die Durchhangszunahme unter Berücksichtigung der bleibenden Dehnung. Die Vermeidung des Drehmomentes und Herstellung gleichmäßiger Belastungsverteilung durch das drehungsfreie Seil.

1. Die Drehung, ein Faktor der Dehnung.

Die von der Bayernwerk AG., München, in den letzten vier Jahren durchgeführten Untersuchungen[1] über die Festigkeit an Seilen haben gezeigt, daß die Laboratoriumsergebnisse allein nicht ausschlaggebend für die Beurteilung der Beanspruchung eines Materials sein können. Die mit Seilen größerer Länge auf den Leitungstrecken angestellten Versuche haben erwiesen, daß in erster Linie die Drehung der Seile eine starke Verschiebung der bisher zugrunde gelegten Werte mit sich bringt[2].

Die Drehung hat eine Formänderungsarbeit zur Folge, die auf die Festigkeit insofern einen Einfluß ausübt, als sowohl dem Querschnitt als auch der Länge nach verschieden große Zusatzkräfte auftreten, die gegenüber der bisherigen Auffassung einer gleichmäßigen Belastungsverteilung im Seilquerschnitt eine Überbeanspruchung des Materials hervorrufen und im übrigen den vom VDE herausgegebenen Vorschriften nicht mehr entsprechen. Abgesehen von den Belastungsverschiebungen tritt bei diesen Untersuchungen noch eine wichtige Frage in den Vordergrund, nämlich die Dehnung des Materials. Bisher wurde bei den Seilabnahmen, soweit dies festgestellt werden konnte, kein übermäßig großer Wert auf die Beurteilung der Dehnung eines Materials gelegt. Man rechnete im allgemeinen bei Aluminium z. B. für einen Draht von 100 mm Meßlänge mit einer Dehnung von 2 ... 5 % und gab sich damit zufrieden unter der stillschweigenden Voraussetzung, daß in dem verhältnismäßig komplizierten Gebilde eines Seiles eine weitere Dehnungsuntersuchung nicht notwendig sei.

Grundsätzlich müssen für den Einfluß auf die Dehnung 2 Faktoren berücksichtigt werden:

1. die normale Dehnung eines Materials unter Berücksichtigung der Zugspannung,
2. die zusätzliche Dehnung des Materials durch die infolge der Drehung eines Seiles auftretenden Zusatzkräfte.

Demgemäß wird man für die Gleichung zur Berechnung der Dehnung eines Materials auch zwei als Summanden zusammengesetzte Ausdrücke bekommen.

Dadurch, daß zur Grunddehnung eines Materials noch eine zusätzliche Dehnung infolge erhöhter Zugspannung hinzutritt, ist die Gefahr der Überschreitung der Proportionalitätsgrenze des Materials näher gerückt. Wir wissen, daß ein Material, solange das Hookesche Proportionalitätsgesetz noch eingehalten wird, annähernd elastisch bleibt, d. h. daß nach der Entfernung der Zugspannung das Material bezüglich seiner Länge in seine ursprüngliche Lage zurückkehrt. Solange die Belastung nicht soweit ansteigt, daß die Proportionalitätsgrenze überschritten wird, kann ein Leitungseil als betriebssicher angesehen werden; diese Grenze wird jedoch bei den bisherigen Seilkonstruktionen rasch überschritten. Es wird hier in erster Linie ein zweischlägiges Seil untersucht, da die Berechnungen nicht so zeitraubend sind wie für die Untersuchungen für drei- und mehrschlägige Konstruktionen; anderseits treten, abgesehen vom einschlägigen Seil, die größten Abweichungen gegenüber den bisherigen Voraussetzungen beim zweischlägigen Seil auf.

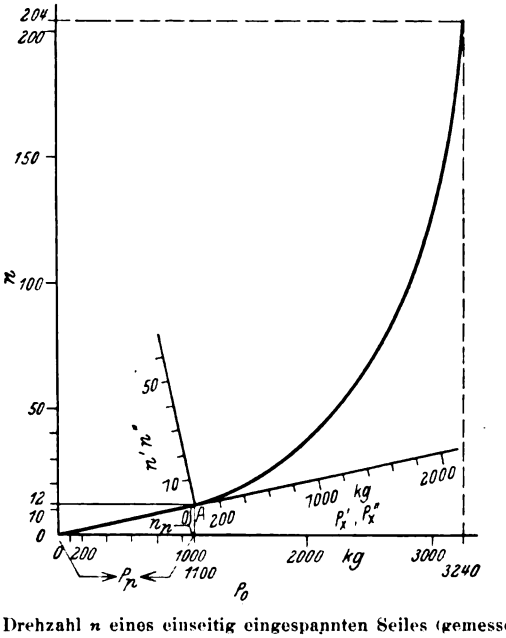


Abb. 1. Drehzahl n eines einseitig eingespannten Seiles (gemessen am Druckkugellager) in Abhängigkeit von der Zugspannung P_0.

Wenn ein Seil von einer beliebigen Länge, etwa 200 m, auf einer Seite fest eingespannt und auf der anderen Seite an einem Druckkugellager frei drehbar befestigt wird, so müssen bei Anbringung einer Zugspannung, da die Querdrehmomente sich gegenseitig nicht aufheben, Formänderungen im Seil vor sich gehen, die sich nach außen in Gestalt einer Drehung auswirken. Die Abhängigkeit der größten Drehzahl, die am Druckkugellager auftritt, von der Zugspannung P_0 gibt ein wertvolles Bild für die Beurteilung eines Seiles. Aus Abb. 1 geht diese Abhängigkeit hervor. Die Kurve ist an einem Aldreyseil, 19drähtig, mit einem Querschnitt von 120 mm²

* Sonderdrucke können vom ETZ-Verlag, Berlin, Potsdamer Str. 68, bezogen werden.

[1] Bei der Durchführung der Untersuchungen wurde der Verfasser in dankenswerter Weise von Herrn Dipl.-Ing. H. Glaßer, München, unterstützt.

[2] Diese Untersuchungen sind in kurzen Zügen in El. Bahnen Bd. 6, S. 65 (1930) und außerdem in einem Sonderheft der Bayernwerk AG. niedergelegt. Beide Arbeiten sind betitelt: „Die Drehungsarbeit an Seilen". Bericht: S. 1687 dieses Heftes.

Digitized by Google

bei einer Spannweite von 186 m gewonnen. Man kann deutlich entnehmen, daß der Verlauf zwischen der Zugspannung P_0 und der Dehnung n anfänglich ein linearer ist, dargestellt durch eine Gerade, die durch den Nullpunkt des Koordinatensystems geht. Von einem bestimmten Belastungspunkt ab, der mit P_p bezeichnet werden möge und zu dem die Drehung n_p gehört, verläuft die Kurve nicht mehr geradlinig, sondern stark nach oben. Man ersieht hieraus, daß die Proportionalitätsgrenze des Seiles bereits überschritten ist. Diese Tatsache rührt davon her, daß infolge der Drehung des Seiles einzelne Teile desselben wohl entlastet werden, d. h. die Proportionalitätsgrenze des Materials nicht überschritten wird, anderseits aber zum Ausgleich für die Belastungsminderung andere Teile des Querschnittes ü b e r lastet werden, für die dann die Gefahr der Überschreitung der Proportionalitätsgrenze besteht. Dieser Vorgang tritt, wie wir aus Abb. 1 entnehmen können, bereits bei 1100 kg Zugspannung ein. Die zugehörige Drehzahl n_p beträgt in diesem Falle 12 (ganze Umdrehungen am Kugellager). Wird die Zugspannung von 1100 kg durch den Querschnitt dividiert, so finden wir eine spezifische Belastung von $1100/120 = 9{,}18$ kg/mm², d. h. wenn ein zweischlägiges Seil, bestehend aus 19 Drähten, höher als mit 9,18 kg/mm² belastet wird, so wird unter allen Umständen die Proportionalitätsgrenze überschritten[3].

Die Berechnung der Zusatzbelastungsfaktoren zeigt, daß bei einem zweischlägigen Seil mit 93 % Zusatzbelastung (Mittelwert, abhängig vom Steigungswinkel der einzelnen Drähte) gerechnet werden muß. Wird die spezifische Zugspannung von 9,18 kg/mm² mit 1,93 multipliziert, so finden wir als Endwert für die Proportionalitätsgrenze dieses Aldreymaterials 17,7 kg/mm².

Grundsatz muß bleiben, daß als höchste Zugspannung einer Leitung diejenige eingesetzt werden muß, die unmittelbar an der Proportionalitätsgrenze liegt. Wir sehen aber aus dem genannten Versuch, daß bei einem zweischlägigen Seil die Verhältnisse recht ungünstig liegen. Des Vergleichs halber sei erwähnt, daß bei einem dreischlägigen Seil die maximale Zusatzspannung statt 93 % der Grundbelastung nur 62 % beträgt. Mit Rücksicht auf eine höhere Ausnutzung des Materials kann man unter Umständen eine noch etwas höhere Zugspannung als die der Proportionalitätsgrenze entsprechende wählen. Wieweit man hier gehen darf bzw. welche Grenzzugspannungen zugelassen werden können, werden die folgenden Untersuchungen zeigen.

2. Die Gleichung der Drehungskurve im überproportionalen Bereich.

Wenn man dem Ziele, Grenzzugspannungen festzulegen, näher kommen will, so muß vor allem ein Zusammenhang zwischen der Theorie in Form der Berechnungen und der Praxis in der Gestalt der Versuchskurven gesucht werden. Die Lösung ist dann gefunden, wenn es gelingt, die Versuchskurven auch über die Proportionalitätsgrenze hinaus zu analysieren und rechnungsmäßig in Form einer Gleichung festzulegen. Die Untersuchung der Versuchskurven (Drehung als Funktion der Zugspannung, Abb. 1) gliedert sich in zwei Teile:

1. Bereich: Zugspannung 0 → Zugspannung P_p (Proportionalitätsgrenze),

2. Bereich: Zugspannung P_p → Zugspannung Bruchgrenze.

Fall 1. wurde bereits definiert. Die Kurve stellt eine Gerade durch den Nullpunkt dar; hier gilt das Hookesche Gesetz. In Fall 2. ist das Hookesche Gesetz ausgeschaltet, an seine Stelle tritt das Potenzgesetz. Als grundsätzliche Form des Potenzgesetzes können wir in Anlehnung an die gegebenen Daten folgende Gleichung schreiben:

$$n = K P_0^{\alpha} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Hierin bedeuten:

n Drehzahl des Seiles am Druckkugellager,
P_0 Zugspannung des Seiles in kg,
K eine Konstante,
α Dehnungsexponent.

Bei der Untersuchung dieser Gleichungsform darf nun nicht das normale Koordinatensystem der Versuchskurve zugrundegelegt werden. Zweckmäßigerweise wird die Gerade, die sich auf Grund des Hookeschen Gesetzes ergibt, als Abszisse mit der Bezeichnung P_x' benutzt. In Punkt A der Proportionalitätsgrenze wird auf der letztgenannten Geraden die Senkrechte errichtet und diese als Koordinate mit der Bezeichnung n' eingeführt (Abb. 1).

[3] Wie Fußnote 1.

Durch einfache geometrische Beziehungen und einige Vernachlässigungen finden wir die Beziehung

$$n = K (P_0 - P_p)^{\alpha} + \frac{n_p}{P_p} P_0 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

Gl. (2) stellt die allgemeinste Form der Drehung eines einseitig fest eingespannten Seiles dar. Hierin bedeuten:

n Drehzahl des Seiles am Druckkugellager,
K eine Konstante, die durch den Versuch ermittelt werden muß,
P_0 Zugspannung des Seiles in kg,
P_p Zugspannung des Seiles in kg an der Proportionalitätsgrenze,
n_p Drehzahl des Seiles an der Proportionalitätsgrenze,
α ein Faktor, den wir als den Dehnungsexponenten bezeichnet haben. Dieser Wert muß durch den Versuch festgelegt werden.

Wir können aus Gl. (2) entnehmen, daß sich die Drehung aus 2 Teilen zusammensetzt. Der 2. Summand stellt die Drehung dar, die eintreten würde, wenn das Hookesche Gesetz für jede Zugspannung P_0 erhalten bleiben könnte, d. h. wenn die zwischen $P_0 = 0$ kg und $P_0 = P_p$ kg liegende geradlinige Funktion auch über die Zugspannung P_p hinaus linear verlaufen würde. Der 1. Summand stellt die infolge der Überschreitung der Proportionalitätsgrenze auftretende zusätzliche Drehung dar. Wir können daraus den Schluß ziehen, daß bei einer Zugspannung, die unterhalb der Größe P_p liegt, der Ausdruck $K (P_0 - P_p)^{\alpha}$ nicht mehr in Rechnung gesetzt werden kann, da hier das Hookesche Gesetz Gültigkeit besitzt. Die Konstante K mußte als Reduktionsfaktor eingeführt werden, da der Wert aus der Zugspannung, potenziert mit dem Dehnungsexponenten α, der, wie die Versuche ergeben haben, bei zweischlägigen Seilen die Größenordnung 2 besitzt, große Beträge annimmt.

Aus dem Aufbau der Gleichung für die Drehung des Seiles oberhalb des Proportionalitätsbereiches ist zu erkennen, daß für den Wert α eine logarithmische Funktion in Frage kommen muß. Seine Gleichung lautet

$$\alpha = \frac{\lg (n''/n')}{\lg (P_x''/P_x')}; \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

n' und n'' sind beliebige Drehzahlen, P_x' und P_x'' die zugehörigen Belastungen. Die Konstante K errechnet sich zu

$$K = \frac{n'}{P_x'^{\alpha}}. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

Ein **Beispiel** soll die Auswertung einer Versuchskurve erläutern. Wir wählen aus Abb. 1:

$$P_x'' = 1400 \text{ kg}; \qquad n'' = 32{,}4 \text{ Umdr.};$$
$$P_x' = 700 \text{ kg}; \qquad n' = 9{,}2 \text{ Umdr.};$$

damit bekommen wir

$$\alpha = \frac{\lg (32{,}4/9{,}2)}{\lg (1400/700)} \approx 1{,}83; \quad K = \frac{32.4}{1400^{1.83}} = 0{,}000\,058.$$

Weiterhin können aus der Versuchskurve entnommen werden

$$n_p = 12; \qquad P_p = 1100 \text{ kg}.$$

Die Gleichung der Drehungskurve (Abb. 1) lautet somit

$$n = 0{,}000\,058\,(P_0 - 1100)^{1.83} + 0{,}0109\,P_0$$

3. Die Berechnung der Drehdehnung.

Wenn ein Seil belastet wird, so erfährt es unter dem Einfluß der Drehung eine zusätzliche Dehnung, die sich der normal auftretenden Dehnung überlagert. Sie wird durch die Querkräfte des Seiles hervorgerufen und kann infolgedessen aus den Drehungsbedingungen berechnet werden. Dabei muß man sich darüber im klaren sein, daß die Größe der Drehdehnung sich mit der Entfernung von den Einspannstellen ändert. Da die Drehungskurve in erster Annäherung eine Parabel darstellt (Abb. 2), so wird in ¼ und ¾ der Spannweite die zusätzliche Drehdehnung verschwinden, an den Einspannstellen und in der Spannfeldmitte aber ein Maximum erreichen. Die Untersuchung der Drehungstheorie zeigt nun, daß an den Einspannstellen der Mantelschlag, dagegen in der Spannfeldmitte der innere Schlag überbeansprucht wird. Die Drehung wirkt sich jedoch bei dem äußeren Schlag praktisch am schlimmsten aus. Daraus kann der Schluß gezogen werden, daß an den Einspannstellen eines Seiles die größte Drehdehnung auftritt. Die große Schwierigkeit liegt nunmehr darin, daß einwandfreie Messungen an einem doppelseitig eingespannten, also normal aufgehängten Seil bei den gewöhnlich vorkommenden Spann-

Digitized by Google

weiten nicht durchgeführt werden können. Wir sind daher gezwungen, die Versuche mit dem einseitig eingespannten Seil anzustellen und Rückschlüsse auf die Normalaufhängung zu machen.

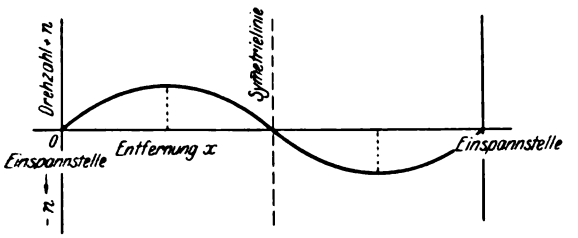


Abb. 2. Drehzahl n eines doppelseitig eingespannten Seiles in Abhängigkeit von der Entfernung x.

Im ersteren Fall (Druckkugellager-Versuch) steht, wie Theorie und Praxis ergeben, die Relativdrehung mit der Entfernung in einem linearen Zusammenhang. In letzterem Falle verschiebt die Parabel die Werte der Relativdrehung von Null bis zu einem Maximum. Die Gleichung für die Drehdehnung lautet

$$\varphi_D = \sqrt{1 + \frac{2 D_n \varepsilon}{1 + \left(\frac{\varepsilon}{\pi}\right)^2} F} - 1; \quad \ldots\ldots (5)$$

es bedeuten

φ_D Dehnung der Drehbewegung, eine Zahl, die mit 100 multipliziert den Dehnungsprozentsatz ergibt;

D_n mittlerer Durchmesser eines Schlages (Schlagkreisdurchmesser) in cm;

ε Schlaglängenzahl, eine Zahl, mit der der Seilnenndurchmesser multipliziert werden muß, um die Schlaglänge zu erhalten (s. VDE-Vorschriften: ε = 11 ... 14fach);

F gibt die Seildrehungen für 1 cm Seillänge an und ist von der Zugspannung P_0 und der Seilkonstruktion abhängig; Berechnung nach folgender Gleichung, gültig für ein zweischlägiges Seil:

$$F = \frac{P_0 \sqrt{a}}{Q^{1,5}} \cdot \frac{6{,}36}{E_1 + 4{,}02\, E_2} \quad [1/\text{cm}]. \quad \ldots\ldots (6)$$

Die einzelnen Größen bedeuten:

P_0 Zugspannung des Seiles in kg,

Q Querschnitt des Seiles in cm²,

$a = \frac{\left[1 + \left(\frac{\varepsilon}{\pi}\right)^2\right]^3}{\varepsilon^4}$; ε ist bereits definiert,

E_1, E_2 Elastizitätsmoduln in kg/cm² der Schläge 1 und 2. Wenn auch für ein Seil gleiches Material gewählt wird, so muß trotzdem ein Unterschied zwischen den Elastizitätsmoduln gemacht werden, da festgestellt ist, daß ein Schlag eines Seiles überlastet werden kann, während der andere Schlag an der gleichen Stelle entlastet ist. Für letzteren gilt auf jeden Fall der Elastizitätsmodul seines Materials. Der überlastete Schlag wird jedoch bald die Proportionalitätsgrenze überschreiten und bezüglich Belastung in einen Bereich kommen, in dem der Elastizitätsmodul nicht mehr gilt. Fiktiv gesprochen kann man sagen, daß dieser über die Proportionalitätsgrenze hinaus abnimmt.

Die Formel (5) gilt für die einseitige Einspannung eines Seiles. Soll die Drehdehnung nicht nur an der Einspannstelle, sondern auch an einer beliebigen anderen Stelle bei beiderseitiger Einspannung des Seiles gerechnet werden, so muß die unter der Wurzel stehende Zahl F mit $(1 - 4\,x/l)$ multipliziert werden, wobei l die Gesamtspannweite bedeutet. Der Klammerausdruck muß stets positiv bleiben. Liegt x/l im Bereiche zwischen $l/4$ und $l/2$, so müssen die Vorzeichen innerhalb der Klammer gewechselt werden. Wir erhalten dann für die Drehdehnung an einer beliebigen Stelle des Seiles folgende Gleichung:

$$\varphi_D = \sqrt{1 + \underset{(4{,}190)}{2{,}095} \cdot \frac{\sqrt{\pi^2 + \varepsilon^2}}{\varepsilon} \cdot \frac{P_0}{Q\,(E_1 + 4{,}02\,E_2)} \left(1 - 4\,\frac{x}{l}\right)} - 1. \quad (7)$$

Der Wert 2,095 gilt für den Bereich $l/4$ ... $l/2$ und 4,19 für den Bereich 0 ... $l/4$.

Es ist bereits ausgeführt worden, daß entsprechend den VDE-Vorschriften die Schlaglängenzahl ε in den Grenzen 11 ... 14 schwankt. Legen wir diese Grenzzahlen zugrunde, so erhält der Ausdruck $\frac{\sqrt{\pi^2 + \varepsilon^2}}{\varepsilon}$ die Werte 1,040 und 1,024. Diese Werte weichen nur um etwa 1 % voneinander ab. Man darf daher, ohne einen merklichen Fehler zu machen, den Mittelwert, nämlich 1,032 einsetzen. Der Mittelwert 2,095 $\frac{\sqrt{\pi^2 + \varepsilon^2}}{\varepsilon}$ beträgt dann 2,16 und dementsprechend findet man den Mittelwert 4,19 $\frac{\sqrt{\pi^2 + \varepsilon^2}}{\varepsilon}$ zu 4,32.

Unter Berücksichtigung dieser Werte geht Gl. (7) in die Form über

$$\varphi_D = \sqrt{1 + \underset{(4{,}32)}{2{,}16} \cdot \frac{P_0}{Q\,(E_1 + 4{,}02\,E_2)} \left(1 - 4\,\frac{x}{l}\right)} - 1. \quad (8)$$

Dabei sei nochmals darauf hingewiesen, daß der Wert 4,32 für die Strecke Einspannstelle bis ¼ der Spannweite und der Wert 2,16 für die Strecke ¼ bis ½ der Spannweite Gültigkeit besitzt. Für den Bereich der anderen Hälfte der Spannweite gilt vorstehende Gleichung in symmetrischer Form.

4. Die Normaldehnung.

Jedes Material ist einem elastischen Gesetz unterworfen; wird es belastet, so versucht es nachzugeben. Wir wissen, daß hierbei die spezifische Zugspannung und der Elastizitätsmodul eine Rolle spielen. Für den Bereich der linearen Abhängigkeit zwischen Zugspannung und Längenänderung bzw. Dehnung wird die einfache Formel verwendet

$$\varphi_l = \frac{P_0}{Q\,E_p}; \quad \ldots\ldots (9)$$

φ_l ist die Normaldehnung, die Dehnung der Länge, E_p ist der Elastizitätsmodul in kg/cm²; die Bedeutung von P_0 und Q geht aus Abschnitt 3 hervor.

Ist die Proportionalitätsgrenze überschritten, so gilt die Größe E_p nicht mehr. Wir setzen daher allgemein statt E_p die Größe E und bezeichnen sie als den fiktiven Elastizitätsmodul. Dann wird

$$\varphi_l = \frac{P_0}{Q\,E}. \quad \ldots\ldots (10)$$

Wie die Größe E oberhalb des Proportionalitätsbereiches errechnet wird, ergibt der folgende Abschnitt.

5. Die Berechnung des fiktiven Elastizitätsmoduls E.

a) Die resultierende Dehnung in allgemeiner Form.

Die resultierende Dehnung φ_G, d. h. die Gesamtdehnung eines Seiles erhalten wir aus

$$\varphi_G = \varphi_D + \varphi_l. \quad \ldots\ldots (11)$$

Die beiden Einzeldehnungen, die Normaldehnung und die Dehnung der Drehung wurden hier superponiert.

Nun muß noch eine Übereinstimmung zwischen den einzelnen Größen E_1, E_2 und E gefunden werden. Die Theorie der Drehungsarbeit an Seilen zeigt, daß der Faktor 2,16 für den Bereich $l/4$ ... $l/2$ gilt; in diesem Bereich wird aber der innere Schlag zugedreht und damit überlastet, wir müssen daher statt E_1 die allgemeine Größe E setzen. Der äußere Schlag 2 ist entlastet; für ihn kann somit E_p gesetzt werden. Da wir ferner vom Versuch mit einseitiger Einspannung ausgehen (Druckkugellager), so muß hier der Faktor 2,16 verwendet werden, da in diesem Falle der innere Schlag 1 überbeansprucht wird. Wir finden dann

$$\varphi_G = \sqrt{1 + 2{,}16 \cdot \frac{P_0}{Q\,(E + 4{,}02\,E_p)} \left(1 - 4\,\frac{x}{l}\right)} - 1 + \frac{P_0}{Q\,E}. \quad (12)$$

Zur Berechnung eines **Beispieles** wird diese Formel vereinfacht. Der 2. Summand unter der Wurzel ist gegenüber der Zahl 1 sehr klein. Weiterhin muß für den Versuch mit einseitig eingespanntem Seil statt $\left(1 - 4\,\frac{x}{l}\right)$ die Zahl 1 gesetzt werden. Man darf daher schreiben

$$\varphi_G = \frac{P_0}{Q} \left(\frac{1{,}08}{E + 4{,}02\,E_p} + \frac{1}{E}\right). \quad \ldots\ldots (13)$$

An der Proportionalitätsgrenze ist $E = E_p$ und daher

$$\varphi_G = 1{,}215 \cdot \frac{P_0}{Q\,E_p}. \quad \ldots\ldots (14)$$

Digitized by Google

Die zusätzliche Dehnung durch die Drehung beträgt hier 21,5 %. Ist dagegen die Proportionalitätsgrenze überschritten und beträgt z. B. $E_p = 600\,000$ kg/cm² und $E = 500\,000$ kg/cm², so steigt die Dehnung infolge der Drehung bereits um rd. 42 %. — Aus Abb. 3 geht die Abhängigkeit des Ausdrucks $\varphi_G \frac{Q}{P_0}$ vom Elastizitätsmodul E hervor für den Fall, daß $E_p = 600\,000$ kg/cm² ist. Die Größe φ_G als solche kann noch nicht aufgetragen werden, da die Beziehung zwischen E und P_0 noch geklärt werden muß.

b) Das einseitig fest eingespannte Seil.

Zur Berechnung des Elastizitätsmoduls E eliminieren wir aus Gl. (12) diese Größe und erhalten eine Gleichung 3. Grades, die unter Berücksichtigung dessen, daß mehrere Ausdrücke vernachlässigbar klein sind, folgende symbolische Form besitzt:

$$E^3 + a E^2 - b E + c = 0. \quad \ldots\ldots \quad (15)$$

Es zeigt sich aber, daß der Wert c gegenüber den andern Größen der vorstehenden Gleichung wiederum sehr klein ist, so daß er gestrichen werden kann. Es entsteht dann eine quadratische Gleichung, die leicht zu lösen ist. Ihre Auflösung lautet schließlich

$$E = \sqrt{4{,}04\,E_p^2 + 2{,}01\,\frac{E_p}{\varphi_G}\,\frac{P_0}{Q} - \frac{E_p}{\varphi_G}\,\frac{P_0}{Q}\,k\left(1-\frac{4x}{l}\right) + \left(\frac{2+k\left(1-\frac{4x}{l}\right)}{4\,\varphi_G}\,\frac{P_0}{Q}\right)^2} - 2{,}01\,E_p + \frac{2+k\left(1-\frac{4x}{l}\right)}{4\,\varphi_G}\,\frac{P_0}{Q}\ \text{[kg/cm²]}. \quad (16)$$

Der Faktor k ist als allgemeine Größe statt der Zahl 2,16 aus Gl. (12) eingeführt; die Bedeutung der übrigen Größen ist bekannt. Eine Kontrolle der Richtigkeit der Gleichung können wir darin finden, daß wir aus Abb. 3 für den Ausdruck $\varphi_G \frac{Q}{P_0}$ den Wert $2{,}03 \cdot 10^{-6}$ einführen, bei dem $E = E_p = 600\,000$ kg/cm² ist. Nach Einsetzen dieses Wertes, wobei $x/l = 0$ gewählt werden muß, erhält man $E = E_p$.

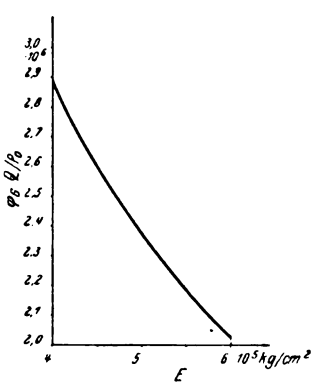


Abb. 3. Abhängigkeit des Verhältnisses Gesamtdehnung : spez. Zugspannung vom Elastizitätsmodul E.

Gl. (16) enthält noch die Dehnung φ_G, die jedoch durch die Drehungsgröße n eines Seiles ersetzt werden soll. Es wurde durch Versuche gefunden, daß es zweckmäßig ist, die Drehung bei einem einseitig eingespannten Seil zur Berechnung der Dehnung an doppelseitig aufgehängten Seilen heranzuziehen, da die Drehung die ursächliche Größe darstellt und die zusätzliche Dehnung erst durch sie bedingt wird. Diese Untersuchungen haben den Beweis erbracht, daß zwischen der Drehung und der Dehnung ein proportionaler Zusammenhang besteht unter Berücksichtigung einer Größe C. Wir können schreiben

$$\varphi_G = \frac{C\,n}{l} \quad \ldots\ldots \quad (17)$$

oder, da $\varphi_G = \frac{\Delta l}{l}$,

$$\Delta l = C\,n. \quad \ldots\ldots \quad (18)$$

Wir setzen jetzt Gl. (17) in die Hauptgleichung für E [Gl. (16)] ein und vereinfachen diese durch Einführung einer neuen Größe Z, die wie folgt errechnet werden kann:

$$Z = \frac{l}{C\,n}\,\frac{P_0}{Q}\ \text{[kg/cm²]}. \quad \ldots\ldots \quad (19)$$

Wir haben eine Grenzbedingung, die uns die Berechnung von Z gestattet. An der Stelle, an der das Hookesche Gesetz seine Gültigkeit verliert und das Potenzgesetz in Betracht kommt, also im Punkte A der Abb. 1, ist $P_0 = P_p$, $n = n_p$ und $E = E_p$. Die sich aus Formel (16) ergebende Gleichung ist nur scheinbar quadratisch; die Lösung ergibt

$$Z = \frac{E_p}{1+0{,}1\,k\left(1-4\,\frac{x}{l}\right)}. \quad \ldots\ldots \quad (20)$$

Die Größe Z ist demnach im proportionalen Verhältnis zum Elastizitätsmodul E_p und, wie aus Gl. (19) hervorgeht, auch in direkter proportionaler Beziehung zur Zugspannung P_0, dagegen umgekehrt proportional zur Seildrehung n. Wir setzen Gl. (20) in die eben genannte Formel ein und erhalten

$$C = \frac{l\,P_p}{n_p\,Q}\,\frac{1+0{,}1\,k\left(1-4\,\frac{x}{l}\right)}{E_p}\ \text{[cm]}. \quad \ldots \quad (21)$$

Gl. (19) für die Hilfsgröße Z kann jetzt auf folgende Form gebracht werden:

$$Z = \frac{P_0}{n}\,\frac{n_p}{P_p}\,\frac{E_p}{1+0{,}1\,k\left(1-4\,\frac{x}{l}\right)}\ \text{[kg/cm²]}. \quad . \quad (22)$$

Die Größen n_p, P_p, E_p und k sind für ein Seil von gegebener Konstruktion und bestimmtem Material Festwerte. Der Versuch mit einem Aldreyseil gemäß Abb. 1 ergibt folgende Werte:

$n_p = 12$ Umdr.; $P_p = 1100$ kg;

$E_p = 560\,000$ kg/cm² (angenommen); $k = 2{,}16$.

Es ist auch hier $x/l = 0$; dann wird

$$Z = 5020\,\frac{P_0}{n}\ \text{[kg/cm²]}.$$

Die Abhängigkeit der Größe Z von der Zugspannung P_0 geht aus Abb. 4 hervor. Wir sehen, daß mit steigender Zugspannung P_0 die Größe Z im Bereich des Potenzgesetzes kleiner wird. Damit muß aber auch der Elastizitätsmodul abnehmen. Die Tendenz der Änderungen zwischen P_0 und E ist folglich auch eine umgekehrte.

Aus Abb. 5 ist unter Zugrundelegung der oben angegebenen Daten die Abhängigkeit des fiktiven Elastizitätsmoduls E von der Zugspannung P_0 zu ersehen. Aus dieser Kurve geht deutlich hervor, wie falsch es ist, als Kriterium für die Brauchbarkeit von Seilen einzig und allein die Zerreißfestigkeit des Seiles zugrunde zu legen. Man wird immer unrichtige Ergebnisse bekommen. Bei diesem Versuch (s. Abb. 1) riß das Aldreyseil bei einer Zugspannung von 3240 kg, d. h. bei einer spezifischen Beanspruchung von 27 kg/mm². Reinaluminiumseile rissen bei 2100 ... 2200 kg; dies entspricht einer spezifischen Belastung von rd.

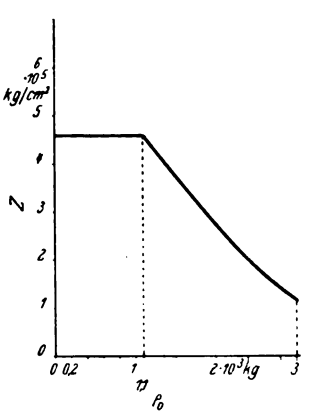


Abb. 4. Abhängigkeit der Größe Z von der Zugspannung P_0.

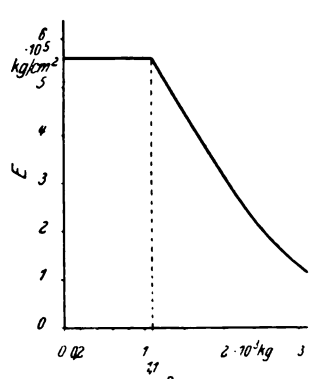


Abb. 5. Abhängigkeit des Elastizitätsmoduls E von der Zugspannung P_0.

18 kg/mm²; trotzdem wurden an letzteren Seilen Durchhangsvergrößerungen bis zu 3 m gemessen. Es ist nicht richtig, die Bruchdehnung eines Materials zugrunde zu legen, sondern es muß die mit Rücksicht auf die zulässige Durchhangsvergrößerung sich ergebende Dehnung als Maximalwert eingeführt werden. Es ist sogar die Möglichkeit gegeben, daß die Schwingungen an den Seilen eine Dauerzugspannung über die Proportionalitätsgrenze hinaus überhaupt nicht zulassen. Darüber müßten jedoch noch eingehende Schwingungsversuche durchgeführt werden. Wir werden aus den folgenden Untersuchungen erkennen können, daß die Minderung des fiktiven Elastizitätsmoduls nur bis zu einer bestimmten Grenze zugelassen werden kann. Man darf hierbei schon aus dem Grunde, daß der Bereich oberhalb des Streckgebietes

Digitized by Google

eines Materials, der Fließbereich, recht unsicher zu erfassen ist, nicht zu weit heruntergehen, falls mit Sicherheit Brüche vermieden werden sollen.

In Abschnitt 2 wurde die Gleichung für die Drehung n eines einseitig eingespannten Seiles ermittelt [Gl. (2)]. Wir führen jetzt diese Gleichung in den Ausdruck für Z [Gl. (20)] ein und bekommen für diese Größe nach einigen Umformungen

$$Z = \frac{E_p}{V(1+A)} \text{ [kg/cm}^2\text{]}. \quad \ldots\ldots \quad (23)$$

Hier ist

$$A = K \frac{P_p}{P_0 n_p} (P_0 - P_p)^{\alpha} \quad \ldots\ldots \quad (24)$$

$$V = 1 + 0{,}1\, k \left(1 - 4\,\frac{x}{l}\right). \quad \ldots\ldots \quad (25)$$

Wir erhalten schließlich

$$\frac{E}{E_p} = \frac{W}{4\,V(1+A)} - 2{,}01 + \sqrt{4{,}4 + \frac{X}{V(1+A)} + \left(\frac{W}{4\,V(1+A)}\right)^2}. \quad (26)$$

Die noch unbekannten symbolischen Größen bedeuten

$$W = 2 + k\left(1 - 4\,\frac{x}{l}\right) \quad \ldots\ldots \quad (27)$$

$$X = 2{,}01 - k\left(1 - 4\,\frac{x}{l}\right). \quad \ldots\ldots \quad (28)$$

Für den Punkt der Proportionalitätsgrenze ist $P_0 = P_p$ und damit $A = 0$. Bedenken wir noch, daß $k = 2{,}16$ ist, so ergibt Gl. (28)

$$\frac{E}{E_p} = 1{,}0.$$

Wir ersehen auch aus der Tendenz der Gleichung, daß mit wachsendem A, d. h. mit größer werdender Drehung des Seiles, das Verhältnis E/E_p kleiner wird.

c) Das doppelseitig eingespannte Seil.

Wir greifen auf Gl. (17) der resultierenden Dehnung zurück. Die Drehung n wurde für die spezifische Seillänge 1 cm eingesetzt (n/l). Da bei doppelseitiger Einspannung diese bezogene Größe nicht mehr für jeden Seilquerschnitt Gültigkeit besitzt, so muß die Drehungsformel, die die Parabelform der Seildrehung berücksichtigt, herangezogen werden; sie lautet

$$n = F x \left(1 - 2\,\frac{x}{l}\right). \quad \ldots\ldots \quad (29)$$

Hier bedeuten

n Drehung an einer beliebigen Stelle des Seiles,
F spezifische Drehung für 1 cm Seillänge (wurde bereits bei Gl. (5) definiert),
x beliebige Stelle des Seiles.

Gehen wir auf der Seillänge um 1 cm weiter als der Stelle x entspricht, dann wird

$$n_1 = F\left(x - 2\,\frac{x^2}{l} - 4\,\frac{x}{l} + 1 - \frac{2}{l}\right). \quad \ldots \quad (30)$$

Die Differenz der Drehung ist daher

$$\Delta n = n_1 - n = F\left(1 - 4\,\frac{x}{l}\right). \quad \ldots\ldots \quad (31)$$

Die Größe $(2/l)$ kann vernachlässigt werden. Die spezifischen Dehnungen F und n/l können, da sie die gleiche Bedeutung besitzen, einander gleich gesetzt werden, so daß

$$F = \frac{n}{l} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (32)$$

ist. Die spezifische Drehung für ein doppelseitig eingespanntes Seil muß daher mit dem Faktor $\left(1 - 4\,\frac{x}{l}\right)$ multipliziert werden und damit auch der Ausdruck A [Gl. (24)]. Wir erhalten dann für das Verhältnis E/E_p beim doppelseitig eingespannten Seil, wenn

$$\frac{x}{l} = v, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (33)$$

$$\frac{E}{E_p} = \frac{B - 4\,k\,v}{C - J\,v + L\,v^2} - 2{,}01 + \sqrt{4{,}04 + \frac{4\,D + 16\,k\,v}{C - J\,v + L\,v^2} + \frac{(B - 4\,k\,v)^2}{(G - M\,v + N\,v^2)(H - O\,v + R\,v^2)}} \quad (34)$$

Die einzelnen allgemeinen Bezeichnungen sind

$B = 2 + k;$
$C = 4\,(1 + 0{,}1\,k)\,(1 + A);$
$D = 2{,}01 - k;$
$G = 0{,}16\,(10 + k)^2;$
$H = (1 + A)^2;$
$J = 16\,A + 3{,}2\,k\,A + 1{,}6\,k;$
$L = 6{,}4\,k\,A;$
$M = 1{,}28\,k\,(10 + k);$
$N = 2{,}56\,k^2;$
$O = 8\,A\,(1 + A);$
$R = 16\,A^2.$

An der Proportionalitätsgrenze ist für $k = 2{,}16$ das Verhältnis $E/E_p = 1{,}0$. Das Verhältnis E/E_p ist nicht nur von der Zugspannung P_0 und dem Dehnungsexponenten α abhängig, sondern auch von der Größe v, d. h. von x/l. Mit der Entfernung von den Einspannpunkten des Seiles ändert sich demgemäß auch der Wert E/E_p; die Untersuchung ergibt, daß an den Einspannstellen der Wert am größten wird. Wir benötigen aber später, wenn die Durchhangsänderung des Seiles berücksichtigt werden muß, den Integralwert von E/E_p über die ganze Spannweite. Vorerst wollen wir uns mit dem Maximum beschäftigen; wir finden es, wenn

$$v = \frac{x}{l} = 0$$

gesetzt wird. Dann ist

$$\frac{E}{E_{p_{v=0}}} = \frac{B}{C} - 2{,}01 + \sqrt{4{,}04 + \frac{4\,D}{C} + \frac{B^2}{G\,H}}. \quad (35)$$

Aus Gl. (8) usw. ist zu entnehmen, daß für den Faktor k der Wert 4,32 gewählt werden muß, da Gl. (35) für die Einspannstellen gilt. Damit geht diese in die Form über

$$\frac{E}{E_{p_{v=0}}} = \frac{\sqrt{4{,}04\,A^2 + 6{,}47\,A + 3{,}648} - 0{,}905 - 2{,}01\,A}{1 + A}. \quad (36)$$

Die Bedeutung von A geht aus Gl. (24) hervor. Jedoch sind wir nicht ohne weiteres in der Lage, diesen Ausdruck auf das doppelseitig eingespannte Seil auszudehnen, da die Zugspannung P_p an der Proportionalitätsgrenze wohl über das ganze Seil beim Kugellagerversuch Gültigkeit besitzt, dagegen nur mehr für die Spannfeldmitte beim beiderseits fest eingespannten Seil. Die Theorie der Belastungsverschiebung lehrt, daß die Zusatzbelastung in der Mitte des Spannfeldes für Schlag 1 (innen) des zweischlägigen Seiles 93 % beträgt; sie ändert sich in Abhängigkeit von v. Wir müssen daher vor die Größe P_p einen Faktor β setzen, so daß Gl. (24) in die allgemeine Form übergeht

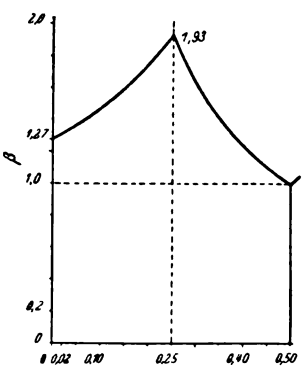


Abb. 6. Abhängigkeit des Korrekturfaktors β der Proportionalitätsgrenze von der spezifischen Entfernung v ($= x/l$).

$$A = \frac{K\,P_p}{n_p\,P_0}\,(P_0 - \beta\,P_p)^{\alpha}. \quad \ldots\ldots \quad (37)$$

Der Faktor β vor der Klammer verschwindet, da auch n_p mit β versehen werden muß.

Der Zusammenhang zwischen β und v ist durch folgende Gleichung gegeben:

$$\beta = \frac{1 + B_1}{1 + B_{1,2}\,(1 - 4\,v)}. \quad \ldots\ldots \quad (38)$$

Es ist $B_1 = 0{,}93$, $B_2 = 0{,}519$.

Zwischen $v = 0 \ldots 0.25$ muß für $B_{1,2}$ der Zusatzbelastungsfaktor $B_2 = 0{,}519$ und zwischen $v = 0.25 \ldots 0.5$ der Faktor $B_1 = 0{,}93$ gesetzt werden. Die Abhängigkeit zwischen β und v geht aus Abb. 6 hervor. Beim doppelseitig eingespannten Seil muß demnach für jeden Querschnitt ein anderes β gewählt werden. *(Schluß folgt.)*

Digitized by Google

Gedanken bei der Berechnung von Transformatoren.

Von **Max Korndörfer**, Frankfurt a. M.

Übersicht. Es wird gezeigt, wie man eine Serie von Transformatoren entwickelt. An einem Beispiel wird die Art der Berechnung aus der festgelegten Serie heraus dargelegt. Zum Schluß wird ein Vorschlag gemacht, wie sich die Transformatorendrähte normen lassen.

Der in der Praxis stehende Ingenieur einer Produktionsfirma hat es in der Regel nicht mit einzelnen Transformatoren zu tun, wenn neue Typen entworfen werden sollen, sondern mit Serien, mit Typenreihen. Im folgenden will ich zeigen, wie man bei einem solchen Entwurf vorgeht und worauf es besonders ankommt. Ich will mich dabei auf runde Kerne beschränken, welche auch am meisten hergestellt werden. Einer späteren Arbeit soll vorbehalten bleiben zu untersuchen, wie sich die Verhältnisse bei unrunden Spulen ändern.

Das Hauptmaß des Transformators ist der Kerndurchmesser. Es handelt sich also nunmehr darum, eine Reihe von Kerndurchmessern festzulegen. Dabei ist es nicht notwendig, von den geforderten Leistungen auszugehen, es genügt vielmehr, die Durchmesserserie rein nach mechanischen Gesichtspunkten festzulegen, so daß also etwa jeder folgende Durchmesser sich um einen bestimmten Prozentsatz von dem vorhergehenden unterscheidet. Die Praxis hat dabei ergeben, daß es zweckmäßig ist, diesen Prozentsatz etwas abzustufen. So bin ich zu folgender Reihe gekommen:

Durchmesser	45 — 60 — 80 — 100 — 125 — 150 — 180 — 210 — 250 — 290 — 340 — 390 — 450 — 510 mm,
Verhältnis	1,33 — 1,33 — 1,25 — 1,25 — 1,2 — 1,2 — 1,17 — 1,19 — 1,16 — 1,17 — 1,15 — 1,15 — 1,13.

Die Leistungstufen nach den R. E. T./30 zeigen demgegenüber bei Leistungen von mehr als 100 kVA ein nahezu konstantes Verhältnis von 1,25, das also wenig von obigem Verhältnis abweicht. Da aber die Leistungen sich ungefähr wie die 4. Potenzen der Durchmesser verändern, kann man somit immer etwa 3 Transformatoren auf einen Durchmesser legen. Diese Maßregel ist zweckmäßig, um mit möglichst wenig Bauteilen auszukommen.

Das nächste wichtige Maß ist die Fensterbreite. Sie hängt im wesentlichen von der zulässigen Erwärmung ab, da wir die Spulen mit Rücksicht auf die Übertemperatur (Wicklung über Öl) nicht zu dick machen dürfen. Ich gehe ungern über 1500 W/m² Spulenoberfläche hinaus. Außerdem kommt noch die Wicklungsanordnung in Betracht; so erfordert die doppelt konzentrische Wicklungsanordnung etwa doppelt so viel Platz wie die einfach konzentrische; die Scheibenwicklung, welche man bei anormalen Kurzschlußspannungen manchmal benötigt, erfordert meist noch etwas mehr. Wir kommen zu folgender Aufstellung: Unterspannung etwa 8 mm Platz, bei Zickzackschaltung bis 10 mm; Oberspannung etwa 20 mm Platz, Isolation bis 10 000 V etwa 10 mm Platz. Dieser Platzbedarf ist im Fenster doppelt vorhanden, so daß sich also zusammen rd. 80 mm ergeben. Dazu kommt der Abstand gegen den Kern sowie der freie Raum zwischen den Schenkeln, was alles zusammen ziemlich genau 100 mm macht. Zu den einzelnen Durchmessern gehören also bis 10 000 V Mittenabstände gleich Kerndurchmesser plus Fensterbreite wie folgt: 145 — 160 — 180 — 200 — 225 — 250 — 280 — 310 — 350 — 390 — 440 — 490 — 550 — 610 mm. Etwa von 250 mm Kerndurchmesser aufwärts wird man doppelt konzentrisch wickeln oder bei nicht zu hohen Spannungen mit Scheibenwicklung arbeiten. Man wird dann also folgende Mittenabstände verwenden:

250 mm	Kerndurchmesser,	Mittenabstand	440 mm
290 „	„	„	490 „
340 „	„	„	550 „
390 „	„	„	610 „
450 „	„	„	680 „
510 „	„	„	760 „

Für die kleineren Durchmesser ergeben sich bei verhältnismäßig geringer Spannung natürlich noch kleinere Mittenabstände. Ich habe unterhalb 145 mm noch die Werte 130 — 110 — 90 mm festgelegt. Bei höheren Spannungen, wie 15 000 ... 20 000 V oder mehr, nimmt man jeweils den nächst höheren Mittenabstand, nach Bedarf noch mehr, jedenfalls so, daß nur die genormten Mittenabstände verwendet werden; das ist im Interesse der Kesselnormung zweckmäßig.

Es bleibt noch die Festlegung der Schenkellängen. Es hat sich aus der Praxis ergeben, daß eine Stufung von 50 mm unter 1 m Gesamtlänge, darüber eine Stufung von 100 mm zweckentsprechend und ausreichend ist. Man kann dann auch die Isolierrohre normen und an Lager legen, ohne daß die Zahl der Sorten zu groß wird. Wenn man keine Stanzen für die Herstellung der Kernbleche verwendet, ist es zweckmäßig, etwa 4 Blechbreiten im Schenkel anzunehmen, selbst bei den kleineren Typen. Bei den Großtransformatoren wird man auf 5 ... 6 Blechbreiten kommen. Das heute fast allgemein verwendete 0,5 mm-Blech gestattet einen Füllfaktor im Kern von 90 %, u. U. bei starker Pressung noch etwas darüber.

Um eine bequeme Übersicht über die entwickelte Typenreihe zu haben, ist es nunmehr zweckmäßig, für jeden Kerndurchmesser die mittlere Leistung auszurechnen, gültig zunächst für Öltransformatoren. Es bezeichne dabei:

Q_e den effektiven Eisenquerschnitt im Schenkel in cm²,
Q_k den effektiven Kupferquerschnitt im Fenster in cm²,
B die Sättigung in Gauß,
δ die Stromdichte in A/mm²,
f die Periodenzahl.

Alsdann ist die Leistung des Dreiphasentransformators in kVA:

$$1{,}66 \cdot \frac{Q_e Q_k}{1000} \cdot \frac{B\delta}{10\,000} \cdot \frac{2f}{100} .$$

Nun kann man im Mittel annehmen, daß der Kupferquerschnitt im Fenster etwa ⅔ des Eisenquerschnittes ausmache. Die Sättigung beträgt zwischen 11 000 und 14 000 Linien, die Stromdichte zwischen 2 und 5 A/mm². Das ergibt Zahlentafel 1, gültig für alle Spannungen.

Zahlentafel 1.

Kern-Dmr. mm	Eisenquerschnitt cm²	Sättigung B Gauß	Stromdichte δ A/mm²	mittlere Leistung kVA
45	12,4	11 000	2	0,374
60	22,1	11 500	2,2	1,37
80	39,3	12 000	2,4	4,95
100	61,4	12 500	2,7	14,08
125	96	13 000	3	39,8
150	138,9	13 500	3,3	95
180	199,5	13 500	3,6	214
210	271	13 500	3,8	417
250	385	13 500	4	886
290	517	13 750	4,2	1710
340	699	14 000	4,4	3330
390	910	14 000	4,5	5770
450	1220	14 000	4,5	10400
510	1560	14 000	4,5	17000

Stromdichte und Eisensättigung sind bei den kleineren Typen mit Rücksicht auf die genormten Werte für Kupfer- und Eisenverluste bei den Einheitstransformatoren gewählt worden. Mit Rücksicht auf die Erwärmung wären weit höhere Werte zulässig. Hier kann der Konstrukteur sich noch auswirken.

Nehmen wir als **Beispiel** die Berechnung eines Öltransformators von 200 kVA, 50 Hz, 6000/400 V, Schaltung $\Delta/\curlywedge$, Schaltgruppe C_1, Stromstärken 19,25/289 A. Der Kern erhält nach obiger Zahlentafel einen Durchmesser von 180 mm, der Mittenabstand wird 280 mm. Die Spannung für eine Windung beträgt bei 13 500 Linien 5,99 V, das ergibt 1000/38,6 Windungen, man wird also mit 1010/39 Windungen rechnen. Die mittlere Stromdichte soll 3,6 sein. Man wird die Unterspannungsseite mit 2 hochkant gewickelten Paralleldrähten 5,2 × 7,3 mm[1] ausführen, was bei einer radialen Dicke von 8 mm eine axiale Länge von 470 mm ergibt. Die Schenkellänge wird 500 mm. Nach der bei mir üblichen Typenbezeichnung erhält man einen Transformator DO 18 — 28 — 50, wobei die 3 Zahlen den Kerndurchmesser, den Mittenabstand und die Schenkellänge je in Zentimeter bedeuten. Man wird ferner bei 6000 V und Dreieckschaltung 10 Hochvoltspulen vorsehen, welche je 101 Windungen erhalten. Bei einer Drahtstärke 1,6 × 2,2 mm erhält darum jede Spule 7 Lagen zu je 15 Windungen. Die Spule wird 17 mm radiale, 42 mm axiale Ausdehnung erhalten.

[1] Siehe spätere Zahlentafel.

Digitized by Google

Weitere Abmessungen:

Schenkelquerschnitt	199,5 cm²	mittl. Windungslänge	Unterspannung 0,616 m
Joch „	242,1 „	„ „	Oberspannung 0,76 „
Schenkelgewicht	224,3 kg	Kupferquerschnitt	Unterspannung 75,2 mm²
Joch „	256,7 „	„	Oberspannung 3,3 „
gesamtes Eisengewicht	481 „	Stromdichte	Unterspannung 3,84 A/mm²
Sättigung im Schenkel	$B = 13\,480$ Gauß	„	Oberspannung 3,37 „
„ „ Joch	$B = 11\,000$ „	Kupferverlust	Unterspannung 1710 W warm
Verlustziffer im Eisen	1,5 W	„	Oberspannung 1850 „ „
Verluste im Schenkel	680 „	gesamter Kupferverlust	3560 „ „ = 1,78 %
„ „ Joch	477 „	Streuung	2,11 %
Gesamtverluste	1157 „	Kurzschlußspannung	2,76 %
Leerlaufstrom	5,5 %	Kupfergewicht	Unterspannung 48,3 kg
Unterspannung Durchm. innen	188 mm	„	Oberspannung 68 kg
Oberspannung Durchm. innen	225 mm	gesamtes Kupfergewicht	116,3 kg

Die gesamte Oberfläche der Unterspannung beträgt 1,73 m², die der Oberspannung 2,69 m². Die Beanspruchungen der Oberfläche mit 1000 bzw. 690 W/m² sind also sehr gering.

Vorstehenden Transformator habe ich mit Dreieckschaltung gerechnet und nicht mit Zickzackschaltung. Letztere wird nur dort zweckmäßig verwendet, wo höhere Spannungen mit kleineren Leistungen zusammentreffen. Sie wird aber unverständigerweise häufig auch dort kategorisch verlangt, wo sie gar nicht am Platze ist; z. B. ergibt bei 30 kVA, 500 V die Zickzackschaltung nur eine unnütze Vergrößerung der Kupferverluste. Die Zickzackschaltung ist eine Aushilfsschaltung, weiter nichts, und die Wahl ihrer Anwendung bleibt am besten dem Fabrikanten überlassen (s. a. R. E. T./30, § 8).

Damit die genormte Typenreihe ihren Zweck voll erfüllen kann, muß sie nicht nur auf Öltransformatoren angewendet werden, sondern ebenso auf Trockentransformatoren, Drosselspulen und überhaupt auf alle Sondertransformatoren. Selbstredend gelten in diesen Fällen die errechneten Mittelleistungen nicht, sondern ändern sich mit den zulässigen Beanspruchungen des aktiven Materials.

Im Anschluß an diese Berechnung mag noch ein Wort für die Normung der Transformatorendrähte eingelegt werden. Es ist bedauerlich, daß Versuche in dieser Richtung bisher nicht gelungen sind. Ich stelle daher im folgenden meine Zahlentafel zur Diskussion, welche mir beim Entwurf von weit über 100 000 Transformatoren während einer 30jährigen Praxis die wertvollsten Dienste geleistet hat.

Zu normen sind dabei: 1. das Profil, 2. die Bespinnung. Für die Profildrähte verwende ich

a) Drähte mit dem Seitenverhältnis 1,4, so daß die Drähte flach oder hochkant verarbeitet werden können,
b) Drähte mit einer Breite von 7 mm,
c) „ „ „ „ „ 8 „
d) „ „ „ „ „ 9 „
e) „ „ „ „ „ 10 „

Die Drähte b) ... e) werden meist hochkant für Niedervoltspulen verwendet. Breitere Drähte dürfen hochkant mit Rücksicht auf die Zusatzverluste und mit Rücksicht auf die Erwärmung nicht verarbeitet werden.

Die Isolationszunahme beträgt bis zu

3 mm Drahtstärke 0,6 mm
4 mm „ 0,7 „
darüber „ 0,8 „ .

Die Profile sind im einzelnen:

Zu a)	1,6 × 2,2	mm, Zunahme	0,6	2,6 × 3,6	mm, Zunahme	0,6	4 × 5,6	mm, Zunahme	0,8	mm
	1,7 × 2,4	„ „	0,6	2,8 × 3,9	„ „	0,6	4,4 × 6,2	„ „	0,8	„
	1,8 × 2,5	„ „	0,6	3 × 4,2	„ „	0,7	4,8 × 6,7	„ „	0,8	„
	1,9 × 2,7	„ „	0,6	3,2 × 4,5	„ „	0,7	5,2 × 7,3	„ „	0,8	„
	2 × 2,8	„ „	0,6	3,4 × 4,8	„ „	0,7	5,6 × 7,8	„ „	0,8	„
	2,2 × 3,1	„ „	0,6	3,6 × 5	„ „	0,7	6 × 8,4	„ „	0,8	„
	2,4 × 3,4	„ „	0,6	3,8 × 5,3	„ „	0,7	6,4 × 9	„ „	0,8	„
Zu b)	2,2 × 7	mm, Zunahme	0,6	3,8 × 7	mm, Zunahme	0,7	5,5 × 7	mm, Zunahme	0,8	mm
	2,6 × 7	„ „	0,6	4,2 × 7	„ „	0 7	6 × 7	„ „	0,8	„
	3 × 7	„ „	0,7	4,6 × 7	„ „	0,7	6,5 × 7	„ „	0,8	„
	3,4 × 7	„ „	0,7	5 × 7	„ „	0,7	7 × 7	„ „	0,8	„
Zu c)	2 × 8	mm, Zunahme	0,6	3,2 × 8	mm, Zunahme	0,7	4,5 × 8	mm, Zunahme	0,8	mm
	2,4 × 8	„ „	0,6	3,6 × 8	„ „	0,7	5 × 8	„ „	0,8	„
	2,8 × 8	„ „	0,6	4 × 8	„ „	0,8				
Zu d)	2,2 × 9	mm, Zunahme	0,6	3,4 × 9	mm, Zunahme	0,7	4,6 × 9	mm, Zunahme	0,8	mm
	2,6 × 9	„ „	0,6	3,8 × 9	„ „	0,7	5 × 9	„ „	0,8	„
	3 × 9	„ „	0,7	4,2 × 9	„ „	0,8				
Zu e)	2 × 10	mm, Zunahme	0,6	3,2 × 10	mm, Zunahme	0,7	4,5 × 10	mm, Zunahme	0,8	mm
	2,4 × 10	„ „	0,6	3,6 × 10	„ „	0,7	5 × 10	„ „	0,8	„
	2,8 × 10	„ „	0,6	4 × 10	„ „	0,8				

Ferner die Runddrähte:

0,2	mm Dmr.,	Zunahme	0,35	mm	0,95	mm Dmr.,	Zunahme	0,45	mm
0,25	„ „	„	0,35	„	1,0	„ „	„	0,5	„
0,3	„ „	„	0,35	„	1,05	„ „	„	0,5	„
0,35	„ „	„	0,35	„	1,1	„ „	„	0,5	„
0,4	„ „	„	0,4	„	1,15	„ „	„	0,5	„
0,45	„ „	„	0,4	„	1,27	„ „	„	0,5	„
0,5	„ „	„	0,4	„	1,25	„ „	„	0,5	„
0,55	„ „	„	0,4	„	1,3	„ „	„	0,55	„
0,6	„ „	„	0,4	„	1,35	„ „	„	0,55	„
0,65	„ „	„	0,4	„	1,4	„ „	„	0,55	„
0,7	„ „	„	0,45	„	1,5	„ „	„	0,55	„
0,75	„ „	„	0,45	„	1,6	„ „	„	0,55	„
0,8	„ „	„	0,45	„	1,7	„ „	„	0,6	„
0,85	„ „	„	0,45	„	1,8	„ „	„	0,6	„
0,9	„ „	„	0,45	„	1,9	„ „	„	0,6	„

Mit diesen 87 Profilen lassen sich alle wickeltechnischen Aufgaben bequem lösen. Drähte mit diesen Isolationszunahmen gestatten Transformatoren zu bauen, welche den heute vorgeschriebenen hohen Stoßproben voll gewachsen sind.

Beitrag zur Untersuchung der Einschaltzeiten von Ölschaltern.

Von **F. Graul** und **L. Kumlik**, Radeberg-Dresden.

Übersicht. Es wird über Einschaltzeitstudien an Ölschalterantrieben berichtet und darauf hingewiesen, daß die Einschaltung schnell erfolgen muß. Bei Handschaltungen ist die erreichbare Einschaltzeit sehr von der Geschicklichkeit des Schaltwärters sowie der Bauart des Antriebes und Ölschalters abhängig, während man bei Schaltmagneten durch reichlichen Querschnitt der Zuleitungen für genügende Leistungszufuhr sorgen muß, damit bei etwaigem Schalten auf Kurzschluß die vollkommene Einschaltung des Ölschalters erreicht wird. Kraft- oder Federspeicherantriebe können wirtschaftlich mit größerer Kraftreserve ausgeführt werden als Schaltmagnete.

Die ständig steigende Kurzschlußleistung der Kraftwerke hat es mit sich gebracht, daß man gezwungen wurde, die Schaltvorgänge der Ölschalter in ihren Einzelheiten theoretisch und praktisch eingehend zu untersuchen, um für die Ausbildung der heutigen Ölschalter und deren Antriebe folgerichtige Schlüsse ziehen zu können.

Bei diesen Untersuchungen hat sich ergeben, daß nicht nur die Ausschaltvorgänge — d. h. also die Löschung des Ausschaltlichtbogens bzw. die Verhinderung seiner Wiederzündung — von Wichtigkeit für die Konstruktion und Auswahl des Schalters sind, sondern es ergab sich, daß man auch dem Einschaltvorgang eine wesentlich größere Wichtigkeit beimessen muß, als man dies früher getan hat.

Eine erste Auswirkung solcher verschiedentlich begonnenen Versuche ist bereits in den VDE-Vorschriften Nr. 434 — R.E.H./1929 — zu finden. Daselbst werden in § 41 Vorschriften für die Einschaltfestigkeit zunächst der Reihenölschalter gegeben. Der Endabsatz dieses Paragraphen weist außerdem darauf hin, daß „die Beanspruchung des Schalters beim Einschalten um so höher ist, je langsamer die Einschaltung erfolgt". Daraus wird die Folgerung gezogen, daß die Einschaltung schnell vor sich gehen muß, besonders wenn der Einschaltstromstoß erhebliche Werte erreichen kann. Speziell solle bei Hochleistungschaltern die Einschaltung nicht mehr von Hand, sondern mechanisch erfolgen, damit eine genügende, vom Bedienenden unabhängige Geschwindigkeit erreicht wird.

Auch gelegentlich der zweiten Weltkraftkonferenz in Berlin wird in Bericht Nr. 41 der Sektion 19 darauf hingewiesen, daß man von Hand nur bis zu Stoßströmen von etwa 30 000 A betriebsicher einschalten kann.

Ein weiterer Punkt, der für die Einschaltgeschwindigkeit von Ölschaltern von Wichtigkeit sein kann, ist die Synchronisierung von Generatoren unmittelbar in den

Digitized by Google

Kraftwerken. Während das Parallelschalten im Netz, also über größere Leitungslängen hinweg, infolge ihrer Dämpfungseigenschaften im allgemeinen keine Schwierigkeiten verursacht, wird es beim Synchronisieren von Maschinen ohne solche dämpfende Zwischenglieder wünschenswert sein, wenn die Zeitverzögerung des Einschaltvorganges vom Erfassen des Synchronismus der beiden zusammenzuschaltenden Systeme bis zur durchgeführten Kontaktgabe im Schalter möglichst kurz gehalten wird, um unnötige Ausgleicherscheinungen zwischen den beiden Gruppen zu vermeiden oder doch in ihrer Größe nach Möglichkeit zu beschränken.

Während die Untersuchungen für Schaltversuche mit direkter Handbetätigung verhältnismäßig einfach und übersichtlich sind, müssen die Schaltvorgänge bei Verwendung von mechanischen Einrichtungen, z. B. Schaltmagneten bzw. Kraftspeichern, mit Rücksicht auf die verschiedenen aufeinanderfolgenden Funktionen ihrer einzelnen Elemente entsprechend aufgelöst und gesondert betrachtet werden.

1. Direkte Handschaltung.

Es ist von vornherein klar, daß die Einschaltgeschwindigkeit bei direkter Handbetätigung nicht nur von der Größe des Schalters und seiner Bauart abhängig sein wird, sondern daß hier auch subjektive Momente eine ganz wesentliche Rolle spielen, wie z. B. Körperkraft und -größe des betreffenden Schaltwärters, seine Übung im Einschalten, seine augenblickliche körperliche Disposition, seine Aufmerksamkeit und verschiedene ähnliche Momente. Abb. 1 zeigt den Einfluß derartiger Momente bei Handbetätigung eines mittelschweren Einkesselschalters der Reihe 20.

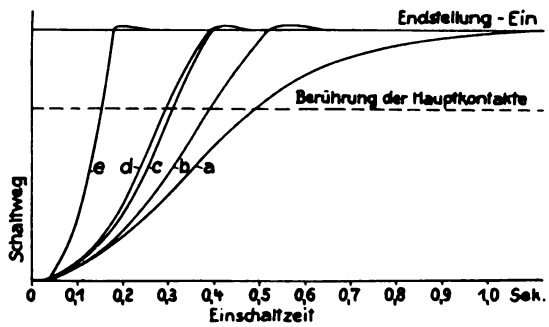


Abb. 1. Einfluß der zunehmenden Geschicklichkeit des Schaltwärters auf die Schaltzeit bei Einschaltung eines mittelschweren Ölschalters durch Handrad (Kurven *a* ... *d*); Schaltwinkel 180°. Kurve *e*: Einschaltung durch Kraftspeicher.

Kurve *a* gibt den Einschaltvorgang bei Betätigung des Schalters durch einen Monteur wieder, der einer solchen Beschäftigung keineswegs fremd gegenübersteht, sondern ständig mit Ölschaltern zu tun hat, ohne aber diesen Versuchschalter vorher geschaltet zu haben. Dem Mann war bekannt, daß das Handrad einen Schaltwinkel von 180° benötigt. Die erste Betätigung des Schalters erfordert eine Zeitdauer von fast 0,5 s bis zur Berührung der Kontakte, während die Gesamtschaltung bis zur Erreichung der vollen „Ein"-Stellung etwa 1 s dauert.

Kurve *b* zeigt den unmittelbar darauf folgenden zweiten Schaltversuch. Man sieht den Einfluß der Übung, indem die Berührung der Kontakte jetzt in bereits 0,4 s erfolgt und für die Erreichung der Endstellung des Schalters nurmehr 0,5 s, also die halbe Zeit des ersten Einschaltversuches, erforderlich sind.

Nach öfterer Vornahme der Schaltung ergeben sich schließlich als günstigste Werte die Kurven *c* und *d*, bei denen das Berühren der Kontakte in etwa 0,3 s erzielt wird und zur Erreichung der Endstellung 0,4 s genügen. Kurve *e* zeigt zum Vergleich hiermit die Schaltvorgänge bei Verwendung eines Kraftspeichers, bei dem die entsprechenden Zeiten auf etwa 0,15 bzw. 0,18 s herabgehen.

Abb. 3 läßt die Verhältnisse für einen normalen Reihenschalter für 20 kV erkennen unter Verwendung eines Steigbügelantriebes nach Abb. 2.

Kurve *a* gibt das Bild einer ersten Einschaltung von Hand wieder, also in ungeübtem Zustande des Monteurs. Interessant ist die Einwirkung der Umkehrung der Muskelkraftwirkung aus dem anfänglichen Heraufziehen des Steigbügels in die Druckwirkung gegen Ende der Bewegung kurz vor Erreichung der Kontakte. Die Kontaktberührung tritt hier in 0,35 s ein, während die Endstellung in 0,6 s erreicht wird. Nach mehrmaligen Schaltungen wurden die Kurven *b* und *c* erzielt, bei welchen die obenerwähnte Einwirkung der Kraftumkehr durch Übung beseitigt ist und die Kontaktberührung in 0,16 s, die Endstellung in 0,26 s erreicht wird.

Es ist natürlich, daß diese Unterschiede in der Schaltgeschwindigkeit bei Vornahme sogenannter Handnotschaltungen schwerer und schwerster Schalter, die von vornherein nur für Kraftschaltung konstruiert sind, noch wesentlich mehr in Erscheinung treten werden.

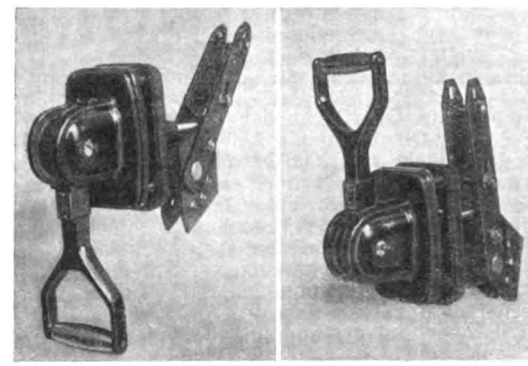


Abb. 2. Steigbügelantrieb für Ölschalter in Stellung „Aus" und „Ein"

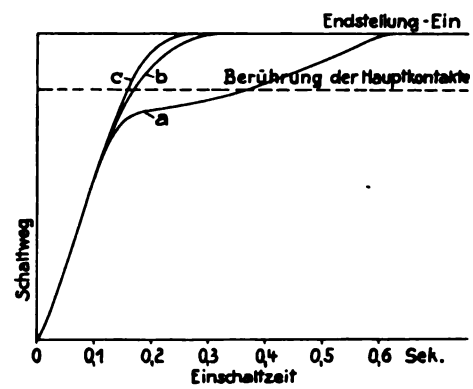


Abb. 3. Einfluß der zunehmenden Geschicklichkeit des Schaltwärters auf die Schaltzeit bei Einschaltung eines leichten Ölschalters durch Steigbügelantrieb nach Abb. 2.

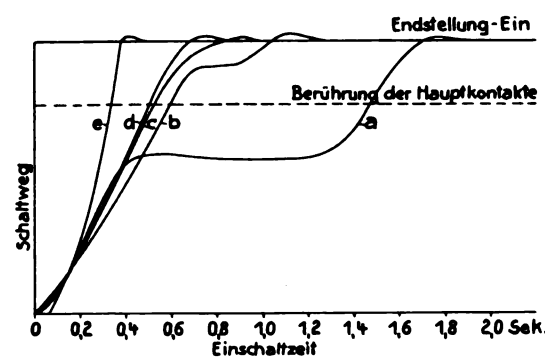


Abb. 4. Einfluß der zunehmenden Geschicklichkeit des Schaltwärters auf die Schaltzeit bei Handnotschaltung eines schweren Ölschalters (Kurven *a* ... *d*); Schaltwinkel 180°. Kurve *e*: Einschaltung durch Drehmagnet.

Abb. 4 zeigt in den Kurven *a* ... *d* den Einfluß der zunehmenden Übung des Schaltenden, ähnlich wie in Abb. 1. Die mehr oder minder horizontale Unterbrechung des ansteigenden Kurvenverlaufes ist eine Folge des bei der Größe des Drehmomentes erforderlichen Nachgreifens im Handrad (Schaltwinkel 180°). Kurve *e* gibt zum Vergleich die Verhältnisse an demselben Schalter bei Verwendung des zugehörigen Drehmagneten.

2. Schaltmagnete.

Bei der Verwendung von Schaltmagneten, Abb. 5, wird man im allgemeinen mittels Druckknopf- oder Hebelbetätigung durch Hand oder durch ein Kontaktrelais der Synchronisierungs-Vorrichtung einen Steuerstromkreis schließen, der das Schütz zum Ansprechen bringt, das seinerseits den Stromkreis des Schaltmagneten ein- und ausschaltet. Hier wird sich also erst das Magnetfeld des

Digitized by Google

Schützes ausbilden müssen, ehe die Kontaktgabe für den eigentlichen Schaltmagneten erfolgen kann. Darauf muß sich das Magnetfeld dieses Schaltmagneten aufbauen, ehe die Bewegung seines Ankers und die Mitnahme der Schalterwelle eintritt.

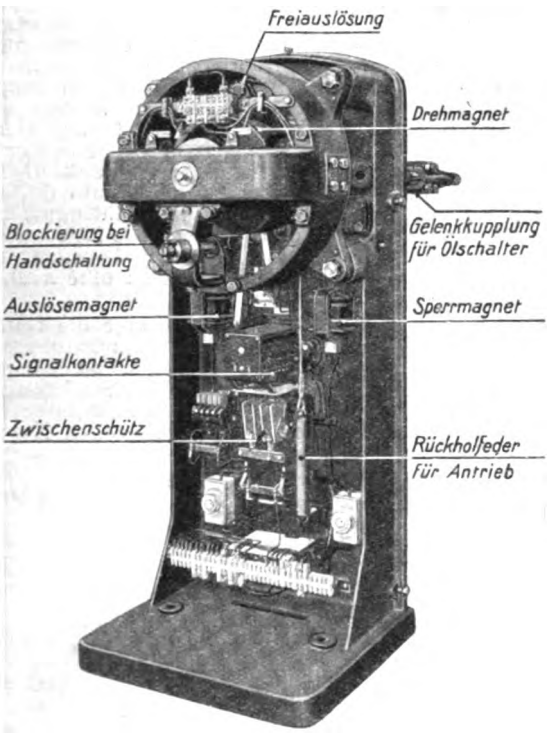


Abb. 5. Schaltmagnet des Sachsenwerkes für schwere Ölschalter in freistehender Schaltsäule. Der Drehmagnet wird durch Zwischenschütz gesteuert.

Man wird also unterscheiden:

a) die Eigenzeit des Schützes, d. i. die Zeit von der Kontaktgabe im Steuerstromkreis bis zur Kontaktgabe des Schützes im Betätigungstromkreis des Schaltmagneten;
b) die Eigenzeit des Schaltmagneten, d. i. die Zeit von der Kontaktgabe in seinem Stromkreis bis zum Beginn der Bewegung des Ankers;

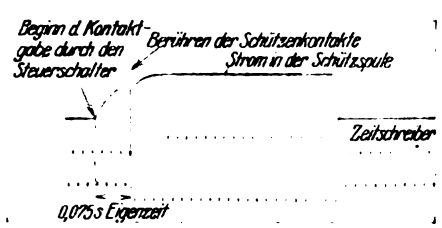


Abb. 6. Oszillogramm des Stromverlaufes in einer Stromspule beim Ansprechen des Schützes; darunter Zeitmaßstab durch Zeitschreiber fixiert.

c) die Eigenzeit des Schalters, d. i. die Zeit vom Beginn der Bewegung des Ankers des Schaltmagneten unter gleichzeitiger Mitnahme der Schalterwelle bis zur Berührung der Schalter-Hauptkontakte.

Abb. 6 zeigt eine oszillographische Aufnahme der Arbeitsweise eines solchen Schützes: Die unter a) erwähnte Eigenzeit besteht danach aus zwei Teilen,

1. dem Zeitabschnitt, in welchem der aufgenommene Strom soweit ansteigt, daß infolge Ausbildung des Magnetfeldes die Bewegung des Ankers beginnt, und
2. aus dem Zeitteilchen für die Bewegung des Ankers selbst bis zur erfolgten Berührung der Schützkontakte, im Oszillogramm kenntlich durch das Sinken der Stromaufnahme.

Der darauffolgende Teil des Stromdiagrammes, der ein erneutes Ansteigen des aufgenommenen Stromes bis zu einem bestimmten Endwert aufweist, ist für den Einschaltvorgang des Schalters nicht mehr von Bedeutung. Zur genauen Fixierung der benötigten Zeit für das Ansprechen des Schützes ist im Oszillogramm durch einen Zeitschreiber der Zeitmaßstab fixiert. Es ergibt sich daraus die unter a) definierte Eigenzeit im vorliegenden Falle zu 0,075 s.

Die Stromaufnahme der Schützspule bzw. die Geschwindigkeit der Feldausbildung ist abhängig von der zur Verfügung stehenden Spannung. Laut VDE-Vorschrift Nr. 434 — R.E.H./1929 — § 53 müssen elektrisch betätigte Einschaltvorrichtungen noch bei einer Betätigungsspannung wirken, die von ihrem Nennwert um + 10 % oder — 15 % abweicht.

Abb. 7 zeigt ein Diagramm, das die Abhängigkeit der Eigenzeit eines solchen Gleichstromschützes von seiner Betätigungsspannung, ausgedrückt in Prozenten der Nennspannung, darstellt. Man sieht, daß die Mittelwertkurve aus einer großen Reihe von untersuchten Schützen ein leichtes Sinken der Eigenzeit mit steigender Spannung ergibt, u. zw. herrscht innerhalb des VDE-Bereiches praktisch umgekehrte Proportionalität zwischen Zeit und Spannung.

Abb. 8 läßt eine ähnliche Abhängigkeit der Eigenzeit des Schaltmagneten — siehe Definition b) — von seiner Betätigungsspannung erkennen. Auch hier ist innerhalb des VDE-Bereiches die Abhängigkeit praktisch umgekehrt proportional.

Die oszillographische Aufnahme, Abb. 9, gibt im ersten Abschnitt den ansteigenden Ast der Stromaufnahme und damit die Dauer der Eigenzeit des Schaltmagneten wieder, entsprechend dem durch den Zeitschreiber fixierten Zeitwert t_2. Bevor noch der Strom seinen maximalen Wert erreicht, setzen die Ankerbewegung und gleichzeitig die Mitnahme der Schalterwelle ein. Die Eigenzeit des Schalters entspricht gemäß der Definition c) dem Zeitabschnitt t_3 der Aufzeichnung des Zeitschreibers, während der zusätzliche Betrag t_4 noch für das vollkommene Einschalten in die Kontakte erforderlich ist.

Im vorliegenden Beispiel beträgt die Eigenzeit des Schaltmagneten 0,04 s und die Eigenzeit des Schalters selbst 0,3 s. Für das Eindringen in die Kontakte ist noch die restliche Zeit von etwa 0,03 s nötig.

Abb. 10 gibt eine Übersicht über die Abhängigkeit der Eigenzeiten verschiedener Schaltertypen in Verbindung mit ihrem zugehörigen Schaltmagnet von der Betätigungsspannung. Der Verlauf der Kurven ist bei unterschiedlicher Höhenlage ihrer Absolutwerte gleichartig. Um auf

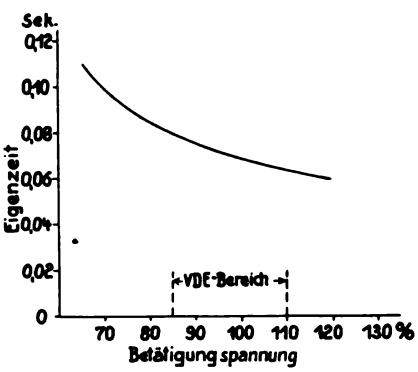


Abb. 7. Eigenzeit eines Schützes in Abhängigkeit von seiner Betätigungsspannung in Prozenten der Nennspannung.

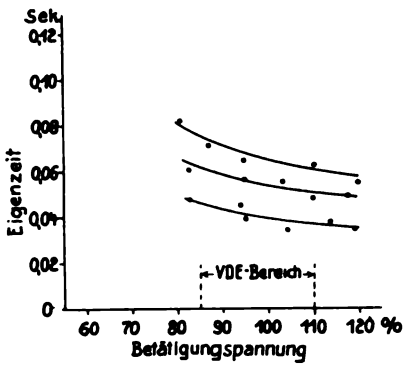


Abb. 8. Eigenzeit von Schaltmagneten verschiedener Type in Abhängigkeit von ihrer Betätigungspannung in Prozenten der Nennspannung.

übersichtliche Mittelwerte zu kommen, wurde in Abb. 11 die jedem Schalter bei Nennspannung der Schaltmagnete zukommende Eigenzeit gleich 100 % gesetzt. Das Diagramm zeigt eine gute Übereinstimmung der aufgenommenen Punkte und läßt, wie früher, innerhalb des VDE-Bereiches umgekehrte Proportionalität zwischen Betätigungspannung und prozentualer Eigenzeit erkennen.

Aus den einzelnen bisher mitgeteilten Daten kann man die gesamte Einschaltzeit für Schalter und Schaltmagnete verschiedener Typen zusammenfassen, so daß die in Abb. 12 dargestellte Mittelwertkurve praktisch für sämtliche Schalter eines und desselben Fabrikates mit Schaltmagnetbetätigung gilt.

Entsprechend dem prozentualen Zusammenhange zwischen der Zeitdauer der einzelnen Funktionen und der

Digitized by Google

Betätigungspannung ergibt sich auch hier wieder für die Gesamtzeit des Einschaltevorganges umgekehrte Proportionalität im VDE-Bereich. Die Extremwerte betragen beim Sinken der Betätigungspannung auf 85 % der Nennspannung ein Ansteigen der Schaltzeit um nicht ganz 20 % bzw. bei einem Ansteigen der Betätigungspannung auf 110 % eine Verringerung der Schaltzeit um nicht ganz 10 %.

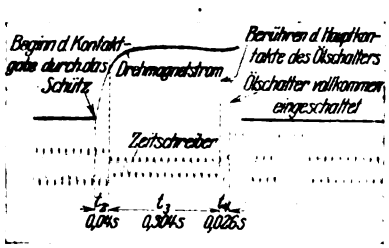


Abb. 9. Oszillogramm des Stromverlaufes im Drehmagneten während des Einschaltvorganges; darunter Fixierung des Zeitmaßstabes durch Zeitschreiber.

In Abb. 13 sind schließlich die Absolutwerte der gesamten Einschaltzeit in Abhängigkeit von der Schaltergröße, ausgedrückt durch ihr erforderliches Einschaltdrehmoment, dargestellt. Man findet eine geringste Einschaltzeit von etwa 0,2 s bei kleinsten Schaltern, die sich bei Dreikesselschaltern größter Type bis auf etwa 0,6 s erhöht.

Wählen wir den Kupferquerschnitt zu 95 mm², so erhalten wir die Spannungsabfallkurve *c* und die am Schaltmagnet zur Verfügung stehende Leistung nach Kurve *d*. Die Klemmenspannung des Schaltmagneten im eingeschalteten Zustande ergibt sich also zu 110 V (Punkt *F*) und die tatsächlich vorhandene Leistung an seinen Klemmen zu 20 kW (Punkt *G*) entsprechend seinem tatsächlichen Erfordernis.

Der Gedanke, eine Umwicklung des Schaltmagneten entsprechend dem zu erwartenden großen Spannungsabfall für eine geringere fiktive Nennspannung vorzunehmen, statt die Zuleitungen zu verstärken, ist aus wirtschaftlichen Gründen nicht empfehlenswert. Die Durchrechnung des vorliegenden Beispiels ergibt dann nämlich eine fiktive Nennspannung von nur 76 V (Punkt *D*) bei einer tatsächlichen Leistung von 20 kW (Punkt *C*), aber zugleich eine Stromstärke von 260 A im Betätigungskreis statt 180 A bei normalen Verhältnissen. Die Leitungsverluste würden in diesem Falle rd. 12 kW betragen, also 60 % der Nutzleistung. Dementsprechend müßte auch die Batterie größer gewählt werden.

Abb. 16 zeigt in diesem Zusammenhange die Gefahr, die bei Unterschreitung der erforderlichen zuzuführenden Leistung, abgesehen von einer etwaigen zu geringen Schaltgeschwindigkeit, noch dadurch entstehen kann, daß der Schalter möglicherweise überhaupt nicht in seine Endlage kommt, sondern schon früher, ohne vollen Kontakt

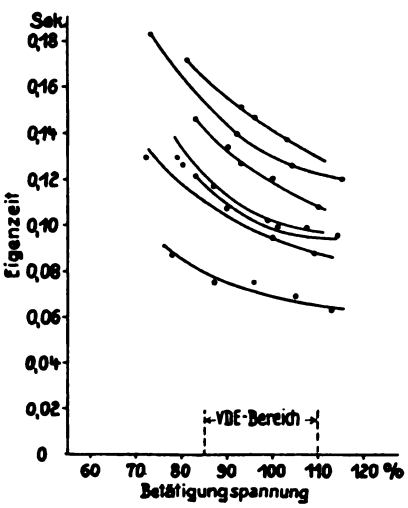


Abb. 10. Übersicht über die Abhängigkeit der Eigenzeiten verschiedener Schaltertypen in Verwendung mit ihrem Schaltmagnet von der Betätigungspannung in Prozenten der Nennspannung des Schaltmagneten.

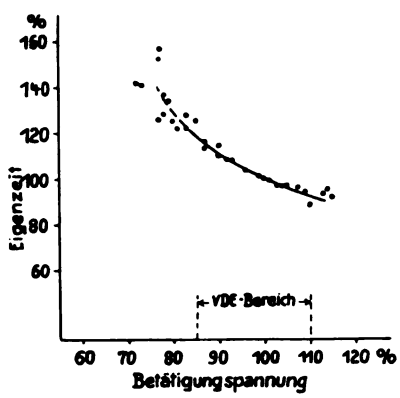


Abb. 11. Eigenzeit verschiedener Schalter bei Betätigung durch Schaltmagnet in Prozenten der bei Nennspannung auftretenden Eigenzeit in Abhängigkeit von der Betätigungspannung.

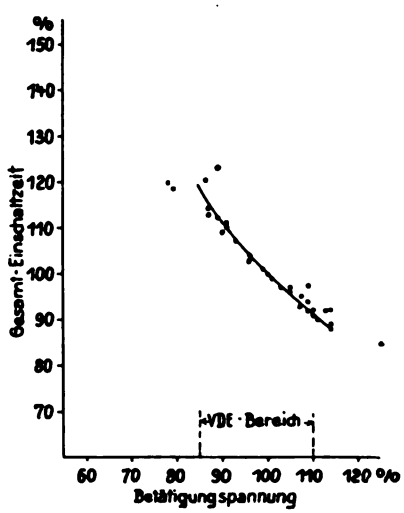


Abb. 12. Gesamteinschaltzeit verschiedener Schalter bei Betätigung durch Schaltmagnet in Prozenten der bei Nennspannung auftretenden Gesamtschaltzeit in Abhängigkeit von der Betätigungspannung.

Abb. 14 zeigt für die gleichen Verhältnisse den Leistungsverbrauch der einzelnen Schaltmagnetgrößen bei Verwendung für verschiedene Schaltertypen; er variiert äußerst zwischen 4 kW und etwa 40 kW.

Die Größe der aus dieser Darstellung ersichtlichen Leistungen erinnert an die Wichtigkeit der richtigen Bemessung der Betätigungszuleitungen, ganz besonders bei Verwendung geringer Nennspannungen, wie sie seitens der Betriebe immer wieder verlangt werden. Es besteht sonst vor allem bei größeren Schaltern die Gefahr, daß die zu ihrer Betätigung erforderliche Leistungszufuhr dem Schaltmagnet überhaupt nicht zur Verfügung steht.

Abb. 15 gibt eine graphische Darstellung eines solchen praktischen Beispiels für einen Schalter mittlerer Größe, für welchen der Schaltmagnet eine Leistungsaufnahme von 20 kW erfordert. Unter der Annahme einer Batterie von 120 V und 180 A bei einer Länge der Zuleitung von 300 m für Hin- und Rückleitung soll in einem Falle entsprechend der thermischen Belastungsmöglichkeit 35 mm² Kupfer gewählt werden, ohne Rücksichtnahme auf den zu erwartenden Spannungsabfall. Dieser entspricht der Kurve *a*. Die zugehörige Leistungskurve *b* ergibt die Leistung, die an den Schaltmagnetklemmen übrig bleibt, wenn der Stromkreis an die Batterie angelegt wird. Wir finden am Schaltmagnet eine Restspannung von etwa 94 V (Punkt *A*) und eine noch verfügbare Leistung von etwa 14 kW (Punkt *B*). Die zur Verfügung stehende Leistung ist also für die Betätigung des Schalters zu gering, da sie wesentlich unter den erforderlichen 20 kW bleibt.

zu geben, stehen bleibt. Diese Möglichkeit wird in erster Linie bei Schalten auf Kurzschluß auftreten, wo unter Umständen nicht unwesentliche elektrodynamische und andere

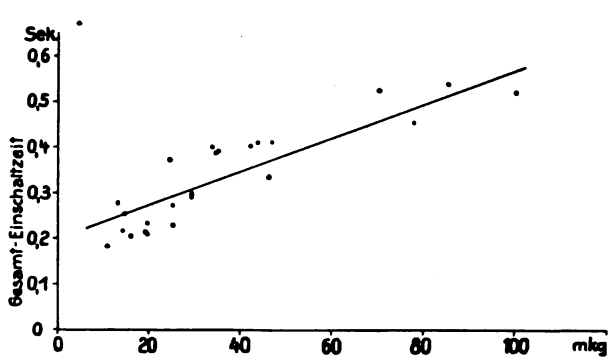


Abb. 13. Gesamteinschaltzeit verschiedener Ölschalter bei Betätigung durch Drehmagnet in Abhängigkeit von der Schaltergröße, ausgedrückt durch ihr Einschaltdrehmoment.

Gegenkräfte zu überwinden sind. Denn während z. B. nach Kurve *a* die dem Schaltmagneten zugeführte Leistung trotz des zu großen Spannungsabfalles in der Betätigungsleitung bei einer normalen Betriebschaltung zur Erreichung der Endstellung noch ausreicht, ergibt sich aus Kurve *b*, daß bei Schalten auf Kurzschluß diese

Digitized by Google

Leistung zur Durchführung des vollen Einschaltvorgangs nicht mehr genügt.

Die oszillographische Aufnahme in Abb. 17 zeigt ein solches Sinken der Betätigungspannung am Schaltmagnet im Zusammenhange mit seiner Stromaufnahme. Die Oberschwingungen in der Spannungskurve des Oszillogrammes sind in einer Zufälligkeit der Versuchsanordnung begründet und haben mit den vorliegenden Untersuchungen nichts zu tun.

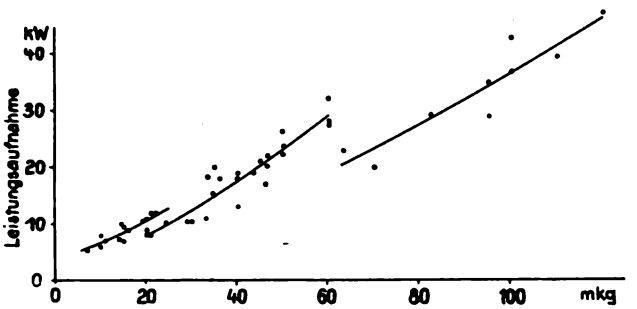


Abb. 14. Leistungsaufnahme der Sachsenwerk-Drehmagnete bei Verwendung von verschiedenen Ölschaltergrößen, ausgedrückt durch ihr Einschaltdrehmoment.

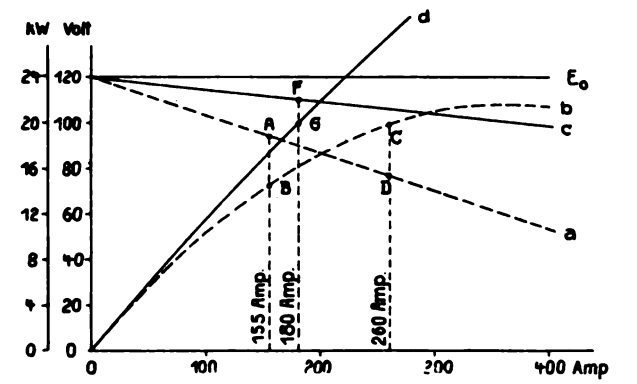
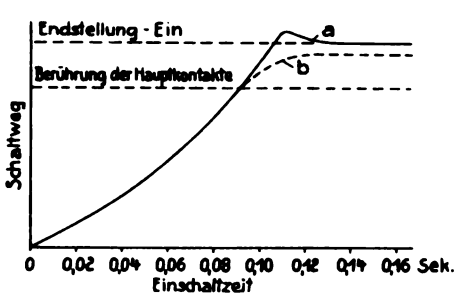


Abb. 15. Spannungsabfall in der Zuleitung und Leistungsaufnahme eines Drehmagneten bei verschiedener Bemessung der Zuleitung.



a betriebsmäßige Schaltung *b* Schalten auf Kurzschluß

Abb. 16. Einschaltvorgang bei zu geringer Betätigungsleistung infolge zu großen Spannungsabfalles.

3. Kraftspeicher.

Die im vorigen Abschnitt angestellten Überlegungen haben es mit sich gebracht, daß man schon frühzeitig versuchte, andere Betätigungseinrichtungen zu schaffen, die einen geringeren Leistungsverbrauch aufweisen. Ein wesentliches Moment war hierbei auch die Unbequemlichkeit, daß Schaltmagnete mit Gleichstrom betrieben werden müssen und zu diesem Zweck meist eine eigene Batterie erforderlich wird. Um sich hiervon unabhängig zu machen, hat man sogenannte Kraftspeicher, Abb. 18, gebaut, bei denen ein Federpaket durch motorische Kraft gespannt oder ein Fallgewicht gehoben wird. Die solcherweise aufgespeicherte Energie reicht dann für den Einschaltvorgang selbst aus. Sie wird durch eine entsprechende Entriegelungsvorrichtung freigegeben, um die Einschaltbewegung der Schaltertraverse zu bewirken. Da die für die Speicherung der Energie erforderliche Zeit nicht durch die Dauer des eigentlichen Schaltvorganges begrenzt wird, darf sie sich über einen längeren Zeitraum erstrecken. Demzufolge kann die erforderliche Leistung des motorischen Aufzuges durch eine entsprechende Übersetzung vermindert werden, ebenso wie auch die Stromart des Motors den in der Anlage vorhandenen Verhältnissen beliebig angepaßt werden kann.

Die Entriegelung zwischen dem Aufzugsmotor und dem eigentlichen Kraftspeicherelement wird durch einen sogenannten Einschaltmagnet vorgenommen. Je nach der Größe des Kraftspeichers bzw. der in demselben zur Auswirkung kommenden Federkraft kann dieser Einschaltmagnet direkt mittels eines Betätigungsschalters von Hand bzw. durch das Kontaktrelais der Synchronisiereinrichtung ausgelöst werden oder es muß ein Zwischenschütz hierfür Verwendung finden.

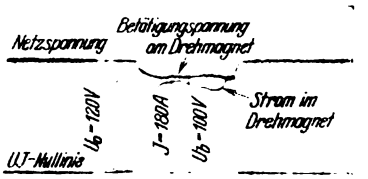


Abb. 17. Oszillographische Aufnahme des Spannungsabfalles an den Klemmen eines Drehmagneten und seiner Stromaufnahme während des Einschaltvorganges.

Im ersten Falle wird der Stromkreis des Einschaltmagneten unmittelbar geschlossen, worauf sich sein Magnetfeld ausbildet, bis die Ankerbewegung eintritt. Durch diese erfolgt dann die Entriegelung des Kraftspeicherelementes. Im zweiten Falle tritt noch vorher die Betätigungsdauer des Zwischenschützes hinzu.

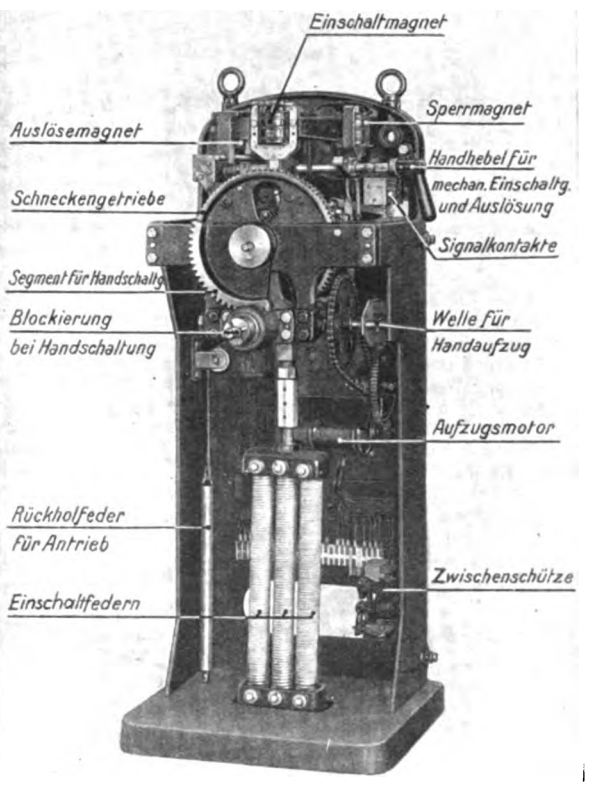


Abb. 18. Kraftspeicher des Sachsenwerkes für schwere Ölschalter in freistehender Schaltsäule. Die Einschaltfedern werden durch einen Aufzugsmotor gespannt und durch einen Einschaltmagnet zur Schalterbetätigung freigegeben.

Man unterscheidet also sinngemäß

a) die Eigenzeit des Zwischenschützes (sofern ein solches verwendet wird), d. i. die Zeit von der Kontaktgabe im Steuerstromkreis bis zur Kontaktgabe des Schützes im Betätigungskreis des Einschaltmagneten, ähnlich wie unter 2 a) Schaltmagnete; s. a. Abb. 6 u. 7;

b) die Eigenzeit des Einschaltmagneten, d. i. in diesem Falle abweichend von 2 b) die Zeit von der Kontaktgabe im Stromkreis des Einschaltmagneten bis zur erfolgten Entriegelung, also bis zum Beginn der Bewegung des eigentlichen Kraftspeicherelementes;

c) die Eigenzeit des Schalters, d. i. die Zeit vom Beginn der Bewegung des Kraftspeicherelementes unter gleichzeitiger Mitnahme der Schalterwelle bis zur Berührung der Schalterhauptkontakte.

Digitized by Google

Abb. 19 zeigt eine oszillographische Aufnahme der Arbeitsweise eines solchen Einschaltmagneten. Die unter b) erwähnte Eigenzeit besteht, ähnlich wie beim Schütz, aus zwei Teilen:

1. aus dem Zeitabschnitt, in welchem die Stromaufnahme so weit ansteigt, daß infolge Ausbildung des Magnetfeldes die Bewegung des Ankers beginnt und
2. aus dem Zeitteil für die Bewegung des Ankers selbst bis zur erfolgten Entriegelung des Kraftspeicherelementes, im Oszillogramm kenntlich durch das Sinken der Stromaufnahme.

Der darauffolgende Teil des Stromdiagrammes, der ein erneutes Ansteigen der Stromaufnahme bis zu einem bestimmten Endwert aufweist, ist für den Einschaltvorgang des Schalters nicht mehr von Bedeutung. Zur genauen Bestimmung der benötigten Zeit für das Ansprechen des Einschaltmagneten ist im Oszillogramm ähnlich wie früher durch einen Zeitschreiber der Zeitmaßstab festgelegt. Es ergibt sich daraus die unter b) definierte Eigenzeit des Einschaltmagneten im vorliegenden Falle zu 0,09 s.

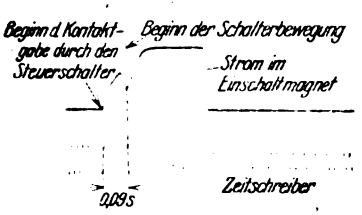


Abb. 19. Oszillographische Aufnahme des Stromverlaufes beim Ansprechen eines Einschaltmagneten; darunter Fixierung des Zeitmaßstabes durch Zeitschreiber.

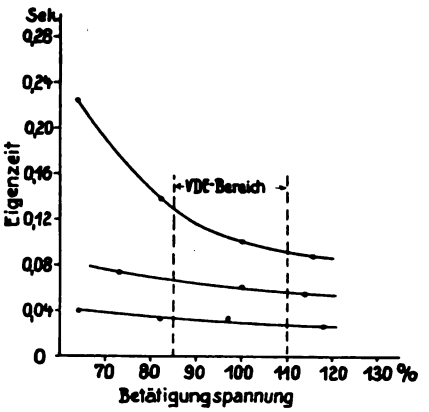


Abb. 20. Eigenzeit verschiedener Einschaltmagnete in Abhängigkeit von ihrer Betätigungsspannung in Prozenten der Nennspannung.

In Abb. 22 sind die Absolutwerte der gesamten Einschaltzeit in Abhängigkeit von der Schaltergröße, ausgedrückt durch das für dieselben erforderliche Drehmoment, dargestellt, wobei wir Einschaltzeiten von etwa 0,1 s bei kleinsten bis zu etwa 0,4 s bei Dreikesselschaltern schwerster Type finden.

Abb. 23 zeigt den Leistungsverbrauch der Kraftspeicherm toren bei Verwendung verschiedener Schaltertypen; er variiert äußerst zwischen 0,5 und etwa 2 kW.

4. Vergleich zwischen Schaltmagneten und Kraftspeichern.

Der Vergleich der gesamten Einschaltzeit bei Verwendung von Schaltmagneten, Abb. 13, und bei Verwendung von Kraftspeichern, Abb. 22, zeigt eine nicht unwesentliche Herabsetzung der Dauer des Einschaltvorganges bei

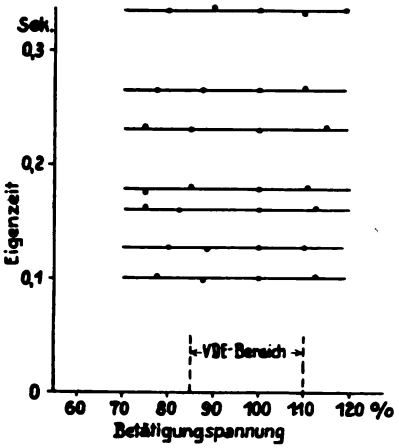


Abb. 21. Übersicht über die Unabhängigkeit der Eigenzeiten verschiedener Schaltertypen in Verbindung mit ihrem Kraftspeicher von der Betätigungspannung in Prozenten der Nennspannung des Kraftspeichers.

Abb. 20 zeigt Diagramme, auf denen die Abhängigkeit der Eigenzeit solcher Einschaltmagnete verschiedener Größe von ihrer Betätigungspannung, ausgedrückt in Prozenten der Nennspannung, dargestellt wird. Die Kurven lassen auch hier das bekannte Sinken der Eigenzeit mit steigender Spannung erkennen, etwa unter Wahrung umgekehrter Proportionalität zwischen Zeit und Spannung innerhalb des VDE-Bereiches.

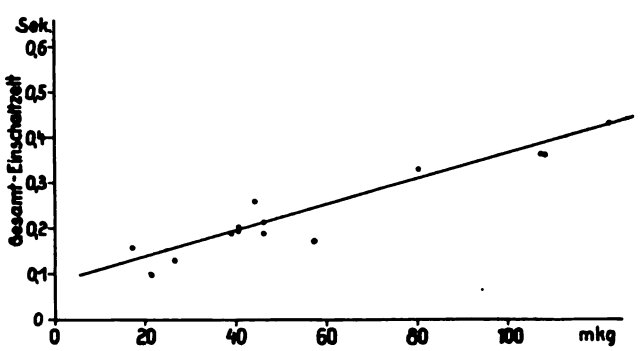


Abb. 22. Gesamteinschaltzeit verschiedener Ölschalter bei Betätigung durch Kraftspeicher in Abhängigkeit von der Schaltergröße, ausgedrückt durch ihr Einschaltdrehmoment.

Abb. 21 gibt eine Übersicht über die Eigenzeiten verschiedener Schaltertypen in Verbindung mit ihrem zugehörigen Kraftspeicher, die hier im Gegensatz zu Abb. 10 von der Betätigungspannung der Einschaltapparatur naturgemäß unabhängig sind. Infolge des überwiegenden Einflusses dieser von der Betätigungspannung unabhängigen Größe ist die Abhängigkeit der gesamten Einschaltedauer von der Betätigungspannung bei Kraftspeichern so gering, daß ihre Berücksichtigung überflüssig ist. Die Nachrechnung ergibt in Extremfällen bei einem Absinken der Betätigungspannung auf 85 % der Nennspannung eine Zunahme der gesamten Einschaltzeit um 1 % bis maximal 6 %, wobei die kleineren Werte für leichte Schalter gelten.

den letzteren. Dieser Unterschied ist hauptsächlich darin begründet, daß die wirtschaftlich erreichbaren Kräfte zur Beschleunigung der Schaltertraverse bei Verwendung von Kraftspeichern höher liegen als bei der Verwendung von Schaltmagneten.

Für die Ausführung der Einschaltbewegung eines 100 kV-Schalters z. B. beträgt die gesamte zur Verfügung stehende

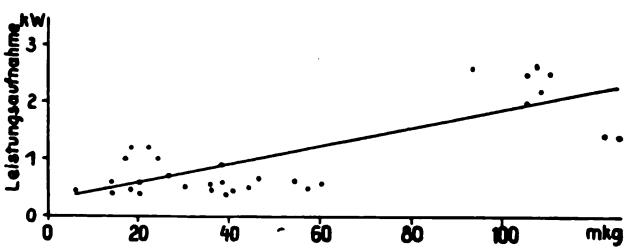


Abb. 23. Leistungsaufnahme der Aufzugsmotoren der Sachsenwerk-Kraftspeicher in Abhängigkeit von der Schaltergröße, ausgedrückt durch ihr Einschaltdrehmoment.

Arbeit bei Verwendung eines Schaltmagneten nur 35 kW · 0,4 s = 14 kWs, während die im Federpaket eines Kraftspeichers aufgespeicherte Arbeit etwa 2 kW · 20 s = 40 kWs ausmacht. Es ist erklärlich, daß dementsprechend durch den Kraftspeicher eine höhere Schaltgeschwindigkeit erzielt werden kann. Demgegenüber ist die konstruktive Ausführung der Schaltmagnete wieder wesentlich einfacher als die der Kraftspeicher, was sich vor allem preislich auswirkt.

Betreffs des Verwendungsgebietes der beiden Antriebsarten wird man in erster Linie auf die an Ort und Stelle zur Verfügung stehende Stromart Rücksicht nehmen. Sowohl der Anschaffungspreis einer eigenen Batterie als auch die Beeinflussung des Preises der Betätigungskabel infolge der größeren Leistungsaufnahme der Schaltmagnete werden zu beachten sein. Außerdem wird man u. U. der erreichbaren Einschaltgeschwindigkeit beim Synchronisieren je nach den Betriebsverhältnissen der Anlage eine mehr oder minder große Wichtigkeit zubilligen.

Digitized by Google

Thermowattmetrische Verlustmessungen an großen Kapazitäten.

(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

Von G. Zickner und G. Pfestorf, Berlin.

Übersicht. Die Theorie des thermischen Wattmeters wird ausführlich behandelt. Die unter verschiedenen Betriebsbedingungen aus der Theorie gewonnenen Eichkurven werden experimentell bestätigt. Zur Untersuchung der Meßgenauigkeit des Thermowattmeters werden einige Verlustmessungen an großen Kondensatoren beschrieben, die mit dem Thermowattmeter der Firma P. J. Kipp und Söhne, Delft, ausgeführt wurden.

Seit einiger Zeit ist in den Prüffeldern der Industrie die Aufgabe entstanden, sehr große Kapazitäten im Betrage von mehreren tausend µF ihrem Wert und ihrer Verlustleistung nach mit einigermaßen befriedigender Genauigkeit zu bestimmen. Für diese Aufgabe reichen die nach dem bisherigen Stande der Meßtechnik in Frage kommenden Methoden nicht mehr aus. Die Vergleichung mit einem Normalkondensator in der üblichen Brückenschaltung führt zu sehr ungleicharmigen und daher unzweckmäßigen Brückenanordnungen. Spezielle Brückenschaltungen, wie z. B. die von Schering[1] angegebene, machen bei Kondensatoren von den genannten hohen Kapazitätsbeträgen Vorsichtsmaßregeln erforderlich, über die gesondert berichtet werden soll. Den Kapazitätswert bei gegebener Frequenz in bekannter Weise aus Strom und Spannung zu ermitteln, ist z. B. bei Trockenelektrolyt-Kondensatoren unzulässig, da sie infolge ihrer relativ hohen Leistungsaufnahme auch nicht mehr angenähert als reine Blindwiderstände aufzufassen sind. Ihr Wirkwiderstand bei 50 Hz ist, wie aus Messungen hervorgeht, von etwa gleicher Größenordnung wie der Blindwiderstand und daher mitbestimmend für den bei gegebener Spannung den Kondensator durchfließenden Strom.

Die Messung der von dem Kondensator bei einer Spannung u und einer Stromstärke i aufgenommenen Leistung N ergibt, wie bekannt, Kapazität und Verlustwiderstand des Kondensators. Zur Leistungsmessung ist ein Instrument erforderlich, welches auch noch relativ geringe Leistungen bei großen Blindströmen durch einen möglichst großen Ausschlag wahrnehmbar macht. Die üblichen Zeigerdynamometer genügen der geringen Empfindlichkeit halber für diesen Zweck nicht. Empfindliche Dynamometer mit Fadenaufhängung und Fernrohrablesung bieten einerseits in ihrer Handhabung experimentelle Schwierigkeiten und fordern anderseits infolge der mangelhaften Reproduzierbarkeit ihrer Angaben häufige Nacheichung. Aussichtsreich für den vorliegenden Zweck erschien die thermische Leistungsmessung nach dem von Bauch[2] schon vor längerer Zeit angegebenen Prinzip. Dieses Prinzip ist neuerdings von Brückman wieder aufgegriffen worden. Nach seinen Angaben wurde durch Anwendung von Thermoelementen an Stelle der von Bauch verwendeten Hitzdrähte von der Firma Kipp und Söhne, Delft, ein handliches Meßinstrument entwickelt. Eine kurze Beschreibung der Wirkungsweise des Instruments findet sich bei Kühnel[3]; ferner hat Herczeg[4] über die Verwendung des Instruments in Verbindung mit Spannungswandlern zur Leistungsmessung bei Hochspannung berichtet. Genaue Angaben über die Theorie des Instruments sind jedoch unseres Wissens bisher nirgends veröffentlicht.

1. Theorie des Thermowattmeters.

Abb. 1 zeigt eine Ansicht des Instruments, Abb. 2 die Schaltung. Die Heizwiderstände R_H sind von Thermoelementen umgeben, die in Reihe geschaltet und in genau gleicher Weise und gleicher Anzahl auf beiden Heizwiderständen angebracht sind. Beide Serien von Thermoelementen sind über ein empfindliches Galvanometer gegeneinander geschaltet.

Zunächst sei gezeigt, inwiefern das Instrument überhaupt zur Leistungsmessung dienen kann. Es sei angenommen, daß kein Verbraucher angeschlossen ist; dann verzweigt sich der Strom I im Punkte A in zwei gleiche Teilströme i_1 und i_2, die zuerst je einen Widerstand R_S und darauf einen Heizwiderstand R_H durchfließen, sich alsdann wieder vereinigen und gemeinsam den Vorwiderstand R_V passieren. Die beiden Heizwiderstände R_H werden somit von gleichen Strömen durchflossen; in beiden Serien von Thermoelementen entsteht daher die gleiche EMK. Da jedoch beide Serien gegeneinander geschaltet sind, zeigt das Galvanometer keinen Ausschlag. Sobald ein Verbraucherstrom i fließt, wird das Gleichgewicht gestört und das

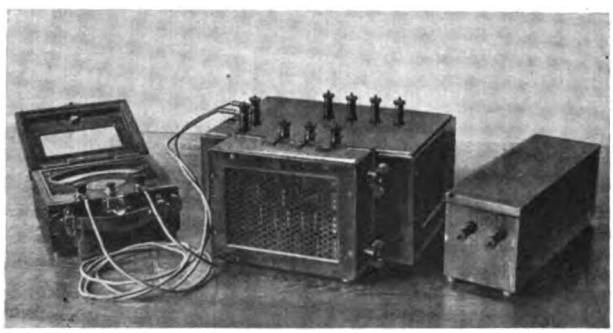
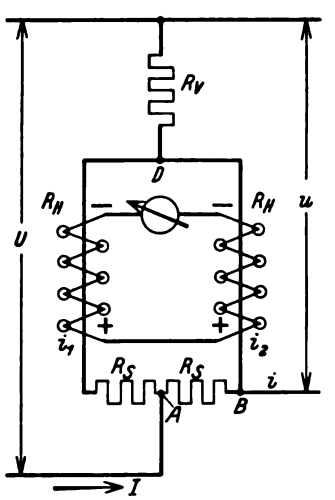


Abb. 1. Thermowattmeter mit Millivoltmeter, Vor- und Nebenwiderstand.

Galvanometer schlägt aus. Dieser Ausschlag ist proportional der Differenz der Wärmewirkungen beider Heizdrähte. Da die entwickelte Wärmemenge ihrerseits proportional i_1^2 bzw. i_2^2 ist, so besteht zwischen der Angabe des Instruments α und den Heizströmen folgende Beziehung:

$$\alpha = CR_H(i_1^2 - i_2^2). \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$



U Spannung am Generator
I Strom im Generator
u Spannung am Verbraucher
i Strom im Verbraucher
R_V veränderbarer Vorwiderstand für verschiedene Spannungsmeßbereiche
R_S veränderbare Nebenwiderstände für verschiedene Strommeßbereiche
R_H Widerstand eines Heizdrahtes

Abb. 2. Schaltung des Thermowattmeters.

Hierin ist C eine Konstante der Thermoumformer. Jeder der Teilströme i_1 und i_2 läßt sich, wie bereits bekannt[5], in zwei Komponenten zerlegen; die eine ist dem Strom i, die andere der Spannung u proportional. Der Teilstrom i_1 ist die Summe, i_2 die Differenz dieser Komponenten, die, sofern man von Korrektionen absieht, numerisch gleiche Werte haben. Somit ergibt sich, daß der Ausschlag α bis auf eine Korrektionsgröße proportional ui ist, d. h., daß die Skala des Anzeigegalvanometers direkt in Watt geeicht werden kann.

Durch Anwendung der Kirchhoffschen Regeln auf das in Abb. 2 gegebene Schaltbild erhält man die genauen Werte für i_1 und i_2 und somit den Wert der in den meisten Fällen nicht zu vernachlässigenden Korrektionsgröße. Für i_1 und i_2 folgt

$$i_1 = \frac{u(R_H + R_S) + iR_S(R_V + R_H)}{(2R_V + R_H)(R_H + R_S)} \quad \ldots \quad (2)$$

$$i_2 = \frac{u(R_H + R_S) - iR_S R_V}{(2R_V + R_H)(R_H + R_S)} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

[1] H. Schering u. A. Burmester, Tätigkeitsber. d. PTR, Z. Instrumentenk. Bd. 44, S. 98 (1924).
[2] R. Bauch, ETZ 1903, S. 530.
[3] K. Kühnel, Z. Instrumentenk. Bd. 48, S. 127 (1928).
[4] A. Herczeg, ETZ 1930, S. 421.
[5] Wie Fußnote 3.

Digitized by Google

Wie man sieht, sind die Koeffizienten von i in Gl. (2) und (3) nicht die gleichen; bei der Bildung der Differenz der Quadrate ergibt sich daher außer der Größe konst. $\cdot ui$ noch das Korrektionsglied. Aus Gl. (1), (2) und (3) berechnet sich der Ausschlag zu

$$\alpha = \frac{2\,C\,R_H\,R_S}{(2\,R_V + R_H)(R_H + R_S)}\left[u\,i + i^2\,\frac{R_H\,R_S}{2\,(R_H + R_S)}\right]. \quad (4)$$

Bei dem von Kipp und Söhne ausgeführten Instrument ist R_S für den kleinsten Strommeßbereich (ohne äußeren Nebenwiderstand) gleich $R_H/2$ gewählt. Setzt man diese Beziehung in Gl. (4) ein, so ergibt sich

$$\alpha = \frac{2\,C\,R_S}{3\,(R_V + R_S)}\left[u\,i + i^2\,\frac{R_S}{3}\right]. \quad \ldots\ldots \quad (5)$$

Führt man einen Verbraucherwiderstand R ein, so folgt aus der Beziehung $i\,R = u$ für Gl. (5)

$$\alpha = \frac{2\,C\,R_S}{3\,(R_V + R_S)}\,u\,i\left[1 + \frac{R_S}{3\,R}\right]. \quad \ldots\ldots \quad (6)$$

Gl. (1) ... (6) gelten zunächst nur für Gleichspannung bzw. für Gleichstrom. Die entsprechenden Gleichungen für Wechselstrom erhält man, wenn man die konstanten Größen u, i und R durch die entsprechenden Wechselgrößen ersetzt. Man hat demnach für die Berechnung des skalaren Produktes ui in allgemeiner Form

$$u = u_{\text{eff}}\,\varepsilon^{j\omega t}, \qquad i = i_{\text{eff}}\,\varepsilon^{-j(\omega t \pm \varphi)},$$

$$R = S\,\varepsilon^{\mp j\varphi} \quad (S = \text{Scheinwiderstand})$$

zu schreiben. Setzt man diese Beziehungen in Gl. (6) ein, so erhält man für den Ausschlag des Instruments:

$$\alpha = \frac{2\,C\,R_S}{3\,(R_V + R_S)}\left[u_{\text{eff}}\,i_{\text{eff}}\cos\varphi + i^2_{\text{eff}}\,\frac{R_S}{3}\right]. \quad . \quad (7)$$

Wie aus den Gl. (4) ... (7) hervorgeht, ist der Ausschlag des Instruments der Verbraucherleistung in keinem Falle direkt proportional.

Der Einfluß des Korrektionsgliedes auf die Eichung des Instruments soll zunächst bei Gleichspannung theoretisch untersucht werden. Zu diesem Zweck ist die Verbraucherleistung $N = ui$ als Funktion von α auszudrücken. Für die Herstellung verschiedener Verbraucherleistungen sind dann drei Möglichkeiten vorhanden, da man stets eine der drei variablen Größen u, i und R konstant halten und die beiden übrigen verändern kann. Dementsprechend findet man für den analytischen Ausdruck der Leistung je nach dem gewählten Parameter u, i oder R drei verschiedene Funktionen von α. Hält man zunächst R konstant, so ergibt sich aus Gl. (6)

$$N = \frac{\alpha}{K\left(1 + \dfrac{R_S}{3\,R}\right)}. \quad \ldots\ldots \quad (8)$$

Hierbei ist die Konstante K gegeben durch den Ausdruck

$$K = \frac{2\,C\,R_S}{3\,(R_V + R_S)}. \quad \ldots\ldots \quad (9)$$

Die graphische Darstellung von N in Abhängigkeit von α ergibt eine durch den Koordinatenanfangspunkt gehende Gerade, deren Neigung durch den Betrag von R bestimmt ist. Für verschiedene R erhält man demnach ein Strahlenbüschel, dessen Scheitel im Koordinatenanfangspunkt liegt. Hält man i konstant, so ergibt sich aus Gl. (5)

$$N = \frac{\alpha}{K} - \frac{i^2\,R_S}{3}. \quad \ldots\ldots \quad (10)$$

Trägt man N wieder als Funktion von α in ein Koordinatensystem ein, so erhält man entsprechend dem Parameter i eine Schar paralleler Geraden gleicher Neigung. Der Schnittpunkt jeder einzelnen mit der Ordinatenachse ist durch das Zusatzglied $-i^2\,R_S/3$ bestimmt, während ihre Neigung durch die Konstante K gegeben ist. Hält man schließlich u konstant, so ergibt sich nach einfacher Umrechnung aus Gl. (5) oder (6)

$$N = \sqrt{\frac{9\,u^4\,K + 12\,u^2\,R_S\,\alpha}{4\,R_S^2\,K}} - \frac{3\,u^2}{2\,R_S}. \quad \ldots \quad (11)$$

Die Darstellung dieser Funktion liefert ein durch den Koordinatenanfangspunkt gehendes Büschel von Kurven, die gegen die Abszissenachse konkav verlaufen. Die Bildung des Differentialquotienten $\mathrm{d}N/\mathrm{d}\alpha$ zeigt, daß die Neigung der Kurve Gl. (11) im Koordinatenanfangspunkt $1/K$, also dieselbe wie die der Kurvenschar Gl. (10) ist. Auch für die der Gl. (8) entsprechende Gerade erhält man für sehr großes R die gleiche Neigung.

Wie aus Gl. (10) besonders deutlich hervorgeht, ergibt sich durch Addition des Korrektionsgliedes $i^2\,R_S/3$ eine Gerade mit der Neigung $1/K$, die durch den Koordinatenanfangspunkt geht. Diese Gerade ist im folgenden als ideale Eichgerade bezeichnet. Eine einfache Rechnung zeigt, daß auch die den Gl. (8) und (11) entsprechenden Kurven sich durch Addition dieser Korrektionsgröße in die ideale Eichkurve $N = \alpha/K$ überführen lassen.

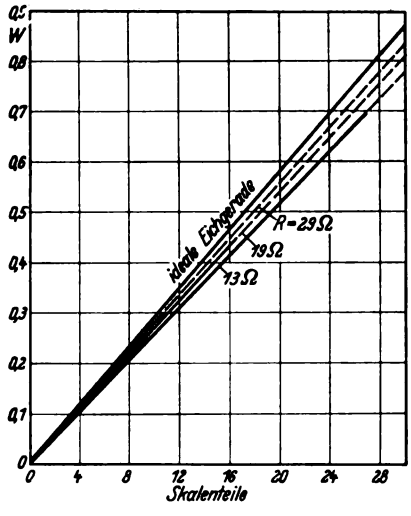


Abb. 3. Eichkurven bei konstantem R.

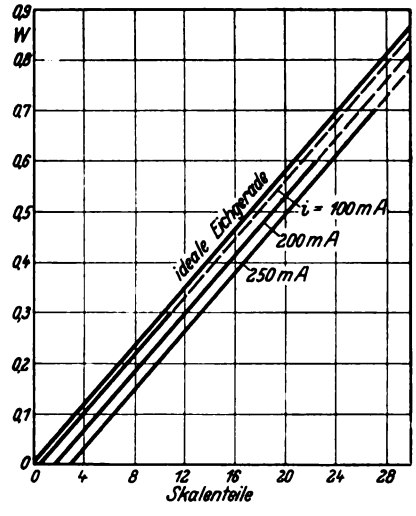


Abb. 4. Eichkurven bei konstantem i.

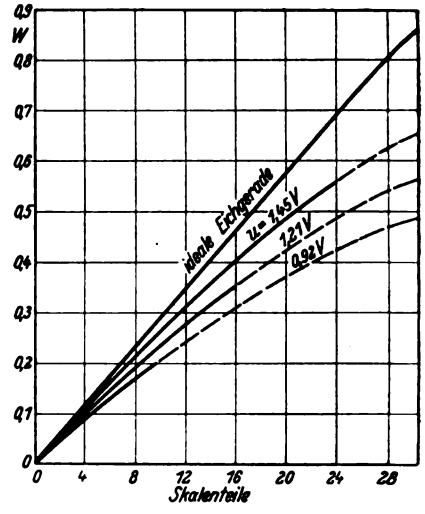


Abb. 5. Eichkurven bei konstantem u.

2. Eichung des Thermowattmeters.

Die Eichung wurde mit Gleichspannung zunächst bei konstantem R ausgeführt. Als Verbraucherwiderstände dienten bekannte Präzisionswiderstände. Die Spannung u wurde dadurch ermittelt, daß die an einem bekannten Teil des Verbraucherwiderstandes liegende Teilspannung mit Hilfe eines Kompensationsapparates nach Feußner gemessen wurde; u und der Widerstandswert R bestimmen die Leistung des Verbrauchers. Zur Erzeugung verschiedener Verbraucherleistung wurde die Spannung U und damit der Strom i verändert. Für die Aufnahme der Kurven mit konstantem Strom wurde zur Messung von i in den Verbraucherkreis ein Amperemeter von bekanntem Widerstand geschaltet, der einen Teil des Belastungswiderstandes bildete. Die Änderung der Verbraucherleistung wurde hier durch Ändern des Verbraucherwiderstandes und der Spannung U erzielt. Schließlich wurde die Spannung u konstant gehalten und durch Verändern von R und i die Kurvenschar bei konstantem u aufgenommen.

Die den Gl. (8), (10) und (11) entsprechenden Kurvenscharen wurden in dieser Weise experimentell ermittelt; für das vorliegende Instrument sind sie in den Abb. 3, 4

Digitized by Google

und 5 als ausgezogene Kurventeile wiedergegeben. Der aus der Theorie folgende Charakter der Kurven ist durch punktierte Verlängerungen angedeutet. In jedem Kurvenblatt ist außerdem die ideale Eichgerade mit eingezeichnet. Die Ermittlung der idealen Eichgeraden wird am einfachsten, wenn man eine Reihe von Leistungswerten bei konstantem Strom herstellt. Die erhaltenen Eichpunkte liegen dabei auf einer Geraden, deren Parallele durch den Nullpunkt die ideale Eichkurve liefert. Analoge Eichkurven wurden ferner in gleicher Weise auch bei Wechselspannung aufgenommen.

Um die Leistung eines Verbrauchers mit dem Instrument genau zu messen, ist es also notwendig, den vom Verbraucher aufgenommenen Strom zu kennen. Man hat von der durch den Ausschlag des Instruments und die ideale Eichkurve gegebenen Leistung als Korrektion $i^2 R_S/3$ bzw. bei Verwendung eines äußeren Nebenwiderstandes $i^2 \frac{R_H R_S}{2(R_H + R_S)}$ abzuziehen, um die wirkliche Leistung des Verbrauchers zu erhalten. Für große Stromstärken wird R_S gegen R_H sehr klein; unter dieser Bedingung gilt näherungsweise für die Korrektion $i^2 R_S/2$.

Das Thermowattmeter besitzt verschiedene Meßbereiche für Strom und Spannung, deren Grenzen auf dem Instrument angegeben sind. Nach den an dem vorliegenden Apparat gemachten Erfahrungen dürfen diese Grenzwerte ohne Schaden für das Instrument zwar erheblich überschritten werden, doch verliert die ideale Eichkurve außerhalb der angegebenen Grenzwerte ihre Gültigkeit. Die ideale Eichgerade, die innerhalb des Meßbereichs die obere Grenze der meßbaren Leistung darstellt, verliert diese Eigenschaft bei Überlastung. In diesem Falle wird bei konstantem Widerstand der Neigungswinkel der experimentell aufgenommenen Geraden größer als der der idealen Eichkurve. Bei konstantem Strom krümmen sich die Eichkurven konvex zur Abszissenachse, während bei konstanter Spannung eine Verschiebung der Kurven in der Richtung zu größeren Ordinaten, evtl. bis in den Bereich oberhalb der idealen Eichkurve erfolgt. Eine exakte Messung bei Überlastung dürfte mit Schwierigkeiten verbunden sein.

Der Meßbereich des Instruments wird entweder durch Erhöhung der Spannungsgrenze durch Vorschaltwiderstände R_V oder durch Erhöhung der Stromgrenze geändert, indem R_S durch parallelgeschaltete Widerstände verkleinert wird. Bei einem Instrument üblicher Ausführung sind die Spannungsmeßbereiche 3, 30, 150 und 300 V; für höhere Spannungen werden getrennte Vorschaltwiderstände geliefert. Als Strommeßbereiche sind für Ströme über 0,3 A getrennte Nebenwiderstände für 6, 15 und 30 A zu verwenden. Die Widerstände R_V sind so abgeglichen, daß sich die Ausschläge des Instruments entsprechend den Spannungsmeßbereichen verkleinern, so daß die Neigung der idealen Eichgeraden unter Berücksichtigung des Maßstabes für alle Meßbereiche nahezu die gleiche bleibt. Der Wert der Widerstandskombination R_S ist in ähnlicher Weise wie bei R_V durch den Gesichtspunkt bestimmt, daß die ideale Eichkurve beim Übergang von einem Meßbereich zum anderen unter Berücksichtigung des Maßstabes ihre Lage praktisch beibehält. Aus den bekannten Daten für das Instrument ist die prozentuale Änderung der Neigung der idealen Eichgeraden in den einzelnen Meßbereichen aus der Konstanten K leicht zu ermitteln.

Für die normalen Leistungsmessungen wird ein Zeigergalvanometer mit einem Widerstand von 10 Ω geliefert. Durch Benutzung eines empfindlichen Spiegelgalvanometers von annähernd gleichem Widerstand an Stelle des Zeigerinstruments ist es möglich, den Meßbereich des Thermowattmeters weit in das Gebiet kleiner Leistungen zu verschieben. Auf diese Weise sind noch Leistungen von der Größenordnung eines Milliwatt mit befriedigender Genauigkeit zu messen. Besonders in diesem Falle ist es erforderlich, daß die beiden Serien von Thermoelementen sehr genau abgeglichen sind, d. h., daß bei Öffnung des Spannungszweiges oder bei Abschaltung des Verbrauchers das Galvanometer keinen Ausschlag zeigt. Nach der Angabe der Firma wird das Instrument auch so ausgeführt, daß es durch einfache Umschaltung als Strom-, Spannungs- und Leistungsmesser zu verwenden ist.

3. Anwendung des Thermowattmeters zur Leistungsmessung an großen Kondensatoren.

Um die praktische Brauchbarkeit des Instruments zu untersuchen, wurde die Leistung verhältnismäßig großer Kondensatoren ermittelt. Für die Berechnung von tg δ hat man wie bei der dynamometrischen Leistungsmessung an einem Kondensator auch hier eine Strom- und Spannungsmessung (i, u) auszuführen. Sofern die Verluste klein sind, ist es unzweckmäßig, i direkt zu messen, da die Verlustleistung im Amperemeter diejenige im Kondensator meistens erheblich übertreffen wird. u kann mit Hilfe eines statischen Instruments oder eines Instruments mit sehr geringem Stromverbrauch direkt gemessen werden. Oft ist es jedoch einfacher, U und I zu messen. Dabei muß die bei jeder Wattmeterschaltung notwendige Korrektion für den Strom- oder Spannungsmesser berücksichtigt werden. Sind u und i in Phase, so lassen sie sich als Funktionen der Größen U und I exakt wie folgt berechnen:

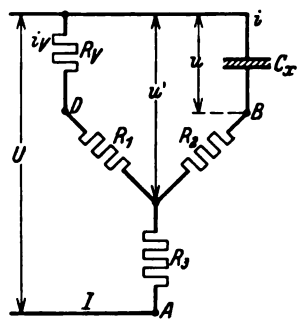
$$u = U - I R_S + \frac{R_S (U R_H + I R_S R_V)}{(2 R_V + R_H)(R_H + R_S)} \quad \ldots \quad (12)$$

$$i = \frac{I (2 R_V + R_H + R_S) - 2 U}{2 R_V + R_H} \quad \ldots \quad (13)$$

Da man fast immer R_H und R_S gegen R_V vernachlässigen kann, so folgt aus Gl. (13)

$$i \approx I - \frac{U}{R_V} \quad \ldots \quad (14)$$

Der Wert i liefert die in den vorhergehenden Abschnitten erörterte Korrektion des Thermowattmeters, um die die Angabe des Leistungszeigers zu reduzieren ist. Diese Korrektion kann, wie aus der Zahlentafel 1 ersichtlich ist, recht erhebliche Werte annehmen.



$$R_1 = \frac{R_H}{2}$$

$$R_2 = \frac{R_H R_S}{2(R_H + R_S)}$$

$$R_3 = \frac{R_S}{2}$$

Abb. 6. Anwendung der Stern-Dreieck-Transformation auf das Thermowattmeter.

Bei Messung von Kapazitäten mit Wechselspannung ist zu berücksichtigen, daß U gegen I in der Phase verschoben ist und daß I und i, U und u ebenfalls nicht genau in Phase sind; die Anwendung der Gl. (12), (13) und (14) ist daher nicht mehr möglich. Wenn jedoch i gegenüber

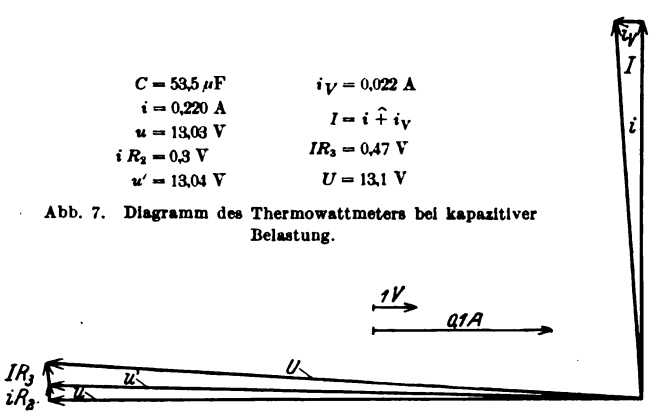


Abb. 7. Diagramm des Thermowattmeters bei kapazitiver Belastung.

dem Strombedarf des Spannungszweiges des Wattmeters (max. 50 mA) groß ist, ist mit guter Annäherung $I \approx i$. Einen anschaulichen Überblick über die Lage der Strom- und Spannungsvektoren bei Kapazitätsmessungen gibt die diagrammatische Betrachtungsweise des Schaltbildes. Zweckmäßig ist hierfür das Dreieck *ABD* in Abb. 2 nach Küpfmüller[6] widerstandstreu in einen Stern zu verwandeln, so daß das Schaltbild Abb. 6 zu betrachten ist. Ausgehend vom Strom i und der Spannung u, die bei kleinen Verlustfaktoren um 90° phasenverschoben angenommen werden können, ergibt sich das in Abb. 7 gezeichnete Diagramm für den Fall eines Kondensators von etwa 54 μF. Wenn i mit dem Stromverbrauch des Instruments kommensurabel ist, so kann die diagrammatische Betrachtungsweise in bekannter Weise zur Ermittlung des Wertes von i aus dem Werte von I benutzt werden. Ein Zahlenbeispiel ist in Abb. 7 angeführt; der Kapazitäts-

[6] K. Küpfmüller, ETZ 1920, S. 850.

Digitized by Google

wert ist hierbei als bekannt vorausgesetzt. Bei großer Leistungsaufnahme des Kondensators (tg δ groß) kann i direkt gemessen werden.

Aus den gemessenen Werten für N, u und i lassen sich Verlustwinkel und Kapazität eines Kondensators in bekannter Weise nach folgenden Formeln berechnen:

$$\cos\varphi = \frac{N}{u\,i} \quad \text{oder} \quad \operatorname{tg}\delta = \frac{N}{\sqrt{u^2 i^2 - N^2}} \quad . \quad . \quad . \quad (15)$$

$$C = \frac{i^2}{\omega}\sqrt{\frac{1}{u^2 i^2 - N^2}} \quad \text{oder} \quad C = \frac{i}{\omega\, u}\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2\delta} \quad . \quad (16)$$

Hierbei ist der Verlustkondensator durch eine ideale Kapazität C mit vorgeschaltetem Widerstand tg δ/ω C ersetzt gedacht.

An einer Reihe von Kondensatoren verschiedener Kapazität wurde die Leistungsaufnahme bei gegebener Spannung und einer Frequenz von 50 Hz mit Hilfe des Thermowattmeters ermittelt. Für die Messungen wurden Kapazitäten ausgewählt, die sich um etwa eine Zehnerpotenz voneinander unterschieden und den Bereich von 0,4 μF bis 6000 μF umfaßten. Mit Ausnahme des größten Kondensators handelte es sich um Papierkondensatoren mit einem Verlustfaktor von der Größenordnung $10 \cdot 10^{-3}$; der Kondensator größter Kapazität war ein Trockenelektrolytkondensator mit einem Verlustfaktor von etwa 0,8. Kapazität und Verlustfaktor dieser Kondensatoren waren bereits durch Brückenmessungen bekannt. Diese Größen sind in den Spalten 6 und 8 der Zahlentafel 1 angegeben. In Spalte 1 der Zahlentafel 1 sind die Spannungswerte u eingetragen, die sich in den angegebenen Fällen mit Ausnahme des Elektrolytkondensators praktisch wenig von den Werten für U unterscheiden. Spalte 2 enthält die Stromwerte i. Die am Thermowattmeter abgelesenen Leistungswerte sind in der Spalte 3 der Zahlentafel eingetragen. Spalte 4 enthält die korrigierten Leistungswerte. In Spalte 5 und 7 sind schließlich die aus den Werten der Spalten 1, 2 und 4 errechneten Werte für den Verlustfaktor und die Kapazität eingetragen. Die Zahlentafel zeigt, daß die Brückenmessungen und die Messungen mit dem Thermowattmeter gut übereinstimmen.

Zahlentafel 1.

1	2	3	4	5	6	7	8
u Volt	i Amp	N Watt beob.	N Watt korr.	tg δ ber.	tg δ gem.	C μF ber.	C μF gem.
600	0,081	0,38	0,37	$7{,}7 \cdot 10^{-3}$	$7{,}8 \cdot 10^{-3}$	0,43	0,43
125	0,164	0,255	0,217	$10{,}6 \cdot 10^{-3}$	$10{,}1 \cdot 10^{-3}$	4,2	4,1
100	1,68	1,50	1,30	$7{,}7 \cdot 10^{-3}$	$8{,}2 \cdot 10^{-3}$	53,5	53,6
50	6,88	3,50	2,18	$6{,}3 \cdot 10^{-3}$	$6{,}5 \cdot 10^{-3}$	439	440
2,95	1,15	8,86	7,64	0,78	0,79	5680	5720

Bei der Messung mit dem Thermowattmeter ist darauf zu achten, daß die Kurvenform der Wechselgrößen praktisch sinusförmig ist, da andernfalls die Zusatzleistung der Oberwellen mitgemessen wird und somit zu Werten führt, die mit den aus Brückenmessungen mit Resonanzindikator ermittelten nicht vergleichbar sind.

Aus den gewonnenen Erfahrungen läßt sich zusammenfassend folgendes sagen: Das Instrument ist geeignet, ohne wesentliche Schwierigkeiten durch Verbindung mit einem Spiegelgalvanometer Leistungsgrößen zu messen, die mit einem Zeigerdynamometer überhaupt nicht mehr und mit einem Spiegeldynamometer mit Fadenaufhängung nur mit Schwierigkeiten meßbar sind. Ein zweiter Vorzug, der das Instrument insbesondere für Messungen bei höheren Frequenzen wertvoll erscheinen läßt, ist das Fehlen von Selbstinduktion. Dagegen läßt sich nicht leugnen, daß es für andere Zwecke infolge der Notwendigkeit, bei genauen Messungen eine quadratische Stromkorrektion anzubringen und deshalb den Verbraucherstrom zu kennen, dem Dynamometer an Bequemlichkeit nachsteht. Das Instrument erscheint jedoch für alle die Zwecke geeignet, bei denen es sich um die laufende Untersuchung nahezu gleichartiger Leistungsgrößen handelt, da man alsdann die mit einer wechselnden Benutzung des Instruments verbundene unbequeme Berechnung der Korrektionsgröße vermeiden kann.

Österreichs Elektroindustrie im Jahre 1929*.

Von **E. Honigmann**, Wien.

Im ersten Halbjahr 1929 hatte es in Österreich den Anschein, als ob die Konjunktur sich ein wenig hebe. Die Urproduktion (Kohle und Eisen) konnte z. T. die Gewinnung erhöhen, die Automobilindustrie war gut mit Aufträgen versorgt, die Maschinenindustrie wenigstens teilweise. Die elektrische Starkstromindustrie verfügte über noch nicht voll erledigte bedeutende Staats- und Gemeindebestellungen, die Schwachstrom- und Kabelindustrie über solche für die Telephon- und Telegraphenverwaltung, und das Radiogeschäft nahm beträchtlichen Aufschwung. Dagegen begann die Rentabilität der Landwirtschaft sich stark zu verschlechtern, nicht ohne Rückwirkung auf das Motorengeschäft, ebenso litten die Textil-, Leder- und Holzindustrie. Der Handel ging immer mehr zurück, ohne die Kraft zu einem Kampf nach mehreren Fronten schöpfen zu können. Während der Gesamtindex des Großhandels das Bild einer sich scharf senkenden Kurve zeigte, wuchsen die Lebenshaltungskosten zwar nicht stark, aber andauernd. Selbstverständlich löste dies neue Forderungen nach Erhöhung der Gehälter und Löhne aus, steigerte die sozialen Lasten, während die Gewinnquote einen Tiefstand erreichte, der in der Zahl und Größe der Insolvenzen zum Ausdruck kam. Besonders deutlich zeigt sich der Rückschlag in der abfallenden Bewegung der österreichischen Aktienkurse. Auch die Elektrizitätsaktien, die 1927 und 1928, wenn auch unter Schwankungen, eine im Mittel gleichbleibende Bewertung erfahren hatten, senkten sich dauernd. Während im Januar des Berichtsjahres der Durchschnittsindex im Vergleich zum ersten Halbjahr 1914 787 betrug, belief er sich im Dezember auf nur 640, nachdem er im November seinen tiefsten Stand von 613 erreicht hatte.

In den ersten Monaten des Jahres 1929 war die Elektroindustrie, wie bereits erwähnt, mit Staats- und Gemeindelieferungen noch ziemlich gut beschäftigt, besonders die Großindustrie[1]. Die Mittel- und Kleinindustrie begannen jedoch schon damals den Rückgang der Konjunktur zu spüren. Zu Anfang des Herbstes verschlechterte sich die wirtschaftliche Lage weiter, und der Rückschlag auf eine Industrie, die ein so universelles Arbeitsgebiet hat wie die elektrotechnische, konnte um so weniger ausbleiben, als die Krisis auch die anderen Länder nicht verschonte; alle Bemühungen, den Ausfall im Inland durch Exportlieferungen wettzumachen, zeitigten daher nur ungenügende Ergebnisse. Selbst die energische Rationalisierung der Betriebe vermochte die Gestehungskosten nicht genügend zu senken, um auf den Weltmärkten ausreichenden Absatz zu erzielen; ja selbst die Behauptung des Inlandmarktes machte Schwierigkeiten.

Im übrigen weist die Handelsbilanz der Elektroindustrie im Verkehr mit dem Ausland einen Aktivsaldo aus; die außerordentlichen Anstrengungen, den Export nach allen Teilen der Welt zu steigern, beweisen die Ziffern der Handelsstatistik. Die Zahlentafel gibt eine Zusammenfassung der gesamten Ein- und Ausfuhr aller der Elektrogruppe zugehörigen Fabrikate für die letzten drei Jahre. Dabei zeigt sich eine ganz wesentliche Steigerung der Einfuhr hinsichtlich der Menge, u. zw. um nahezu 60 %, während die Ausfuhr in der gleichen Zeit dem Gewicht nach nur um rd. 23 %, dem Werte nach um mehr als 40 % gewachsen ist. Der Ausfuhrüberschuß geht leider mehr und mehr zurück: 1922 betrug sein Wert 84,88 Mill S, also nicht viel weniger als 1929 der der gesamten Ausfuhr für sich allein. In den letzten drei Jahren übertraf der Export nach Gewicht und Wert die Einfuhr um

21 649 dz bzw. 24,647 Mill S (1927)
9 381 „ „ 23,411 „ (1928)
10 379 „ „ 25,646 „ (1929).

Neuerdings hat die Radioindustrie durch die Entwicklung des Rundfunks großen Aufschwung genommen. Zu Herbstbeginn bezifferte sich die Zahl der Händler und Erzeuger von Radioapparaten auf 935 Unternehmungen gegen 748 i. V. Davon entfielen fast 40 % auf Wien. Der stete Zuwachs an Rundfunkteilnehmern, der für das Jahr 1929 mit 14 % angegeben wird, erhöht natürlich den Absatz von Geräten und Bestandteilen. Dabei steht die Radiotechnik noch im Beginn ihrer Entwicklung. Aber auch die übrigen

* Vgl. ETZ 1928, S. 1784; 1929, S. 1660.
[1] Vgl. ETZ 1930, S. 1604.

Digitized by Google

Österreichs Ein- und Ausfuhr elektrischer Erzeugnisse i. J. 1929.

Stat. Nr.	Erzeugnisse	Einfuhr						Ausfuhr					
		Wert in 1000 S			Menge in dz			Wert in 1000 S			Menge in dz		
		1929	1928	1927	1929	1928	1927	1929	1928	1927	1929	1928	1927
1003 ... 1006	Elektrische Maschinen und Transformatoren	15 724	13 292	9 619	26 071	17 887	11 490	19 912	14 974	10 839	41 312	31 840	25 158
1007 1009 1012	Telegraphen-, Läute-, Signal- und Eisenbahnsicherungsapparate	855	847	663	512	480	311	1 193	721	430	464	444	328
1008	Telephone und Mikrophone	5 653	4 078	2 824	1 752	1 312	673	8 803	3 796	6 202	2 470	1 395	1 429
1010	Apparate für drahtlose Fernvermittlung	7 608	4 203	2 101	891	764	326	13 528	7 518	6 179	4 070	2 002	1 161
1011	Röntgen- und elektromedizinische Apparate und Hilfsgeräte	1 230	1 422	958	665	929	481	1 136	1 370	1 452	705	761	887
	Zwischensumme	15 346	10 550	6 546	3 820	3 485	1 791	24 660	13 405	14 263	7 709	4 602	3 805
1013	Elektrizitätsmeß- und Zählapparate	3 100	2 728	2 132	1 184	1 101	909	2 316	1 973	1 570	1 133	1 010	880
1014	Bogen-, Quarz-, Quecksilberdampflampen	125	170	99	29	37	43	542	467	268	23	21	26
					1 310	1 151	1 270				6 988	7 895	7 496
					Stück	Stück	Stück				Stück	Stück	Stück
1015	Glühlampen	3 570	2 979	3 016	3 009 486	2 319 652	2 497 373	19 916	22 919	21 039	16 580 300	19 921 498	18 660 934
1016	Röntgenröhren	234	118	89	19	12	11	186	167	164	12	9	7
	Zwischensumme	3 929	3 257	3 204	48	1 200	1 324	20 644	23 553	21 471	35	7 925	7 529
	Stück	—	—	—	3 009 486	2 319 652	2 497 373	—	—	—	16 580 300	19 921 498	18 660 934
1017 ... 1018	Elektrische Öfen, Heiz- und Kochapparate; Bügeleisen; elektrische Apparate und Vorrichtungen n. b. b.	14 374	10 498	10 833	13 276	9 409	9 291	13 575	11 207	7 406	20 854	16 674	10 988
1020	Kabel und isolierte												
1021	Drähte	1 415	1 033	621	2 090	1 454	694	4 462	4 084	5 468	13 750	13 790	19 899
1022	Akkumulatoren	374	331	195	614	498	368	599	676	650	1 955	2 067	1 707
1023	Elektrische Beleuchtungskohlen	82	65	60	116	97	106	42	28	88	22	45	208
1024	Elektroden	1 175	1 573	1 086	10 286	18 177	9 298	4	22	46	19	120	211
1025	Elektrische Kohlen, andere	748	582	461	1 431	1 057	552	109	82	67	39	29	38
	Zwischensumme	2 005	2 220	1 607	11 833	19 331	9 956	155	132	201	80	194	457
1019	Isolierrohre	441	567	249	3 401	3 499	1 578	259	331	314	1 328	2 091	2 126
1026 ... 1028	Isolations- und Montierungsbestandteile	4 527	2 848	2 910	22 211	13 827	14 389	299	400	381	1 093	879	890
	Gesamtsumme	61 235	47 324	37 916	85 858	71 691	51 790	86 881	70 735	62 563	96 237	81 072	73 439
	Davon Glühlampen Stück	—	—	—	3 009 486	2 319 652	2 497 373	—	—	—	16 580 300	19 921 498	18 660 934

Zweige der Schwachstromindustrie waren durch die Aufträge der Generaldirektion für die Post- und Telegraphenverwaltung i. a. gut beschäftigt. An der Verbesserung der Fernsprechverbindungen arbeitete man energisch. Im Berichtsjahr wurden Telephon-Überlandfreileitungen in der Länge von 4163 km und 170 km Telegraphenleitungen neu errichtet. Ebenso setzte sich der Ausbau des Wiener Fernsprech- wie des Fernkabelnetzes fort. Die Strecke Wien—Graz hat man durch ein 23 km langes, 98paariges Kabel bis zum Verstärkeramt in Wildon verlängert, das der späteren Verbindung mit Jugoslawien dienen soll, und 218 km Kabel wurden von Linz über Selztal und Leoben nach Bruck a. d. Mur zur Entlastung des bereits sehr stark besetzten Kabels Wien—Linz verlegt. Auf Einzelheiten kann hier nicht eingegangen werden. Die Tonfrequenztelegraphie kam schon im Frühjahr 1929 auf den Strecken von Wien nach Innsbruck und Nürnberg, im Dezember zwischen Innsbruck und Zürich in Betrieb. Da letztere Stadt ebenfalls durch Tonfrequenz mit Paris verbunden ist, besteht dieses moderne System, das die Beseitigung der alten, oft gestörten Freileitungen und der schwerfälligen Übertragerämter ermöglicht, die Leistungsfähigkeit erhöht und die Instandhaltung verbilligt, auf der ganzen Linie Wien—Paris. Gleichzeitig wurde auf einzelnen Strecken Gleichstromtelegraphie mit neuen hochempfindlichen Relais eingeführt, wodurch erhebliche technische Vorteile erzielt werden konnten. Die Modernisierung der Telegraphen- und Telephoneinrichtungen hat den Fernverkehr, wie erwartet, weiter entwickelt; er stieg im Inland seit 1924 bis 1929 von 16,124 auf 35,849 Mill Gesprächsminuten, mit dem Ausland von 5,372 auf 9,584 Mill Gesprächsminuten und erfuhr durch den Anschluß Argentiniens, Spaniens, Finnlands und des Vatikans eine Erweiterung. Der Radiotelegraphendienst im Verkehr mit dem Ausland wird von der Radio-Austria-AG. betrieben. In der Sendestation Deutsch-Altenburg wurden 1929 zwei weitere Kurzwellensender aufgestellt, am Laaer Berg ein Langwellen- und zwei Kurzwellenempfänger. Im Juni hat man die Station St. Peter bei Graz (Leistung des Senders 7 kW) eröffnet, und ferner im genannten Jahr die Errichtung eines neuen Zwischensenders in Salzburg begonnen. Es ist wohl nicht anzunehmen, daß der Ausbau der Telephon- und Telegrapheneinrichtungen im gleichen Tempo fortgesetzt werden wird. Für die Schwachstromkabel-Industrie ist das natürlich von Wichtigkeit. Die Starkstromindustrie ihrerseits hat das größte Interesse daran, daß die Elektrisierung der Bundesbahnen wieder aufgenommen wird, was aber nicht allein von wirtschaftlichen, sondern auch von politischen Erwägungen abhängt, deren Ergebnis sich vorläufig nicht voraussehen läßt.

Beim Installationsgewerbe kann man noch immer nicht von einem normalen Geschäftsgang sprechen. Solange die Verhältnisse auf dem Baumarkt keine wesentliche Änderung zeigen, d. h. solange der Bau von Häusern keine Verzinsung des Kapitalaufwandes garantiert, gibt es keine Belebung der Bautätigkeit, von der ein großer Teil der Industrie und der Gewerbe in hohem Maß abhängt. In wirklich großem Stil baut allein die Gemeinde; daß dabei die Allgemeinheit der Elektroinstallateure nur verhältnismäßig geringfügig berücksichtigt werden kann, ist ja bei der großen Anzahl letzterer klar, gehörten doch 1929 in Wien allein 665 konzessionierte Elektrotechniker der Genossenschaft an. Großenteils leben sie von Instandhal-

Digitized by Google

tungsarbeiten und Änderungen bestehender Anlagen. Eine neue teilweise und zeitweise lukrative Betätigung bietet ihnen der Verkauf elektrischer Apparate, besonders von Haushaltungsgeräten, wie Bügeleisen, Koch- und Heizvorrichtungen, Staubsaugern, Fußbodenbohnern u. dgl., sowie von Radioartikeln, Glühlampen und Beleuchtungskörpern. Hier treten sie allerdings in schärfsten Wettbewerb zum Einzelhandel, dessen Entwicklung mit der fortschreitenden Verbreitung der angewandten Elektrizität im Privathaushalt Fortschritte macht. Aber ebenso wie dieser ihr Konkurrent haben sie mit der allgemeinen Verschlechterung der wirtschaftlichen Lage zu kämpfen.

Die genossenschaftlichen Betriebe beschäftigten im Berichtsjahr etwas über 2650 Elektromonteure. Beispielgebend ist die Tätigkeit des Genossenschaftsvorstandes im Lehrlingswesen. Seit Januar 1928 hat er eine obligatorische psychotechnische Prüfung der Stellenbewerber eingeführt, und die bisherigen Ergebnisse berechtigen zu der Hoffnung, daß wirklich nur körperlich geeignete und für das Fach nach Intelligenz und Veranlagung passende junge Leute als Nachwuchs dem Elektrotechnikergewerbe zugeführt werden.

Mitteilungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

Bekanntmachung über Prüfungen und Beglaubigungen durch die Elektrischen Prüfämter[1].

Nr. 288.

Auf Grund des § 10 des Gesetzes vom 1. VI. 1898, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, sind die folgenden Elektrizitätszählerformen unter Zuerteilung des beigesetzten Systemzeichens zur Beglaubigung durch die Elektrischen Prüfämter im Deutschen Reiche zugelassen worden.

System $\overline{|54|}$, die Formen G, G/2, Gd, Gd/2, Motor-Wattstundenzähler für Gleichstrom,

hergestellt von den **Bergmann-Elektricitäts-Werken Aktiengesellschaft** in Berlin.

Berlin-Charlottenburg, den 23. IX. 1930.

Der Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

Paschen.

Beschreibung.

System $\overline{|54|}$,

die Formen G, G/2, Gd, Gd/2, Motor-Wattstundenzähler für Gleichstrom, hergestellt von den Bergmann-Elektricitäts-Werken Aktiengesellschaft in Berlin.

1. Meßbereiche.

Die Zähler der Formen G und G/2 sind zur Messung des Verbrauches in Gleichstromanlagen bestimmt. Die beiden Zählerformen unterscheiden sich dadurch, daß die Zähler der Form G einpolig, die Zähler der Form G/2 zweipolig geschaltet sind. Die Zähler der Form G werden in Zweileiteranlagen, die der Form G/2 in Zwei- und Dreileiteranlagen verwendet. Die Zähler können für Nennstromstärken von 3 bis 30 A und für Nennspannungen bis 440 V beglaubigt werden. Für Nennspannungen bis 220 V werden die Zähler auch als Doppeltarifzähler ohne eingebaute Umschaltuhr hergestellt. Sie führen in dieser Ausführung die Formbezeichnung Gd bzw. Gd/2. Die Doppeltarifeinrichtung ist die gleiche, wie sie in der Bekanntmachung Nr. 79 vom 24. VI. 1913 (ETZ 1913, S. 998) beschrieben und aus den Abb. 1 und 2 daselbst ersichtlich ist.

2. Wirkungsweise.

Der Zähler (Abb. 1) stellt einen eisenlosen Motor dar, der durch die zwischen den Polflächen eines Dauermagneten *m* sich bewegende Aluminiumscheibe *a* gebremst wird. Das Hauptstromfeld wird von zwei feststehenden vom Verbrauchstrom durchflossenen Spulen *b* gebildet, in denen der im Spannungskreis liegende mit einem dreiteiligen Kollektor *c* versehene dreiteilige Kugelanker *e* sich dreht. Der Strom wird dem Anker über den Vorwiderstand *d* durch die am Kollektor anliegenden Bürsten *k* zugeführt. Zwischen den Hauptstromspulen und dem Bremsmagneten ist ein eisernes Schirmblech *f* angeordnet. Die Zähler sind mit einer Vorrichtung ausgerüstet, die dazu dient, die Abhängigkeit der Zählerangaben von Temperaturänderungen herabzusetzen. Diese Vorrichtung besteht darin, daß an dem Bremsmagneten ein magnetischer Nebenschluß *n* aus einem Material angebracht ist, dessen magnetische Durchlässigkeit von der Temperatur abhängig ist. Zur Regelung des Zählerganges bei kleiner Last ist im Spannungskreis eine verstellbare Hilfsspule *i* angeordnet. Zur Verhütung von Leerlauf ist auf der Nabe der Bremsscheibe ein verbiegbares Eisenhäkchen *h* angebracht, das von dem Bremsmagneten angezogen wird.

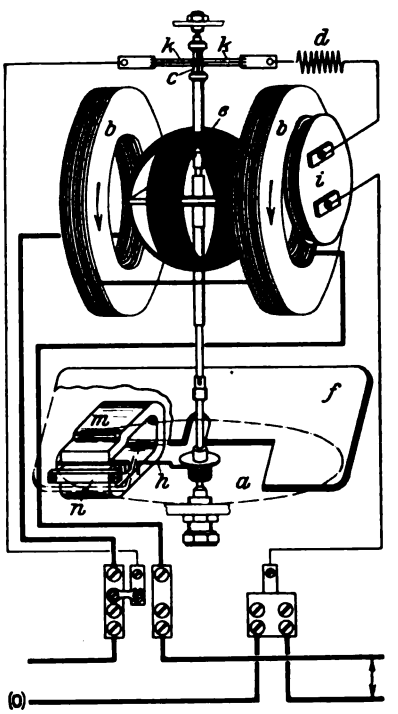


Abb. 1.

3. Schaltung.

Die Schaltung der Zähler der Form G ist aus Abb. 1 ersichtlich. Bei den Dreileiterzählern der Form G/2 liegt je eine der beiden Hauptstromspulen in einem der beiden Außenleiter. Der Spannungskreis liegt bei den Zählern für Nennspannungen bis 2×110 V zwischen den Außenleitern, bei den Zählern für höhere Nennspannungen bis 2×220 V zwischen einem Außenleiter und dem Nullleiter.

4. Eichung.

Nach einhalbstündiger Belastung mit der Nennspannung werden folgende Einstellungen gemacht.

a) Durch Verdrehen des Bremsmagneten *m* wird der Zähler bei Nennbelastung auf die richtige Ganggeschwindigkeit gebracht.

b) Bei $^1/_{10}$ der Nennbelastung wird die Hilfsspule *i* so gedreht, daß der Zähler auch bei dieser Belastung richtig zeigt.

c) Das Eisenhäkchen *h* wird so gebogen, daß der Zähler bei 20 % Überspannung im stromlosen Zustande nicht leerläuft; sodann wird der Anlauf nachgeprüft.

5. Eigenschaften.

Die untersuchten Zähler hatten bei Nennlast ein mittleres Drehmoment von etwa 5,8 ... 6,9 cmg. Sie liefen bei etwa 0,9 ... 1,3 % des Nennstromes an. Das Ankergewicht wurde bei einem Zähler zu 103 g, die Drehzahl der Zähler zu 50 ... 55 U/min bei Nennlast ermittelt. Der Ankerstrom betrug etwa 0,015 A. Der Eigenverbrauch im Hauptstromkreis belief sich auf etwa 7,8 ... 8,2 W bei Nennlast.

[1] Reichsministerialblatt 1930, S. 557.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Leitungen.

Die Drehungsarbeit an Seilen[1]. — Ausgehend von der Erscheinung, daß beim Recken von Seilen im Leitungsbau Aluminiumseile bei etwa 50 % der rechnerischen Bruchfestigkeit unter Drehungserscheinungen an den Einspannstellen rissen, weist der Verfasser nach, daß in den einzelnen Seilschlägen bei Belastung Drehmomente entstehen, die sich bei der bisherigen Normalkonstruktion der Seile gegenseitig nicht vollständig aufheben, so daß ein Differenzdrehmoment übrigbleibt, das proportional mit der Seilbelastung ansteigt. Durch die Seildrehung infolge dieses Drehmoments werden die nach der einen Richtung geschlagenen Seillagen zugedreht und die nach der anderen Richtung geschlagenen Seillagen aufgedreht. Dadurch werden die zugedrehten Schläge höher und die aufgedrehten Schläge weniger stark belastet, als der gleichmäßigen Querschnittsbeanspruchung entspricht. Die Summe der Belastungsmehrung in den zugedrehten Schlägen ist gleich der Summe der Belastungsminderung in den aufgedrehten Schlägen. Durch die Belastungsänderung in den einzelnen Schlägen wird auch deren Drehmoment geändert, u. zw. erfolgt die Änderung in dem Sinne, daß die Summe der übrigbleibenden Gesamtdrehmomente des Seiles zu Null wird. Da sich das Seil normalerweise in den Einspannstellen nicht drehen kann, kann sich dort auch nicht das übrigbleibende Gesamtdrehmoment verringern, so daß das Seil auf die Einspannung ein Drehmoment ausübt, aus dem sich als Reaktion ein Bremsdrehmoment von der Einspannung auf das Seil ergibt. Aus Symmetriegründen müssen die beiden Bremsdrehmomente gleich groß, doch entgegengesetzt gerichtet sein. Aus den gleichen Gründen muß der Mittelpunkt der Spannweite beiden Symmetriehälften gemeinsam sein, das Seil darf also dort keine Drehung ausführen, und das Seildrehmoment muß gleich Null sein. In jeder Symmetriehälfte muß es einen Punkt geben, in dem das Seil die meisten Umdrehungen ausführt, und der den Übergang vom Zudrehen eines Schlages zum Aufdrehen und umgekehrt darstellt, d. h. in diesem Punkt bleiben die Seillagen von der Drehung unbeeinflußt, und es herrscht über den ganzen Querschnitt hin eine gleichmäßige Belastungsverteilung. Nach den Untersuchungen des Verfassers liegt dieser Punkt jeweils in der Mitte der beiden Symmetriehälften. Man bekommt also eine Drehzahlkurve des Seiles, die an den Einspannstellen und in Feldmitte den Wert Null und in den Punkten ¼ und ¾ der Spannweite ein positives und negatives Maximum aufweist, die zahlenmäßig gleich groß sind. Die Kurvenform ist zwischen Einspannpunkt und Feldmitte eine Parabel. Die äußerste Seillage wird von den Mitten der Symmetriehälften zu den Einspannpunkten hin zugedreht, zur Symmetrielinie (= Feldmitte) hin aufgedreht. Die nächstfolgende und in anderer Richtung geschlagene Seillage wird dementsprechend im ersten Teil aufgedreht und im zweiten Teil zugedreht. Sind noch mehr Seillagen vorhanden, so erfahren die nach der gleichen Richtung geschlagenen Seillagen die gleiche Drehrichtung.

Für den äußeren Schlag tritt also von den Mitten der Symmetriehälften zu den Einspannstellen hin eine zunehmende Belastungsmehrung und zur Symmetrielinie hin eine zunehmende Belastungsminderung ein, für den nächstfolgenden Schlag umgekehrt, wobei die Summe der Belastungsmehrungen und -minderungen an jeder Stelle des Seiles gleich Null sein muß. Somit treten die größten Teilbelastungen des Seiles an den Einspannstellen für den zugedrehten äußeren Schlag und in Feldmitte (Symmetrielinie) für den zugedrehten inneren Schlag auf. Da der innere Schlag normalerweise einen geringeren Seilquerschnitt darstellt und einen geringeren Abstand von der Seilachse besitzt als der äußere Schlag, wird er in Feldmitte durch die Übernahme der Belastungsminderungen des äußeren Schlages stärker belastet als umgekehrt der äußere Schlag an der Einspannstelle. Infolge dieser Belastungsübernahme muß der innere Schlag bei zweischlägigen Seilen bis zu 193 % und bei dreischlägigen Seilen bis zu 162 % der gleichmäßig verteilt gedachten Seilbelastung übernehmen. Daraus erklären sich manche Seilreckungen und Seilbrüche bei verhältnismäßig noch ausreichenden Belastungen.

Auf Grund dieser Untersuchungen hat der Verfasser ein Seil konstruiert, in dem sich die Drehmomente der einzelnen Schläge gegenseitig die Waage halten. Dies läßt sich z. B. bei dreischlägigen Seilen dadurch erreichen, daß die beiden inneren Schläge in gleicher Richtung geschlagen werden, so daß das Moment dieser beiden Schläge dem des äußeren Schlages gegenübersteht. Ferner wird das Moment des äußeren Schlages noch dadurch abgeglichen, daß sein Querschnitt und somit der Querschnitt seiner Einzeldrähte so stark verringert wird, bis, unter Berücksichtigung der gewählten Steigungswinkel der einzelnen Drahtlagen, das Gesamtmoment des äußeren Schlages gleich dem Moment der beiden anderen Schläge ist.

Das Ergebnis ist ein tatsächlich drehungsfreies Seil, wie durch Versuche in Kugellagern auch praktisch nachgewiesen werden konnte, und somit eine gleichmäßige Belastungsverteilung im Seil über die ganze Einspannlänge hin. (J. Gröbl, El. Bahnen Bd. 6, S. 65.) *Sb.*

[1] Vgl. S. 1669: Gröbl, Die Dehnungsarbeit an Seilen.

Meßgeräte und Meßverfahren.

Prüfung von Stromwandlern. — Mit der Weiterentwicklung der Stromwandler besonders nach Einführung von Kernen aus siliziumreichen Eisenlegierungen hat sich das Bedürfnis herausgestellt, auch die Prüfmethoden weiter zu entwickeln. Zur Messung des Übersetzungsverhältnisses und des Phasenwinkels hat sich die Kompensationsmethode von Schering und Alberti vielfach eingeführt. Die erreichbare Genauigkeit dieser Methode beträgt beim Übersetzungsverhältnis etwa 0,1 % und beim Phasenwinkel bei sorgfältiger Vermeidung von elektrischen und magnetischen Störfeldern wenige Minuten.

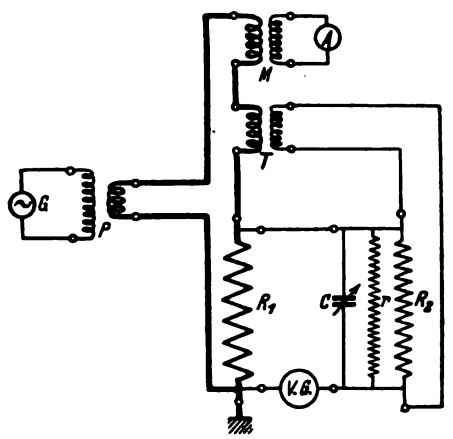


Abb. 1. Prüfschaltung für Stromwandler nach Arnold.

Im National Physical Laboratory in Teddington wurde nun eine Untersuchung darüber angestellt, wie die oben genannte Methode zur Erzielung höherer Meßgenauigkeit weiter zu entwickeln ist. Dazu sind an Hand der Formeln die Fehlerquellen erörtert und Änderungen in der Schaltung durchgeführt. Nach der bisherigen Methode wurden negative Phasenwinkel dadurch gemessen, daß mit Hilfe einer in den Spannungsteiler eingeschalteten Selbstinduktionsspule von konstantem Betrag eine Überkompensation der Phasenabweichung bewirkt und die genaue Kompensation mit Hilfe des einstellbaren Parallelkondensators vorgenommen wurde. Zur Vermeidung von Fehlern durch magnetische Störfelder wird bei der abgeänderten Methode auch der negative Phasenwinkel lediglich mit einstellbaren Kondensatoren gemessen, die in diesem Falle jedoch einem anderen Teile des Spannnungsteilers parallel zu schalten sind. Bei primären Stromstärken von über 200 A wird das Primärnormal nicht mehr unmittelbar in den Primärkreis eingeschaltet, sondern sekundärseitig an einen Hilfs-Normalstromwandler angeschlossen[1]. Es ist dann nicht erforderlich, wassergekühlte Normalwiderstände zu verwenden, die eine gewisse Unbequemlichkeit mit sich bringen. Dagegen ist bei Verwendung von Hilfswandlern eine Korrektur an den Meßergebnissen für den Übersetzungs- und Phasenfehler des Hilfswandlers anzubringen.

Die Schaltung mit Hilfswandler wird noch dazu benutzt, den allgemeinen (absoluten) Fehler der Meßanord-

[1] Diese Anordnung ist bereits von Ahrberg angegeben und der Firma Siemens & Halske im DRP. Nr. 422 920 geschützt.

Digitized by Google

nung zu bestimmen. Dieser ergibt sich aus dem Vergleich einer Eichung mit Hilfswandler und einer Eichung ohne Hilfswandler nach Anbringung der erforderlichen Korrekturen.

Aus einer weiteren Abänderung der Methode von Schering und Alberti ergibt sich folgende Schaltung (Abb. 1). Primär- und Sekundärnormal (R_1 und R_2) sind unmittelbar, d h. ohne Zwischenschaltung eines Spannungsteilers über das Vibrationsgalvanometer gegeneinander geschaltet. Die Abgleichung des Übersetzungsverhältnisses erfolgt mit Hilfe eines dem Primär- oder Sekundärnormal parallelgeschalteten veränderbaren hochohmigen Widerstandes (r), die Abgleichung des Phasenwinkels mit einem parallelgeschalteten Kondensator. Mit dieser Anordnung läßt sich, da einige Korrektionsglieder wegfallen, das Übersetzungsverhältnis auf 0,01 % der Phasenwinkel auf 0,1′ genau bestimmen. Es ist indessen unmöglich, bei dieser Schaltanordnung die Fehler unmittelbar ablesbar zu machen, was für Betriebsmessungen sehr wichtig ist. (A. H. M. Arnold, J. Inst. El. Engs. Bd. 68, S. 898.) *Alb.*

Bahnen und Fahrzeuge.

Die weitere Elektrisierung der schwedischen Staatsbahnen. — Unter Bezugnahme auf die Denkschrift der Oberrevisoren[1], in der eine Untersuchung über die Anlagekosten und das zu erwartende wirtschaftliche Ergebnis einer Elektrisierung weiterer Staatsbahnstrecken empfohlen wurde, hat die Generaldirektion der Schwedischen Staatseisenbahnen dies bereits in einer Form vorgelegt, damit die grundsätzliche Entscheidung getroffen werden kann. Es handelt sich dabei um die Strecke Stockholm—Malmö mit Nebenbahnen. Der erste Abschnitt Stockholm—Järna ist gemeinsam mit der bereits elektrisierten Strecke Stockholm—Gotenburg. Die Erweiterung sollte deshalb umfassen:

Järna—Norrköping—Malmö	547	km
Katrinenholm—Åby	40	„
Örebro—Hallsberg—Mjölby	121	„
Falköping—Nässjö	112	„
Malmö—Trälleborg	31	„
Arlöv—Lomma	5	„

d. h. eine Verkehrslänge von insgesamt 856 km (vgl. Abb. 2). Die Elektrisierung der Nebenstrecken wird damit begründet, daß erst dadurch die Ersparnisse bezüglich Personal- und sachlichen Kosten voll zur Geltung gelangen.

Das obige Bahnnetz sollte aus den vorhandenen Unterwerken in Södertälje, Sköldinge, Hallsberg und Alingsås nach Erweiterung gespeist werden. Außerdem werden einige neue Unterwerke geplant. Bei einer Länge der Fahrleitungen von 1570 km und einer besonderen Stromübertragung für Beleuchtung von Bahnhöfen usw. werden die Anlagekosten wie folgt geschätzt:

Unterwerke	3,7	Mill	Kr
Fahrleitung	23,46	„	„
Speiseleitung usw.	8,29	„	„
Stromübertragung für Beleuchtung	2,5	„	„
Verschiedenes	0,55	„	„
insgesamt	38,5	Mill	Kr

Zur Verkabelung der Lichtleitungen an Bahnhöfen und der Bahnschwachstromleitungen sowie Verlegung der Reichstelegraphenleitungen (einschl. Fernsprechleitungen) wurden folgende Ziffern genannt:

Änderung der Lichtleitungen	1,22	Mill	Kr
„ „ Bahnanlagen	1,00	„	„
„ „ Bahnschwachstromleitungen	6,88	„	„
„ „ Schwachstromleitungen der Telegraphenverw.	3,84	„	„
insgesamt	12,97	Mill	Kr

Die Leitungen des Reichstelegraphen sind bereits größtenteils verkabelt worden, so daß auch der aufgeführte Restbetrag nicht ganz zu Lasten der Bahnelektrisierung gehen sollte.

Das erforderliche rollende Material setzt sich zusammen aus:

63 Lokomotiven der Achsfolge 1-C-1 Einheitstype wie für Stockholm—Gotenburg bezogen je 0,2 Mill Kr	12,6	Mill	Kr
21 Verschiebelokomotiven 1-C, je 0,135 Mill Kr	2,835	„	„
12 Triebwagen, je 0,120 Mill Kr	1,44	„	„
8 Akkumulatorlokomotiven	0,725	„	„
insgesamt	17,6	Mill	Kr

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 571.

Anschließend wird für die elektrische Beheizung der Wagen und der Züge an den Aufstellungsbahnhöfen ein Betrag von 2,8 Mill Kr erforderlich.

Von den aufgeführten Summen sind diejenigen Kosten in Abzug zu bringen, welche bei einer Beibehaltung des Dampfbetriebes zur Beschaffung neuen rollenden Materials und Erweiterung der ortsfesten Anlagen und Leitungen sonst unmittelbar oder in Kürze unumgänglich werden. Durch die Elektrisierung würden 180 Stück verhältnismäßig neuzeitliche Dampflokomotiven freigemacht werden. Unter Beibehaltung des jetzigen Verkehrs und Ausschlachtung von Lokomotiven im bisher üblichen Umfange sollte ein Mangel von 180 Lokomotiven im Jahre 1941 eintreten, u. zw. sollte hierfür spätestens 1940 ein Kapitalbedarf von 20,2 Mill Kr vorliegen. Mit einem Zinsfuß von 4,65 % errechnet die Generaldirektion dabei einen Betrag von 14 Mill Kr, welcher der Elektrisierung gutgeschrieben werden sollte, falls die elektrischen Lokomotiven beim Jahreswechsel 1933/34 beglichen werden.

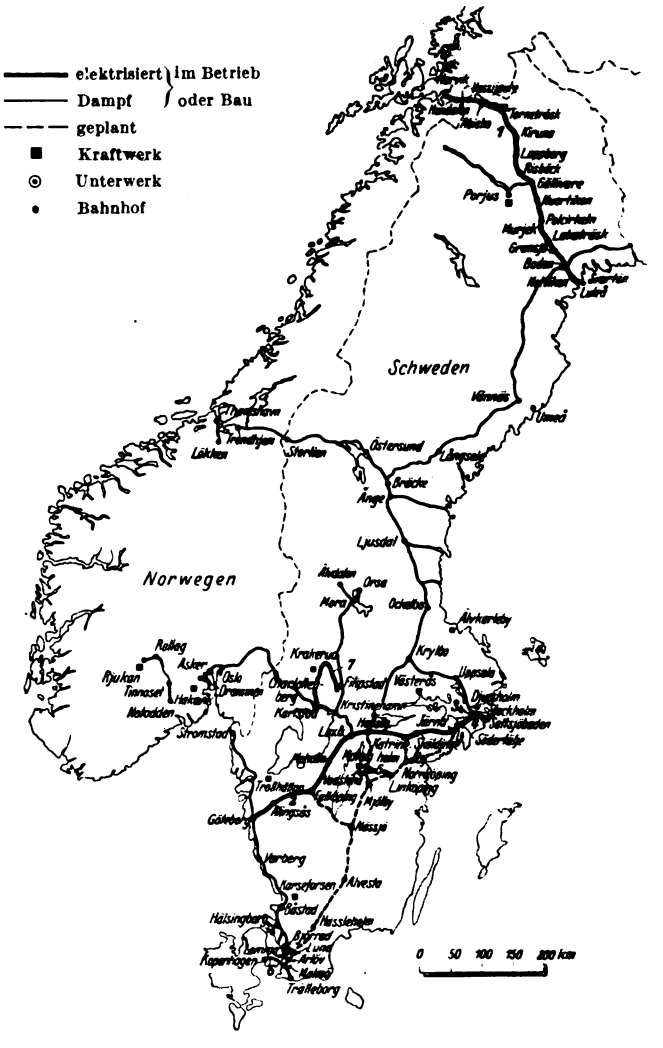


Abb. 2. Die wichtigeren Bahnlinien Schwedens einschließlich aller elektrisierten Strecken.

Die Triebwagen entsprechen einer Ersparnis in der Neubeschaffung von Personenwagen 3. Klasse, welche zu 0.3 Mill Kr bewertet wird. Durch die verkürzte Fahrzeit wird der Bedarf an Güterwagen um 200 Stck. vermindert mit einem Kapitalwert von 1,4 Mill Kr. Durch den Ausfall einer sonst erforderlichen Verbesserung des Lokomotivendepots Malmö in Höhe von 0,4 Mill Kr und verringertem Raumbedarf in den Ausbesserungswerken wird eine Ersparnis von 0,3 Mill Kr erreicht.

Die obengenannten Beträge sind in der Zahlentafel 1 zusammengefaßt worden.

Ferner wurden die Jahreskosten für Betrieb, Unterhaltung, Rückstellungen und Zinsen ermittelt.

Der elektrische Betrieb ermöglicht längere Betriebsstrecken der Lokomotiven als beim Dampfbetrieb. Die Bekohlungs- und Bewässerungsanlagen fallen fort, so daß die elektrischen Lokomotiven mit einer geringeren Anzahl

Digitized by Google

Zahlentafel 1.

	Brutto-kosten	Abzüglich Kosten bei Beibehaltung des Dampfbetriebes	Netto-kosten
	Mill Kronen		
Von der Staatsbahn zu tragen.			
Stromübertragung	38,5		38,5
rollendes Material	17,6	14,0	
do. Personen- u. Güterwagen		1,7	1,9
Änderung der Beleuchtungsanlagen	1,22		1'22
Änderung der Bahnanlage	1,00		1,00
Änderung der Bahnschwachstromleitungen	6,88		6,88
elektrische Beheizung	2,8		2,8
Lokomotivendepots und Ausbesserungswerk	—	0,7	0,7
Summa	68,0	16,4	51,6
Vom Telegraphenamt zu tragen	3,84	—	3,84
insgesamt	71,84	16,4	55,44

Depots auskommen. Die Anzahl Lokomotivenkilometer per Lokomotivpersonal wird größer, namentlich nach Einführung der Einmannbedienung. Der Personalabbau in Maschinenabteilung, Verkehrsabteilung und Werkstatt wird auf 700 Mann geschätzt.

Die Ersparnisse an Steinkohle (105 000 t ausländische zuzüglich 18 000 t schwedische, entsprechen insgesamt 116 000 t ausländischer) nach den jüngsten Preisen zuzüglich Zinsen von einem Jahr wurden auf 3,066 Mill Kr oder bei einem Preise von Kr 20/t auf 2,892 Mill Kr errechnet. Nach den Erfahrungen werden die weiteren Ersparnisse entsprechend zusammengestellt:

Personal der Maschinenabteilung, 560 Mann je 3500 Kronen	1,960	Mill	Kr
Personal der Verkehrsabteilung, 40 Mann je 4100 Kronen	0,164	„	„
Steinkohle	2,892	„	„
Unterhaltung der Lokomotiven 8,4 Mill. Lok/km je 0,09 Kr.	0,756	„	„
Schuppen, Kohle, Wasser, Schmierung je 0,03 Kr. für das Lok-km	0,252	„	„
Beleuchtung	0,180	„	„
Geringere Kosten für Güterwagen und Wagendecken	0,040	„	„
insgesamt	6,244	Mill.	Kr.

Hierzu kommen noch Vorteile durch verringerte Unkosten der verkabelten Leitungen, erhöhte Förderleistung, verbesserte und erweiterte Fahrpläne, erhöhte Geschwindigkeit, elektrische Beleuchtung in etwa 250 Ortschaften, verbesserte Fernsprechverbindungen, verkürzte Beförderungszeit für Güter, erhöhter Personenverkehr usw., welche zu rd. 1,00 Mill Kr jährlich bewertet werden.

Demgegenüber werden die Jahreskosten der Elektrisierung, bestehend aus Zinsendienst und Kosten der Stromlieferung gestellt. Bei einem Zinsfuß von 4,65 % auf 51,6 Mill Kr bezogen, wird ersterer zu 2,4 Mill Kr errechnet (falls die Schwachstromleitung des Reichstelegraphen mit eingeschlossen wird, erhöht sich dies auf 2,578 Mill Kr). Die Stromkosten werden zu 3.339 Mill Kr veranschlagt, wovon 2,14 Mill Kr auf Stromlieferung und 1,19 Mill Kr auf Bedienung, Unterhaltung und Rücklagen für Unterwerke und Fernleitungen entfallen. Eine Rückstellung für elektrische Lokomotiven wurde bei diesem Vergleich nicht gemacht, weil diese geringer als für Dampflokomotiven wird.

Nach dem obigen ergibt sich somit:

direkte Ersparnisse	6,244	Mill	Kr
Kostenerhöhung der Staatsbahn	5,739	„	„
Gewinn	0,505	Mill	Kr
Nach Abzug der Kostenerhöhung des Reichstelegraphen bleiben	0,327	„	„
Unberücksichtigt ist dabei der Wert der indirekten Vorteile	1,00	„	„

Die Zahlen wurden auf Grund der derzeitigen Preise eingesetzt. Eine wesentliche Verschiebung in ungünstiger Richtung ist nicht wahrscheinlich, weshalb die Ertragsrechnung als vorsichtig angesehen werden kann. Bei steigendem Verkehr wird der Gewinn höher, weil die veränderlichen Kosten nicht so schnell anwachsen wie beim Dampfbetrieb.

Eine besondere Untersuchung ergab, daß Schwierigkeiten beim Personalabbau nicht eintreten werden.

Für die Ausführung wird eine Bauzeit von 3 Jahren und weitere 6 Monate für Nacharbeiten vorgesehen. Mit Baubeginn 1. Juli 1931 würde die Hauptstrecke Järna—Norrköping—Malmö—Trälleborg und Katrineholm—Åby Anfang 1934 betriebsfähig sein. Die weiteren Strecken könnten im Laufe desselben Jahres folgen.

Die Stromlieferungsanlagen der Kgl. Wasserfallverwaltung bzw. der Sydsvenska Kraft AB dürften ebenfalls rechtzeitig fertiggestellt werden können.

Die Generaldirektion der Staatsbahnen hat den Plan bereits jetzt vorgelegt, nach dem die Oberrevisoren in der eingangs erwähnten Denkschrift eine Stellungnahme empfohlen hatten und ferner die seit Herbst 1928 eingesetzte Steigerung der Förderleistung Maßnahmen zur glatten Abwicklung verlangte. Das verfügbare Material zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit bringt schon den Beleg dafür, daß die durch die Elektrisierung erzielten Ersparnisse die Aufwendungen mehr als ausgleichen. Die indirekten Vorteile der Bevölkerung durch verkürzte Reise- und Güterbeförderungszeiten werden somit ohne Zuschüsse des Staates erlangt und die Elektrisierung deshalb befürwortet. Weil andere als eisenbahntechnische- und eisenbahnwirtschaftliche Verhältnisse zu berücksichtigen sind, werden Geldmittel für den Beginn der Arbeiten nicht sofort verlangt. Vielmehr wird eine grundsätzliche Entscheidung für oder gegen die Elektrisierung zunächst der Regierung unterstellt, zumal der Kapitalbedarf für schwedische Verhältnisse ein sehr großer ist. Sollte die Regierung ihre Zusage aussprechen, sollen die Arbeits- und Finanzierungspläne dem Reichstage 1931 vorgelegt werden. *Hldn.*

Bergbau und Hütte.

Die Wirtschaftlichkeit der Elektroöfen. — Bei den Baldwin Tool Works, Parkerburg, W. Va., werden Schaufeln aus Molybdänstahl und verschiedenen anderen Legierungen hergestellt und nach Fertigstellung einer Wärmebehandlung unterzogen. Da die Gesellschaft Erfahrung sowohl mit Gasöfen als auch mit Elektroöfen hat, ist ein Vergleich der Betriebsergebnisse angängig. Zur Verfügung steht natürliches Gas mit 8900 cal, welches 4,8 Pf/m³ kostet. Es sind drei Gasöfen mit rechteckigem Behälter zum Härten und Tempern im Bleibad vorhanden. Die Behälter bestehen aus Nickelchrom, sind 1168 mm lang, 547 mm breit und 430 mm tief. Die Ergebnisse mit diesen Öfen sind die folgenden:

Monat	Lohnstunden	Blei kg	Koks kg	Öl l	Gas m³	Schaufeln Dtz.	Tatsächliche Arbeitstd.
Mai 1928	306	835,3	1736,5	—	337,5	2034	153
Juni	413	771,8	—	—	509,4	2312	207
Juli	421,5	862,6	—	—	620,4	2799	207
August	295	458,5	—	236,0	359,3	1902	144
September	351,5	823,9	—	—	441,1	2121	171
Oktober	475,5	909,8	—	—	542,0	2621	215
November	458,5	642,0	—	—	571,2	2848	223
Dezember	425	1052,4	—	118,0	524,5	2654	207
Januar 1929	497	1008,8	—	—	640,6	3511	243
Zusammen	3643	7365,1	1736,5	354	4546,0	22802	1770

Außerdem sind zwei Elektroöfen von je 65 kW Leistung aufgestellt mit Kesseln von 1180 mm oberer Länge und 470 mm Breite und 1080 mm unterer Länge und 368 mm Breite und 438 mm Tiefe aus demselben Material. Die Heizkörper liegen seitlich und am Boden der Heizkammer. Die Ergebnisse mit diesen Öfen, die im Februar 1929 in Betrieb gesetzt wurden, sind:

Monat	Lohnstunden	Blei kg	kWh	Höchster Verbrauch in 15 min	Schaufeln Dtz.	Tatsächliche Arbeitstd.
April 1929	481	544,8	19840	63,0	4339	236
Mai	439	431,3	15880	64,0	3413	214
Juni	172	311,0	7920	61,9	1685	89
Zusammen	1089	1287,1	43640		9437	539

Das in das Bleibad eingetauchte Gewicht von 1 Dtz. Schaufeln beträgt 12,25 kg. Das Härtebad hat eine Temperatur von 800°, das Temperbad von 371°. Zwanzig Schaufeln können in 4 min gehärtet werden oder 5 Schaufeln/min. Vergleicht man die Zahlen der obigen Zahlentafeln, so erhält man die folgenden Vergleichswerte:

Digitized by Google

Elektroofen.

kWh-Verbrauch auf 1 Dtz. wärmebehandelter Schaufeln	4,63
Bleiverbrauch auf 1 Dtz. wärmebehandelter Schaufeln	0,13
Lohnstunden auf 1 Dtz. wärmebehandelter Schaufeln	0,1155
in 1 Arbeitstunde hergestellte Schaufeln in Dtz.	17,5

Gasofen.

Gasverbrauch auf 1 Dtz. wärmebehandelter Schaufeln in m³	1,982
Bleiverbrauch auf 1 Dtz. wärmebehandelter Schaufeln in m³	0,32
Lohnstunden auf 1 Dtz. wärmebehandelter Schaufeln in m³	0,16
in 1 Arbeitstunde hergestellte Schaufeln in Dtz.	12,9

Zum Vergleich der relativen Kosten an Strom und Gas wird der April 1929 als Grundlage genommen. Der Strom kostet 5,25 Pf/kWh. Hierzu kommen noch einige Unkosten, so daß sich die monatlichen Kosten zur Erzeugung von 4339 Dtz. Schaufeln stellen auf:

	Gasofen	Elektroofen
Bleiverbrauch auf 1 Dtz. Schaufeln in kg	0,32	0,13
Insgesamt für 4339 Dtz. Schaufeln in kg	1338,5	564,1
Monatliche Ausgaben für das Blei bei 0,58 RM/kg	805,33	327,18

Die Leute, die den Gasofen bedienten, erhielten einen Stundenlohn von 1,90 ... 2,30 RM. Der Elektroofen konnte von weniger erfahrenen Leuten bedient werden, die durchschnittlich 2,10 RM stündlich erhielten. Daraus ergeben sich folgende Zahlen:

	Gasofen	Elektroofen
Lohnstunden auf 1 Dtz. Schaufeln	0,16	0,1155
Lohnstunden zur Erzeugung von 4339 Dtz. Schaufeln	694	501
Arbeitslohn zur Wärmebehandlung von 4339 Dtz. Schaufeln in RM	1457,40	1052,10

Bei Gas- und Elektroöfen von derselben Größe ergibt sich folgende Erzeugung:

	Gasofen	Elektroofen
Anzahl der Schaufeln in Dtz.	22 802	9437
Tatsächliche Arbeitstunden	1 770	539
in 1 Arbeitstunde fertiggestellte Schaufeln in Dtz.	12,90	17,50
Arbeitstunden zur Erzeugung von 4339 Dtz. Schaufeln	336	248

Die im Elektroofen erzielte höhere Erzeugung betrug also 35,5 %. Für die Instandhaltung der Öfen müssen allgemeine Reparaturen sowie Abschreibung des Anlagekapitals gerechnet werden. Der Preis des Behälters betrug 3360 RM, die Lebensdauer desselben beim elektrischen Heizen beträgt 6500 h und beim Gasheizen 2500 h.

Elektroofen, Arbeitstunden	248
1 h Aufheizen täglich	26
Gesamtstunden:	274
Gasofen, Arbeitstunden	336
3 h Aufheizen täglich	78
Gesamtstunden:	414

Nutzbare Lebensdauer der Behälter während April war:

$$\text{Elektroofen } \frac{274}{6500} \times 100 = 4{,}22\ \%.$$

$$\text{Gasofen } \frac{414}{2500} \times 100 = 16{,}56\ \%.$$

Abschreibung während April:

Elektroofen: $3360 \times 0{,}0422 = 141{,}80$ RM
Gasofen: $3360 \times 0{,}1656 = 559{,}40$ RM

Am Elektroofen wurden im letzten Betriebsjahr keine nennenswerten Reparaturen gemacht, auch zeigte sich keine Abnutzung. Eine allgemeine Belastung von 42 RM monatlich für alle eintretenden Zufälligkeiten wird vollkommen ausreichen. Nach bisherigen Erfahrungen wurde jeder Gasofen viermal jährlich zwei Tage für kleine Reparaturen stillgesetzt. Der Lohn für zwei Mann, zwei Tage und das verbrauchte Material bedeutet eine jährliche Ausgabe von:

16 Mann zu 18,90 RM täglich =	200,35	
Material	134,40	
		334,75 RM

Jeder Gasofen wurde alle drei Monate zur vollkommenen Aufmauerung stillgesetzt. Der Lohn für sechs Tage und zwei Mann beträgt:

48 Arbeitstage zu 18,90 RM =	907,20	
Materialien	1680,—	
		2587,20 RM
Gesamte jährliche Kosten:		2921,95 RM

Durchschnittliche monatliche Reparaturkosten für den Gasofen betragen also 243,50 RM.

Für den Gasofen wurde ein 5 PS-Motor für das Gebläse und die Ölumlaufpumpe für das Ablöschbad benutzt, für den Elektroofen genügte ein 2 PS-Motor für die Pumpe. Es werden daher 3 PS erspart. Bei 314 h monatlich ist der Kraftverbrauch für einen 3 PS-Motor bei einem Wirkungsgrad von 80 %:

$$\frac{314 \times 3 \times 746}{0{,}80} = 878\ \text{kWh}.$$

Die monatlichen Stromkosten für die Lieferung von Luft für den Gasofen betragen:

$$0{,}0525 \times 878 = 46{,}10\ \text{RM}.$$

Die drei Gasöfen kosteten angenähert 18 900 RM, die Elektroöfen 33 180 RM. Bei Verzinsung und Amortisation von 15 % erhält man:

Gasöfen

Jährliche Verzinsung von 18 900 RM =	2835,00 RM
Monatliche Verzinsung	236,25 RM.

Elektroöfen

Jahrliche Verzinsung von 33 180 RM =	4977,00 RM
Monatliche Verzinsung	414,75 RM.

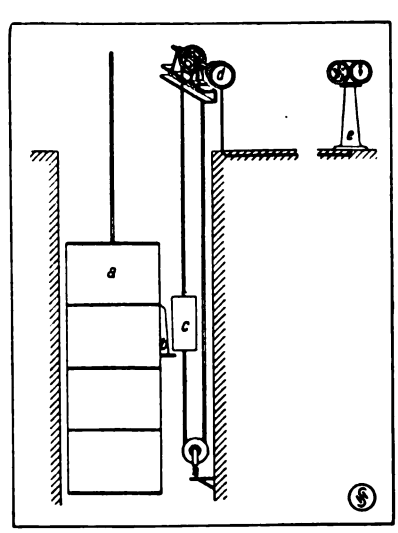
Die monatlichen Gesamtkosten belaufen sich also auf:

	Elektroofen RM	Gasofen RM
Strom- oder Gasrechnung	1046,75	420.50
Bleiverbrauch	327,18	805,33
Arbeitslöhne für die Wärmebehandlung	1052,10	1457,40
Abschreibung für die Kessel	141,90	559,40
Allgemeine Reparaturen	42,00	243,50
Luft für den Gasofen	—	46,10
Verzinsung und Amortisation	414,75	236,25
Insgesamt:	3024,58	3768,48

Monatliche Ersparnis bei Verwendung von Elektroöfen	743,90 RM
Jährliche Ersparnis bei Verwendung von Elektroöfen	8926,80 RM

(The Iron Age. Bd. 124, S. 1725.) *Ill.*

Elektrischer Etagenanzeiger für Förderanlagen. — Um den Förderkorb in der Hängebank einstellen zu können, verwendet man auf dem Seil angebrachte Marken, die nicht nur infolge der Seilschmierung im Laufe der Zeit undeutlich werden, sondern deren Entfernung vom Korb sich auch unter dem Einfluß der Temperatur, der wechselnden Korbbelastung und auch beim Neuauflegen des Seiles ändert. Die Firma Siemens & Halske baut daher eine Einrichtung, bei welcher unmittelbar unter der



a Förderkorb
b Gummipuffer
c Wagen
d Geber
e Empfänger

Abb. 3. Etagenanzeiger für Förderkörbe (Schema)

Digitized by Google

Hängebank ein kleiner Wagen in Vertikalschienen fährt (Abb. 3). Er ist sowohl am oberen als auch am unteren Ende mit einem Drahtseil verbunden, das über eine abgefederte Rolle zu einer über der Schachtmündung befestigten Seiltrommel führt. Die letztere betätigt eine elektrische Übertragungseinrichtung, deren Bewegungen ein Fernanzeiger im Maschinenhaus wiedergibt. Die Betätigung des Wagens erfolgt durch einen am Förderkorb angebrachten Gummipuffer, wenn der Maschinist auf Grund der Teufenzeigerstellung die Fördermaschine bereits abgebremst hat, so daß also der Stoß auf den Wagen nicht erheblich ist. Um die Genauigkeit der Einstellung zu erhöhen, sind an der Seiltrommel 2 Ferngeber angebracht, die durch eine Zahnradübertragung derart verbunden sind, daß das eine System einen Bruchteil der Umdrehungen des anderen Systems macht. Abb. 4 stellt die beiden dazugehörigen Empfänger dar, von denen der Grobzeiger die Etage anzeigt, während der Feinzeiger, der zwischen 2 Etagen eine ganze Umdrehung macht, zur genauen Einstellung dient. Das Hängen des Korbes geschieht in der Weise, daß der Maschinist eine volle Umdrehung des Feinzeigers abfährt. Die Einrichtung hat vor allem den Vorteil, daß der Maschinist den Förderkorb während des wichtigsten Teiles der Fahrt gewissermaßen dauernd vor Augen hat. (Siemens-Z. Bd. 9, S. 647.) *Ka.*

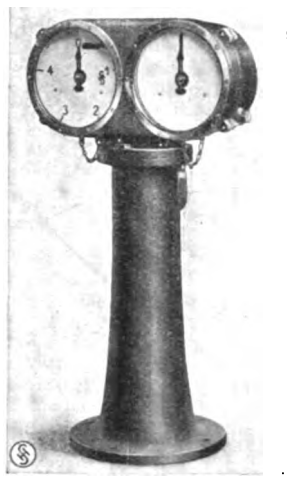


Abb. 4. Ansicht eines Empfängers zum Etagenanzeiger für Förderkörbe.

Verschiedenes.

Das Wünschelrutenproblem. — Auf meinen in Heft 33 der ETZ veröffentlichten Aufsatz „Das Wünschelrutenproblem — ein elektrisch-physiologischer Vorgang" habe ich eine Reihe von Zuschriften erhalten. Zum Teil wurden mir Beobachtungen mitgeteilt, die sich mit meinen Beobachtungen decken, zum Teil enthielten die Zuschriften abweichende Beobachtungen und Anschauungen. Da eine Besprechung der abweichenden Anschauungen zu einer weiteren Klärung der Wünschelrutenfrage beitragen kann, will ich hierauf näher eingehen.

Einige Einsender nehmen an, daß es sich bei dem Wünschelrutenausschlag weniger um einen physiologischen als um einen psychologischen Vorgang handelt. Insbesondere wird die Möglichkeit der Autosuggestion oder der Beeinflussung anderer Personen erörtert. Ich habe mich bei meinen Versuchen bemüht, solche psychologischen Einflüsse nach Möglichkeit auszuschalten. Ich selbst habe daher Kontrollversuche mit geschlossenen Augen gemacht und habe außerdem Kontrollen der Rutenausschläge durch einen Bekannten machen lassen, dem ich vorher meine Beobachtungen nicht mitgeteilt hatte, und dem ich in einer solchen Entfernung folgte, daß eine Beeinflussung durch mich nicht möglich war. Trotz dieser verschiedenen Versuchsbedingungen erfolgten die Ausschläge an den gleichen Stellen. Ich möchte aber hinzufügen, daß für den empfindlichen Wünschelrutengänger die Schwierigkeit und Unsicherheit weniger in dem Bemerken der Rutenausschläge liegt, als vielmehr in der Deutung und Auswertung derselben. Gerade bei der Auswertung der Ausschläge ist die Möglichkeit von Trugschlüssen gegeben, und hierauf sind wahrscheinlich auch die häufigen Mißerfolge von Rutengängern zurückzuführen. Die Angaben, die manche Rutengänger machen, gehen vielfach weit über das hinaus, was man von dem keineswegs zuverlässigen und nur im beschränkten Maße für praktische Zwecke brauchbaren Wünschelrutenverfahren erwarten darf.

In meinem Aufsatz hatte ich angegeben, daß die Wünschelrute erstens als Auffangvorrichtung für die elektrische Ladung und zweitens als Anzeigevorrichtung für die Kontraktion der Handmuskeln dient. Ein Einsender bezweifelt die Antennenwirkung der Wünschelrute und glaubt, daß der menschliche Körper unmittelbar durch das elektrische Feld beeinflußt werde, so daß die Wünschelrute nur eine Anzeigevorrichtung für die Kontraktion der Handmuskeln sei. Wenn diese Annahme richtig wäre, müßte der Ausschlag auch bei Wünschelruten aus nicht elektrisch leitendem Material erfolgen. Zur Nachprüfung habe ich folgenden Versuch gemacht. Mit einem Zollstock aus Aluminium, der in der Mitte geknickt und dann zu einer Gabel auseinandergebogen war, erhielt ich einen Wünschelrutenausschlag. Dagegen erhielt ich keinen Wünschelrutenausschlag, wenn ich einen Zollstock aus Holz verwandte. Da die kantige Form eines Zollstocks wenig geeignet für Ausschläge ist, habe ich eine Wünschelrute aus 4 mm starkem spanischen Rohr gebogen. Trotz der geeigneten Form habe ich bei diesem elektrischen Nichtleiter keinen Ausschlag erhalten. An den gleichen örtlichen Stellen erhielt ich dagegen mit richtig gebogenen Metallwünschelruten deutliche Ausschläge. Hieraus geht hervor, daß die Wünschelrute elektrisch leitend sein muß, und daß eine Antennenwirkung der Rute vorhanden ist. Auch diese Versuche habe ich, um subjektive Beobachtungsfehler nach Möglichkeit auszuschalten, von anderer Seite nachprüfen lassen.

Ein weiterer Einsender gibt an, daß er auch spannungslose Kabel mit der Wünschelrute gefunden habe. Da diese Beobachtung im Gegensatz zu meinen Beobachtungen steht, so würde es zweckmäßig sein, wenn auch noch andere entsprechende Versuche machten. Ich habe nur solche Kabel und Hochspannungs-Freileitungen mit der Wünschelrute feststellen können, die unter Spannung standen. Außer den in meinem Artikel angeführten Versuchen möchte ich noch folgende Versuche mitteilen. Ging ich unter einer Hochspannungs-Freileitung von 10 000 V verketteter Spannung so hindurch, daß ich die Leitung kreuzte, so erhielt ich einen Ausschlag. In diesem Falle änderte sich auf dem Wege die Stärke des elektrostatischen Feldes. Ging ich dagegen unter der Hochspannungs-Freileitung in der Leitungsrichtung entlang, so erhielt ich keinen Ausschlag. In diesem Falle blieb auf dem Wege die Stärke des elektrostatischen Feldes die gleiche. Auch dieser Versuch weist darauf hin, daß die Änderung des elektrostatischen Feldes den Ausschlag hervorruft. Kreuzte ich mit der Wünschelrute eine Niederspannungs-Freileitung von 380/220 V, so hatte ich keinen Ausschlag. Dieser Versuch zeigt, daß eine bestimmte Spannung, also eine bestimmte Stärke des elektrostatischen Feldes dazu gehört, um einen Rutenausschlag hervorzurufen. Wie hoch diese Spannung ist, wird sich nach der Empfindlichkeit der Versuchsperson, nach dem Abstande des Wünschelrutengängers von der elektrischen Leitung und nach der gegenseitigen Beeinflussung der elektrostatischen Feder der drei Phasen richten.

Derselbe Einsender bezweifelt, daß beim Wassersuchen ein Strömungsvorgang die Ursache eines elektrischen Feldes und des Rutenausschlages sei. Daß bei Wasser das elektrische Feld durch Sickern des Wassers im Erdboden, also durch einen Strömungsvorgang, hervorgerufen wird, schließe ich daraus, daß ich und andere Rutengänger ruhendes Wasser nicht mit der Rute haben nachweisen können, sondern nur im Erdboden sich bewegendes Wasser. Es ist aber denkbar, daß auch durch andere Ursachen elektrische Felder entstehen können.

Hiermit komme ich zu dem wichtigsten Einwande, der gemacht worden ist. In mehreren Zuschriften wurde darauf hingewiesen, daß andere Rutengänger Metalle, Mineralien und Hohlräume in der Erde mit Hilfe der Wünschelrute gefunden haben. Bei Metallen habe ich keinen Ausschlag bekommen, bei Mineralien und Hohlräumen habe ich entsprechende Versuche nicht angestellt. Trotzdem ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, daß andere empfindlichere Rutengänger auch diese Dinge auffinden können. Wenn hier auch keine Strömungsvorgänge auftreten, so ist es doch denkbar, daß Metalle, Mineralien und Hohlräume in der Erde eine Inhomogenität des erdelektrischen Feldes bewirken. Eine Inhomogenität des erdelektrischen Feldes in der Luft müßte man aber nach meiner Hppothese mit der Wünschelrute nachweisen können. Hier fehlt ein physikalisches Instrument, mit dem man kleinste elektrische Feldänderungen nachweisen kann. Vielleicht ist dieses Ziel durch Verstärkung der Ströme zu erreichen. Die Brauchbarkeit eines solchen Instruments könnte man zunächst bei bekannten elektrischen Feldern, z. B. unter Hochspanungs-Freileitungen, prüfen, ehe man die Versuche auf Wasser, Metalle und Mineralien ausdehnt. Die Feststellung der Inhomogenität des erdelektrischen Feldes mit Hilfe eines physikalischen Instruments würde voraussichtlich manche Aufschlüsse über die Beschaffenheit der oberen Erdschichten und über das Wesen des Wünschelrutenproblems bringen können, die mit den bisherigen Methoden nicht möglich sind. Aber auch bei Verwendung eines physikalischen Instruments wird noch eine gewisse Schwierigkeit bei der Auswertung der Versuchsergebnisse bestehen bleiben. Dr.-Ing. Buth.

Digitized by Google

Energiewirtschaft.

Das RWE in der deutschen Elektrizitätswirtschaft. — Einem Vortrag von A. Koepchen[1] entnehmen wir folgendes: Die Stromerzeugung in deutschen öffentlichen Elektrizitätswerken betrug 1928 14 145 604 000 kWh. Davon wurden in Fernkraftwerken etwa 65 % erzeugt, u. zw. etwa 62,4 % in Braunkohlenkraftwerken, 15,8 % in Steinkohlenzentralen und etwa 21,8 % in Wasserkraftanlagen. Diese sog. Fernkraftwerke liegen in den Braunkohlengebieten von Mitteldeutschland und in der Kölner Bucht, in

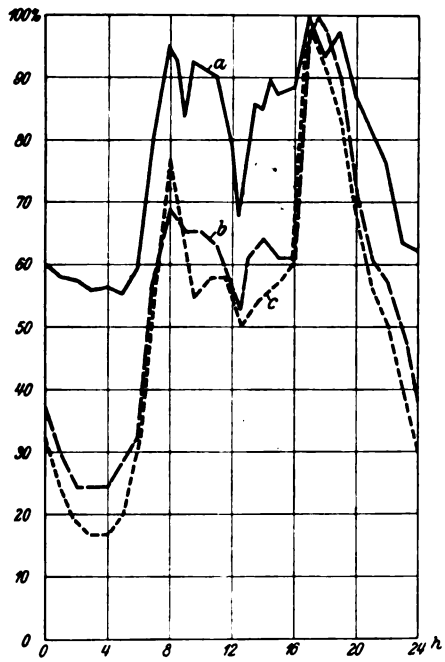
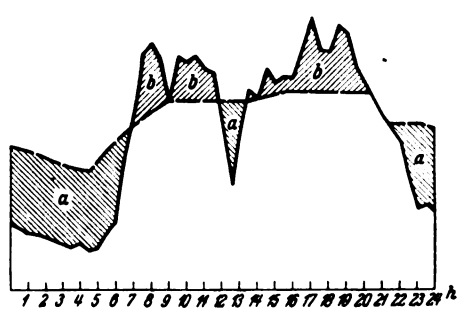


Abb. 1. Tagesbelastungskurven des RWE (*a*), der Hamburgischen Electricitäts-Werke (*b*) und der BEWAG (*c*).

den Steinkohlenrevieren an der Ruhr und in Schlesien, in Süddeutschland am Oberrhein und in Bayern. Die von ihnen in die Verbrauchszentren geführten Speiseleitungen sind in Deutschland durch Kupplungsleitungen zu einem engmaschigen 100 kV-Netz von etwa 7500 km Streckenlänge zusammengewachsen, das den Betrieb einer Verbundwirtschaft gestattet derart, daß vorzugsweise die nach Lage der Verhältnisse mit den billigsten Betriebs-



a Pumpstromlieferung an Herdecke *b* Stromlieferung von Herdecke

Abb. 2. Tagesbelastung des RWE-Konzerns unter Berücksichtigung des Spitzenkraftwerks Herdecke.

kosten arbeitenden Großkraftwerke zur Deckung der Grundbelastung herangezogen werden, während ältere Anlagen als Spitzenwerke und zu Reservezwecken dienen. Die Überlegenheit einer Verbundwirtschaft gegenüber sog. Nahkraftwerken geht deutlich aus Abb. 1 hervor, in welcher die Tagesbelastungskurven einiger Nahkraftwerke der derzeitigen Belastungskurve des RWE gegenübergestellt sind. Interessant ist dabei das prozentuale Verhältnis der Belastungspitzen zu dem Belastungsminimum; während es beim RWE 1,8 : 1 beträgt, stellt es sich bei Hamburg auf 4,1 : 1 und bei Berlin auf 6 : 1.

[1] Gehalten im Haus der Technik zu Essen am 28. III. 1930.

Je größer das Versorgungsgebiet eines Kraftwerknetzes ist und je verschiedenartiger darin die Verbraucher und Großverbraucher sind, ein desto besserer Ausgleich läßt sich hinsichtlich der Belastung erzielen. Im Netz des RWE beträgt heute infolge der Verschiedenartigkeit der Abnehmer und des Anschlusses von Großverbrauchern mit durchlaufendem Dreischichtenbetrieb die Benutzungsdauer der auftretenden Höchstlast 5000 h im Jahr. Durch den Zusammenschluß verschiedener Werke in einem großen Netz ist es auch möglich, Abfallenergie aus Laufwasserkräften aufzunehmen und durch zweckmäßig angelegte Speicherkraftwerke selbst die größten auftretenden Belastungspitzen zu decken. Während die Leistung der Dampfkraftwerke des RWE heute 800 000 kW beträgt,

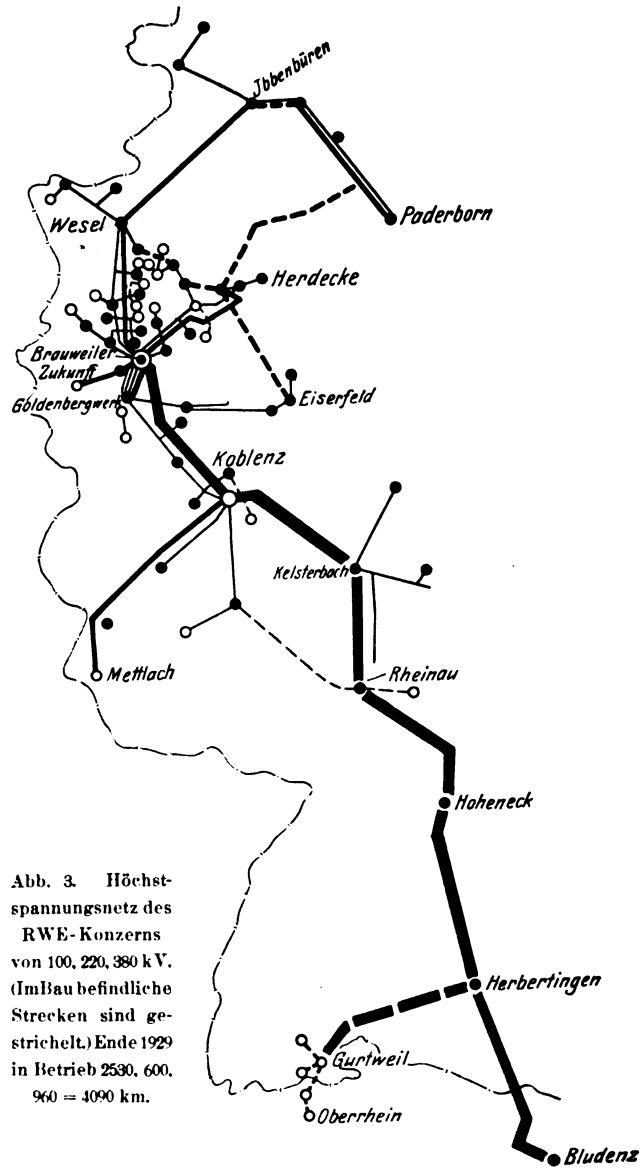


Abb. 3. Höchstspannungsnetz des RWE-Konzerns von 100, 220, 380 kV. (Im Bau befindliche Strecken sind gestrichelt.) Ende 1929 in Betrieb 2530, 600, 960 = 4090 km.

wird ihm in wenigen Jahren nach Vollendung der unter seiner Mitwirkung im Bau befindlichen Wasserkraftwerke in Vorarlberg, am Schluchsee, am Oberrhein und an der Aare eine Wasserkraftleistung von 232 800 kW mit ungefähr 1000 Mill kWh Jahresabgabe zur Verfügung stehen. Dabei handelt es sich bei dem Schluchseewerk um 50 000 kW hochwertige Jahresspeicherenergie und bei den Anlagen in Vorarlberg im wesentlichen um 8 ... 10stündige Tageskraft, während die Werke Dogern am Oberrhein, Klingnau und Wildegg-Brugg an der Aare Laufwasserkräfte mit erhöhter Sommerleistung gegenüber dem Winter darstellen.

Neben diesen natürlichen Wasserkräften hat das RWE zur Übernahme von großen Belastungspitzen das Pumpspeicherwerk bei Herdecke gebaut, in welchem nachts Wasser in einen Hochbehälter mit solchem Strom hinaufgepumpt wird, der in schlecht belasteten Dampfkraftanlagen oder als Abfallenergie aus Laufkräften oder Hoch-

Digitized by Google

ofenstrom anfällt. So wird die nachts wegen geringer Belastung des Netzes noch zur Verfügung stehende, also keinen Kapitaldienst erfordernde Maschinenleistung in hochwertigen Tagesspitzenstrom umgewandelt. Die Hauptschaltstelle des RWE in Brauweiler, die die gesamte Lastverteilung im RWE-Gebiet vornimmt, ist außerdem durch das Speicherwerk Herdecke in der Lage, in ganz kurzer Zeit auf die im Hochbecken stehende Reservekraft von 140 000 kW Stundenleistung zurückzugreifen. Wie aus Abb. 2 hervorgeht, wird durch das Speicherkraftwerk die Belastungskurve des Gesamtnetzes des RWE ganz wesentlich verflacht.

Das Zusammenarbeiten von Stromerzeugung und -verteilung in einem großen Netz und die Lösung der Frage der Spitzendeckung hat es dem RWE ermöglicht, einen günstigen Haushaltungstarif für die Bevölkerung einzurichten, der es dem Abnehmer erlaubt, seinen Bedarf auch während der Spitzenzeit, wie er ihn wünscht, zu decken.

Das RWE lieferte 1929 mit Konzernwerken, an denen es zu über 50 % beteiligt ist, 3,4 Mrd kWh; die Maschinenleistung beträgt einschließlich der im Bau befindlichen Anlagen 1 380 348 kW. Sein Höchstspannungsnetz zeigt Abb. 3. Im Süden wird im Unterwerk Gurtweil die vom Schluchsee, vom Oberrhein und von der Aare anfallende elektrische Energie aufgenommen, in Bludenz die Vorarlberger Energie. In den württembergischen Stationen Herbertingen und Hoheneck wird von dieser Energie abgegeben. In Rheinau kommen die Badenwerksleitungen an, Leitungen zu den Pfalzwerken und zu den Staustufen des Neckars befinden sich im Bau. Im Unterwerk Kelsterbach haben die Mainkraftwerke, die Hessische Eisenbahn-AG. und weiterhin das Bayernwerk Anschluß. Im nördlichen Ring sind 220 kV-Stationen in den Kraftwerken Wesel, Ibbenbüren, Paderborn und Herdecke angeordnet und eine weitere für das kommende Emscherschlammkraftwerk vorgesehen. C. Th. Kromer.

Erzeugung und Verbrauch elektrischer Arbeit in Deutschland[1]. — Die Erzeugung der 122 Elektrizitätswerke war im September um 38,5 Mill kWh größer als im Vormonat, ist aber um 109,5 Mill kWh (8 %) hinter der des September 1929 zurückgeblieben. Arbeitstäglich ergibt sich gegen den Vormonat eine Zunahme um 1,479 Mill kWh (3 %) und, verglichen mit dem Parallelmonat des Vorjahres, eine Verringerung um 6,399 Mill kWh (11 %). Der Konjunkturrückgang in der Elektrizitätswirtschaft verschärft sich somit, wie das Statistische Reichsamt bemerkt, von Monat zu Monat. Die Gesamtproduktion der erfaßten Werke betrug in den ersten drei Vierteljahren rd. 12 Mrd kWh gegen 11,2 in der entsprechenden Zeit des Vorjahres. Sie war im ersten Vierteljahr um 344 Mill kWh größer, im zweiten und dritten um 241 bzw. 385 Mill kWh geringer als in den Vergleichszeiten 1929. Der Anschlußwert der von 103 Werken belieferten industriellen Verbraucher hat im August gegen den Juli um 26 000 kW und gegen den Vergleichsmonat des Vorjahres um 102 000 kW zugenommen, dagegen weist ihr Verbrauch gegenüber dem Vormonat eine Abnahme um 8,5 Mill kWh und gegen den August 1929 um 84,9 Mill kWh (15 %) auf. Arbeitstäglich betrug der letztgenannte Rückgang 2,472 Mill kWh (12 %); verglichen mit dem Juli ist eine Steigerung um 0,358 Mill kWh festzustellen.

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 24, 1534.

Monat	Arbeitstage		Von 122 Elektrizitätswerken selbst erzeugte Mill kWh				Anschlußwert und Verbrauch der von 103 Elektrizitätswerken direkt belieferten gewerblichen Abnehmer							
			insgesamt		arbeitstäglich		Anschlußwert Mill kW		Gesamtverbrauch Mill kWh		arbeitstäglicher Verbrauch insgesamt Mill kWh		kWh/kW Anschlußwert	
	1930	1929	1930	1929	1930	1929	1930	1929	1930	1929	1930	1929	1930	1929
I.	26	26	1555,7	1443,6	59,8	55,5	4,6	4,3	545,0	540,0	21,0	20,8	4,6	4,8
II.	24	24	1392,5	1282,0	58,0	53,4	4,6	4,3	512,3	499,3	21,3	20,8	4,7	4,8
III.	26	25	1430,1	1306,9	55,0	52,3	4,6	4,3	523,4	510,2	20,1	20,4	4,4	4,7
IV.	24	25	1291,7	1299,1	53,8	52,0	4,6	4,3	485,8	511,6	20,2	20,5	4,4	4,7
V.	26	25	1296,4	1302,6	49,9	52,1	4,6	4,3	498,9	510,4	19,2	20,4	4,2	4,7
VI.	24	25	1170,1	1297,4	48,8	51,9	4,6	4,4	463,8	531,3	19,3	21,3	4,2	4,9
VII.	27	27	1268,5	1370,5	47,0	50,8	4,5	4,4	479,7	542,4	17,8	20,1	4,0	4,6
VIII.	26	27	1272,6	1437,1	48,9	53,2	4,5	4,4	471,2	556,1	18,1	20,6	4,0	4,7
IX.	26	25	1311,1	1420,6	50,4	56,8	.	4,4	.	549,0	.	22,0	.	5,0

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Einladung

zur Fachsitzung für den Bau und Betrieb von Elektrizitätswerken am Dienstag, dem 9. Dezember 1930, abends 8 Uhr, in der Aula der Technischen Hochschule zu Charlottenburg.

Tagesordnung:

Vortrag des Herrn Dr.-Ing. Levi über das Thema: „Eigenbedarfsanlagen im Kraftwerk West".

Inhaltsangabe:

1. Allgemeine Gesichtspunkte für Eigenbedarfsanlagen.
2. Prinzipielle Gesichtspunkte für die Eigenbedarfsanlagen des Kraftwerkes West.
3. Schaltungstechnischer Aufbau.
4. Konstruktiver Aufbau.
5. Auswahl der Betriebsmittel.

Fachausschuß für den Bau und Betrieb von Elektrizitätswerken.

Der Vorsitzende:
Dr.-Ing. Rehmer

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 7 Pallas 7286.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Kommission für Elektrowerkzeuge.

Entwurf 1.

Vorschriften für Elektrowerkzeuge. V. E. Wz./1932.

Inhaltsübersicht.

I. Gültigkeit.

§ 1. Geltungsbeginn.
§ 2. Geltungsbereich.

II. Begriffserklärungen.

§ 3. Anschlüsse.
§ 4. Elektrische Größen. Schutzarten.

III. Bestimmungen.

A. Allgemeines.

§ 5. Zu beachtende Vorschriften.
§ 6. Spannungen.

B. Allgemeine Bauvorschriften.

1. Schutzvorrichtungen.

§ 7. Schutz gegen zufällige Berührung.
§ 8. Schutz gegen zu hohe Berührungspannung.
§ 9. Schutz vor Verletzung.

2. Bemessung.

§ 10. Erwärmung.
§ 11. Isolierteile.
§ 12. Kriech- und Luftstrecken.
§ 13. Kontaktteile.
§ 14. Innere Verbindungen.
§ 15. Abdeckungen und Schutzverkleidungen.
§ 16. Schalter.

Digitized by Google

Bekanntmachungen.

Kommission für Elektrowerkzeuge.

Von der Kommission für Elektrowerkzeuge sind bisher aufgestellt worden:

Regeln für die Bewertung und Prüfung von Handbohrmaschinen (Sonderdruck VDE 366)

Regeln für die Bewertung und Prüfung von Hand- und Support-Schleifmaschinen (Sonderdruck VDE 338)

Regeln für die Bewertung und Prüfung von Schleif- und Poliermaschinen (Sonderdruck VDE 373)

Die Kommission hat einen neuen Entwurf zu

„Vorschriften für Elektrowerkzeuge V. E. W z./1932"

aufgestellt, der nachstehend bekanntgegeben wird.

In dem neuen Entwurf sind die bisherigen Bestimmungen für Handbohrmaschinen und Hand- und Support-Schleifmaschinen zusammengefaßt und der Wortlaut ist den ähnlichen Arbeiten des VDE auf anderen Gebieten, z. B. Elektrowärmegeräte und Handgeräte, angepaßt.

Verschärfungen gegenüber den bisherigen Bestimmungen sind nicht vorgenommen. Besonders ist jedoch darauf hinzuweisen, daß künftig Elektrowerkzeuge nur für Spannungen bis 250 V gegen Erde zulässig sind und daß, falls höhere Netzspannungen in Frage kommen, Transformatoren oder Umformer verwendet werden sollen.

Besonders hervorzuheben ist noch, daß an Stelle der bisherigen „Regeln" künftig die an Elektrowerkzeuge zu stellenden Anforderungen als „Vorschriften" herausgegeben werden.

Die bisherigen „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Schleif- und Poliermaschinen" werden durch den neuen Wortlaut nicht berührt.

Einsprüche sind in zweifacher Ausfertigung bis zum 31. Januar 1931 an die Geschäftstelle zu richten.

Kommission für Betriebsvorschriften.

Nachdem eine Teilung der Errichtungsvorschriften in solche für Anlagen mit Betriebspannungen unter 1000 V und in solche für Anlagen mit Betriebspannungen von 1000 V und darüber beschlossen und durchgeführt war, mußten die Betriebsvorschriften wieder als selbständige Arbeit aus den bisherigen Errichtungs- und Betriebsvorschriften abgespaltet werden.

Da für eine Neubearbeitung der Betriebsvorschriften erst der vollständige Abschluß der beiden Teile der neuen Errichtungsvorschriften erforderlich war, andererseits aber bis zu diesem Zeitpunkt ohne jegliche Betriebsvorschriften nicht auszukommen war, wurde zunächst die Fassung aus dem Jahre 1924 mit einigen, schon seit längerer Zeit beabsichtigten Änderungen als Zwischenfassung unter dem Titel

„Vorschriften nebst Ausführungsregeln für den Betrieb von Starkstromanlagen V. B. S./1929"

der Jahresversammlung in Aachen vorgelegt und durch diese mit dem 1. Juli 1929 in Kraft gesetzt.

Inzwischen ist eine völlige Neubearbeitung der Vorschriften erfolgt, die nachstehend als Entwurf zu

„Vorschriften nebst Ausführungsregeln für den Betrieb von Starkstromanlagen V. B. S./1932"

bekanntgegeben wird.

Da in die Neufassung der V. B. S./1932 bzw. in den Anhang die wichtigsten Bestimmungen aus den „Normen für häufig gebrauchte Warnungstafeln" vom 1. Juli 1910 hineingearbeitet sind, ist die Weiterführung einer besonderen Arbeit für Warnungsschilder nach Inkrafttreten der V. B. S./1932 nicht mehr erforderlich.

Einsprüche gegen den nachstehenden Entwurf sind in doppelter Ausfertigung bis zum 1. Februar 1931 an die Geschäftstelle des VDE zu richten.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

3. Äußere Anschlüsse.
§ 17. Ausführung der Anschlüsse.
§ 18. Maschinensteckvorrichtung.

4. Zuleitungen.
§ 19. Arten der Zuleitungen.
§ 20. Anschlußstellen der Zuleitungen.

5. Aufschriften.
§ 21.

C. Allgemeine Prüfvorschriften.
§ 22. Modellprüfung.
§ 23. Stückprüfung.

IV. Zusatzbestimmungen.
A. Handbohrmaschinen.
(Schraubenzieh-, Gewindeschneid- und Aufreibemaschinen.)
§§ 24 bis 26.

B. Hand-, Support- und Bankschleifmaschinen.
§§ 27 bis 32

Anhang.

I. Gültigkeit.

§ 1.

Geltungsbeginn.

a) Die Vorschriften treten am 1. Juli 1932 in Kraft.

§ 2.

Geltungsbereich.

a) Die Vorschriften gelten für ortsveränderliche Werkzeuge, bei denen der elektromotorische oder elektromagnetische Antrieb einen wesentlichen Bestandteil bildet, und die von Hand an das Werkstück, die Werkzeugmaschine oder an den Arbeitsplatz gebracht werden (z. B. Handbohrmaschinen, Aufreibe-, Schraubenzieh-, Rohreinwalz- und Gewindeschneidemaschinen, Hand-, Support- und andere ortsveränderliche Schleifmaschinen, Handsägen, Handfräsen). Hierzu gehören auch Elektrowerkzeuge mit biegsamer Welle und Gelenkwelle.

b) Elektrowerkzeuge mit einer Nennleistung bis zu 500 W einschließlich gelten als Elektrowerkzeuge mit Kleinstmotoren (nicht als Geräte mit Kleinstmotoren).

II. Begriffserklärungen.

§ 3.

Anschlüsse.

a) Feste Anschlußschnüre sind solche, die mit dem Elektrowerkzeug fest verbunden sind.

b) Die Maschinensteckvorrichtung besteht aus Maschinenstecker und Maschinensteckdose.

c) Die Kupplung besteht aus Kupplungsstecker und Maschinensteckdose.

d) Maschinenstecker ist der am Elektrowerkzeug befindliche Teil mit Kontaktstiften.

e) Maschinensteckdose ist der an der Zuleitung befindliche Teil mit Kontakthülsen.

f) Der Schutzkragen des Maschinensteckers ist eine Vorrichtung am Elektrowerkzeug, die beim Einführen der Maschinensteckdose als Berührungschutz dient, gegebenenfalls die Isolation der Kontaktstifte vor Beschädigung schützt.

§ 4.

Elektrische Größen. Schutzarten.

a) Nennspannung ist die Spannung, für die das Elektrowerkzeug gebaut ist.

b) Nennabgabe ist die an der Arbeitspindel abgegebene Stunden- oder Halbstundenleistung bei der gekennzeichneten Schutzart.

c) Nennaufnahme des Motors ist die an den Klemmen aufgenommene Leistung bei der Nennabgabe.

d) Nenndrehzahl ist die Drehzahl an der Arbeitspindel bei der Nennabgabe.

e) Kriechstrecke ist der kürzeste Weg, auf dem ein Stromübergang längs der Oberfläche eines Isolierkörpers zwischen Spannung führenden Teilen untereinander oder zwischen Spannung führenden Teilen und Erde eintreten kann.

f) Luftstrecke ist der kürzeste Weg, gemessen in der Luftlinie, zwischen Spannung führenden Teilen untereinander oder zwischen Spannung führenden Teilen und solchen Metallteilen, die mit Erde in Berührung kommen können.

g) Gekapselt ist ein Elektrowerkzeug, dessen Motor allseitig abgeschlossen ist. Die Wärme wird lediglich durch Strahlung, Leitung und natürlichen Zug abgeführt.

Digitized by Google

h) Geschützt ist ein Elektrowerkzeug, bei dem die zufällige oder fahrlässige Berührung der Strom führenden und innen umlaufenden Teile sowie das Eindringen von Fremdkörpern erschwert ist. Das Zuströmen von Kühlluft aus dem umgebenden Raum ist nicht behindert. Gegen Staub, Feuchtigkeit und Gasgehalt der Luft ist das Elektrowerkzeug nicht geschützt.

III. Bestimmungen.

A. Allgemeines.

§ 5.

Zu beachtende Vorschriften.

a) Die Motoren müssen den „Regeln für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen R. E. M." entsprechen.

b) Mechanische Schutzvorrichtungen müssen den Normal-Unfall-Verhütungsvorschriften des Verbandes der Deutschen Berufsgenossenschaften entsprechen (siehe Anhang).

§ 6.

Spannungen.

a) Höchstzulässige Betriebspannung für Elektrowerkzeuge ist 250 V, bei Drehstrom mit geerdetem Nullpunkt 380 V. Bei höheren Netzspannungen sind Transformatoren oder Umformer mit getrennten Wicklungen zu verwenden.

b) Jedes Elektrowerkzeug muß bei einer Abweichung von der Nennspannung bis zu ±5 % ordnungsgemäß benutzt werden können.

B. Allgemeine Bauvorschriften.

1. Schutzvorrichtungen.

§ 7.

Schutz gegen zufällige Berührung.

a) Die unter Spannung stehenden nicht mit Isolierstoff bedeckten Teile müssen im Handbereich gegen zufällige Berührung geschützt sein.

Lackierung oder Emaillierung allein gilt nicht als Isolierung im Sinne des Berührungschutzes.

§ 8.

Schutz gegen zu hohe Berührungspannung.

a) Elektrowerkzeuge müssen für Erdung, Nullung oder Schutzschaltung aller der Berührung zugänglichen Metallteile eingerichtet sein.

Wenn die Zuleitung fest angeschlossen ist, muß hierzu eine zum Anschluß der Schutzleitung gekennzeichnete Anschlußschraube vorgesehen sein.

Bei Elektrowerkzeugen mit Steckanschluß tritt an Stelle der Anschlußschraube die Maschinensteckvorrichtung mit Schutzkontakt.

b) Alle nicht Spannung führenden Metallteile der Elektrowerkzeuge, die unmittelbar Spannung annehmen können, müssen miteinander und mit der Anschlußstelle für den Schutzleiter gut leitend verbunden sein.

c) Bei Elektrowerkzeugen mit biegsamer Welle ist eine Isolierung der Welle vom Motor nicht erforderlich.

§ 9.

Schutz vor Verletzung.

a) Die Elektrowerkzeuge müssen so gebaut sein, daß einer Verletzung von Personen durch Splitter, Funken, geschmolzene Teile oder Stromübergänge bei ordnungsmäßigem Gebrauch vorgebeugt wird.

b) Elektrowerkzeuge müssen den im Betriebe durch elektrische Feuererscheinungen, Wärme, Feuchtigkeit und mechanische Einflüsse auftretenden Beanspruchungen standhalten.

2. Bemessung.

§ 10.

Erwärmung.

a) Die Elektrowerkzeuge müssen so gebaut und bemessen sein, daß bei ordnungsmäßigem Gebrauch durch die im Betrieb auftretende Erwärmung weder die Wirkungsweise und Handhabung beeinträchtigt wird, noch eine für die Umgebung gefährliche Temperatur entstehen kann.

§ 11.

Isolierteile.

a) Die Spannung führenden Teile müssen auf ausreichend feuer-, wärme- und feuchtigkeitsicheren Isolierteilen von genügender mechanischer Festigkeit angebracht sein.

§ 12.

Kriech- und Luftstrecken.

a) Kriech- und Luftstrecken dürfen 4 mm nicht unterschreiten.

§ 13.

Kontaktteile.

a) Strom führende Teile müssen so miteinander verbunden sein, daß sie sich durch die betriebsmäßige Erwärmung, die Veränderung von Isolierstoffen sowie durch die betriebsmäßigen Erschütterungen weder lockern noch mit den Gehäuseteilen in leitende Berührung kommen können.

b) Schrauben, die Kontakte vermitteln, müssen aus Metall bestehen und in metallenes Muttergewinde eingreifen.

§ 14.

Innere Verbindungen.

a) Innere Verbindungen dürfen bei den auftretenden thermischen und mechanischen Beanspruchungen ihre Festigkeit und Kontaktfähigkeit nicht ändern.

§ 15.

Abdeckungen und Schutzverkleidungen.

a) Abdeckungen und Schutzverkleidungen müssen mechanisch widerstandsfähig und wärmesicher und, wenn sie mit Spannung führenden Teilen in Berührung kommen, von diesen feuchtigkeitsicher isoliert sein; sie müssen zuverlässig befestigt werden.

§ 16.

Schalter.

a) Alle Schalter müssen den VDE-Vorschriften für Schalter entsprechen.

b) Die Schaltstellungen müssen durch Worte, Zahlen oder Zeichen gekennzeichnet sein.

3. Äußere Anschlüsse.

§ 17.

Ausführung der Anschlüsse.

a) Die Verbindung der Zuleitung mit dem Elektrowerkzeug muß durch Verschraubung oder mittels einer Maschinensteckvorrichtung erfolgen. Im letzten Fall muß die Maschinensteckdose an der Leitung, der Maschinenstecker am Elektrowerkzeug angebracht sein.

§ 18.

Maschinensteckvorrichtung.

a) Kontaktstifte und -hülsen müssen so gesichert sein, daß sie auch bei Lockerung nicht drehbar sind.

4. Zuleitungen.

§ 19.

Arten der Zuleitungen.

a) Die Anschlußleitungen müssen den „Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen V.I.L." entsprechen. Als Anschlußleitung zu Elektrowerkzeugen sind drahtbewehrte Leitungen nicht zulässig.

b) Die Anschlußleitung muß einen zur Erdung, Nullung oder Schutzschaltung dienenden Leiter enthalten, der mit dem Körper der Elektrowerkzeuge dauernd oder bei lösbarer Verbindung zwangläufig vor Unterspannungsetzen leitend verbunden wird. (Bauart und Querschnitt des Schutzleiters müssen den gleichen Bestimmungen wie für die Schutzleitung nach § 14 der „Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen V.I.L." entsprechen.)

§ 20.

Anschlußstellen der Zuleitungen.

a) Die Anschlüsse der Zuleitung an das Elektrowerkzeug müssen äußerer Beschädigung, einer zu hohen Erwärmung und sonstigen schädlichen Einflüssen entzogen, mechanisch fest und gegen Lockerung und Berührung genügend geschützt sein.

b) Anschlußstellen der Zuleitung müssen an ihren Enden von Zug entlastet, die Leitungsumhüllung gegen Abstreifen und die Leitungsadern gegen Verdrehen gesichert sein.

Die Art der Ausführung der Zugentlastung muß leicht erkennbar sein. Nicht zulässig ist das Verknoten der Leitung und das Festbinden der Leitung mit einer Schnur.

Scharfe Kanten müssen an den Einführungstellen der Leitung sowohl an Metall- wie an Isolierteilen vermieden sein.

c) An den Anschlußenden der Litzen muß das Abspleißen einzelner Drähte zuverlässig verhindert werden.

5. Aufschriften.

§ 21.

a) Aufschriften müssen dauerhaft und gut leserlich ausgeführt sein

Digitized by Google

b) Auf dem Elektrowerkzeug sind anzugeben:
Ursprung- oder Herstellerzeichen,
Stromart,
Nennspannung in V,
Frequenz, falls erforderlich,
Nennabgabe.

Bei Elektrowerkzeugen für Gleich- und Wechselstrom ist die Wechselstromabgabe anzugeben.

C. Allgemeine Prüfvorschriften.

Zwischen Modellprüfung und Stückprüfung ist zu unterscheiden.

Die Modellprüfung dient zu Stichproben.

Die Stückprüfung ist an jedem Stück vorzunehmen. Sie hat den Zweck, Werkstoff- und Ausführungsfehler festzustellen.

§ 22.

Modellprüfung.

a) Nach Behandlung der Prüflinge nach § 95 der K.P.I. (Stufe 1) ist die Isolation bei betriebsmäßigem Anschluß zu prüfen, und zwar die Spannung führenden Teile des Elektrowerkzeuges und des Zubehörs gegen die nicht Spannung führenden Teile. Dabei muß eine Wechselspannung von 1000 V 1 min lang ausgehalten werden, ohne daß ein Durch- oder Überschlag erfolgt.

b) Die zur Prüfung benutzte Stromquelle muß eine Leistung von wenigstens 0,5 kVA haben.

§ 23.

Stückprüfung.

a) Elektrowerkzeuge müssen nach der in den Sondervorschriften angegebenen Betriebzeit und Betriebsart 1000 V Wechselspannung 1 min gegen Körper aushalten, ohne daß Durch- oder Überschlag eintritt.

b) Die dazu benutzte Stromquelle muß eine Leistung von mindenstens 0,5 kVA haben.

IV. Zusatzbestimmungen.

A. Handbohrmaschinen.

(Schraubenzieh-, Gewindeschneid- und Aufreibemaschinen.)

§ 24.

Stückprüfung auf Nennabgabe und Festigkeit.

a) Die Nennabgabe wird durch Bremsung der Arbeitspindel unter folgendem Axialdruck geprüft:

Bohrdurchmesser in mm	Axialdruck in kg
6	50
10	75
15	150
23	300
32	500
50	750

Vorstehende Bohrdrücke gelten für Schnittgeschwindigkeiten des Bohrers bis 18 m/min. Bei Schnittgeschwindigkeiten von mehr als 18 m/min können für die Prüfung die Axialdrücke auf ⅔ herabgesetzt werden.

Maschinen mit mehr als 150 W Nennabgabe sind 1 h lang, Maschinen bis 150 W Nennabgabe sind ½ h lang zu prüfen.

b) Die Maschinen müssen folgende Druckbelastung in Richtung der Arbeitspindel aushalten können:

Bohrdurchmesser in mm	Druck in kg
6	75
10	100
15	300
23	500
32	800
50	1200

§ 25.

Schalter.

a) Jede Maschine ist mit einem Schalter zu versehen, durch den die Wicklungen und sonstigen Strom führenden Teile des Motors spannungslos gemacht werden können. Bei Maschinen bis 150 W Nennabgabe sind auch Schalter zulässig, durch die die Maschinen nur stromlos gemacht werden.

b) Schalter und Maschinensteckvorrichtung müssen gegen mechanische Beschädigungen durch Metallkapselung geschützt sein und, wenn sie nicht an sich mit dem Körper der Maschine leitend verbunden ist, für Erdung, Nullung oder Schutzschaltung eingerichtet sein.

§ 26.

Aufschriften.

a) Außer den Angaben nach § 21 b) sind auf dem Schild anzugeben:
Schutzart,
Nenndrehzahl der Arbeitspindel bei der Nennabgabe.

Bei Maschinen für Gleich- und Wechselstrom ist die Drehzahl bei Wechselstrom anzugeben.

Bei Bohr- und Aufreibemaschinen ist der höchstzulässige Bohrdurchmesser für Stahl von 50 kg/mm Zugfestigkeit bei der Nennabgabe anzugeben.

B. Hand-, Support- und Bankschleifmaschinen.

§ 27.

Stückprüfung auf Nennabgabe.

a) Die Nennabgabe wird durch einstündige Bremsung der Schleifspindel geprüft.

§ 28.

Kapselung.

a) Hand-, Support- und Bankschleifmaschinen sind zu kapseln, wenn im Innern der Maschine blanke, Nennspannung führende Teile vorhanden sind.

§ 29.

Schleifscheiben.

a) Hand-, Support- und Bankschleifmaschinen müssen hinsichtlich Umfangsgeschwindigkeit der Schleifscheibe, Schleifscheibenbefestigung, Schutzvorrichtungen usw. den Unfallverhütungsvorschriften des Verbandes Deutscher Berufsgenossenschaften entsprechen (siehe Anhang).

§ 30.

Drehsinn.

a) Schleifmaschinen müssen mit einem Drehsinnzeichen verschen sein.

§ 31.

Schalter.

a) Für jede Maschine ist ein in Reichweite des Arbeiters liegender Schalter vorzusehen, durch den die Wicklungen und sonstigen Strom führenden Teile des Motors spannungslos gemacht werden können.

b) Der Schalter und die Maschinensteckvorrichtung müssen gegen mechanische Beschädigung durch Metallkapselung geschützt sein und, wenn sie nicht an sich mit dem Körper der Maschine leitend verbunden ist, für Erdung, Nullung oder Schutzschaltung eingerichtet sein.

§ 32.

Aufschriften.

a) Außer den Angaben nach § 21 b) sind auf dem Schild anzugeben:
Nenndrehzahl der Schleifspindel in der min bei Stundenleistung,
größter zulässiger Durchmesser der Schleifscheibe in mm,
größte zulässige Breite der Schleifscheibe in mm.

Anhang.

Auszug aus dem Entwurf der „Allgemeinen Unfallverhütungsvorschriften" des Verbandes Deutscher Berufsgenossenschaften.

Schleifkörper (Schmirgelkörper.)

§ 10. Schleifkörper sind an trockenen Orten aufzubewahren und besonders bei Transporten sorgsam vor Stößen und Erschütterungen zu bewahren.

§ 11. Schleifkörper sind mit starken, gut befestigten Schutzhauben oder nachstellbaren Schutzbügeln aus zähem Stoff auszurüsten. Das Nachstellen der Schutzbügel muß der Abnutzung des Schleifkörpers entsprechend erfolgen. Ausgenommen von diesen Bestimmungen sind die Messerschleifmaschinen mit automatischer Zuführung und mit sekundlicher Schleifgeschwindigkeit unter 10 m.

Macht die Art der auszuführenden Arbeit die Anbringung von Schutzhauben oder Schutzbügeln unmöglich, so sind konische Scheiben mit auswechselbaren Seitenbacken zu verwenden

Schleifscheiben und Ringe, die an den Seitenflächen benutzt werden, müssen von einem ausreichend stark bemessenen und in Längsrichtung der Achse verstellbaren Schutzring aus zähem Stoff umschlossen sein.

Gußeisen ist nicht zulässig.

§ 12. Vor dem Aufspannen sind die Schleifkörper leicht abzuklopfen[1] und hierbei freischwebend auf einem Dorn zu halten.

[1] Unbeschädigte Scheiben geben einen reinen Ton.

Digitized by Google

Die Schleifkörper müssen leicht auf Welle oder Befestigungskörper aufzuschieben und mit ihnen zuverlässig verbunden sein.

Zwischen Seitenbacken und Schleifkörper sind weiche Pappe, Filz, Gummi, Leder oder dgl. einzulegen. Die Anlageflächen der Seitenbacken müssen ausgespart sein, so daß die Seitenbacken nur mit einem äußeren Rand von etwa ein Achtel des Backendurchmessers anliegen. Die gleichzeitige Verwendung von Seitenbacken verschiedenen Durchmessers an einem Schleifkörper ist unzulässig.

Bei Schleifscheiben von über 200 mm muß der Durchmesser jeder der beiden Seitenbacken mindestens gleich einem Drittel des Durchmessers der Scheibe und, wo nach § 11 Abs. 2 Schutzhauben fehlen dürfen, muß dieser Durchmesser mindestens gleich dem halben Durchmesser der Scheibe sein

Bei Schleifringen, an deren Umfang geschliffen wird, müssen die Seitenflächen mindestens zu einem Viertel ihrer Höhe von den Seitenbacken überdeckt (gefaßt) sein.

§ 13. Die Schleifkörper sind rundlaufend zu erhalten. Das Behauen der Schleifkörper ist verboten. Zum Abrichten unrund gewordener Schleifkörper sind geeignete Werkzeuge bereitzuhalten.

Die Wellenenden von Schleifmaschinen sind zu verdecken, wenn die Enden mehr als ein Viertel des Wellendurchmessers vorstehen. Innengewinde sind zu sichern.

An Schleifmaschinen, bei denen das Arbeitstück von Hand zugeführt wird, ist möglichst eine verstellbare Auflage anzubringen; sie ist so nachzustellen, daß sie sich stets dicht am Schleifkörper befindet.

Beim Trockenschleifen ist der Schleifsand durch geeignete Vorrichtungen abzusaugen oder aufzusaugen.

§ 14. Die Schleifkörper müssen die folgenden Angaben aufweisen:

1. Hersteller oder Lieferer,
2. Art der Bindung,
3. Abmessungen,
4. zulässige Umdrehungszahl des neuen Schleifkörpers
   a) für Schleifkörper mit Zuführung des Arbeitstückes von Hand,
   b) für Support-Schleifmaschinen.

Außerdem muß der mineralisch gebundene Schleifkörper selbst mit einem dauerhaften weißen Farbstreifen versehen sein, der sich über den ganzen Durchmesser erstreckt.

§ 15. Die zulässigen Umfangsgeschwindigkeiten werden jeweils von einem Ausschuß (dem Deutschen Schleifscheibenausschuß) bestimmt, der sich aus 9 Mitgliedern zusammensetzt. Sechs Mitglieder, darunter den Vorsitzenden und einen Vertreter der Versicherten, stellen die Eisen- und Stahl-Berufsgenossenschaften; je ein Mitglied entsenden der Reichsarbeitsminister als Vorsitzender des Länderausschusses für Unfallverhütung, das Preußische Ministerium für Handel und Gewerbe und das Reichsversicherungsamt.

§ 16. Der Deutsche Schleifscheibenausschuß hat folgende Höchstumfangsgeschwindigkeiten festgesetzt:

Bindung	Umfangsgeschwindigkeiten in m/s bei Zustellung des Werkstücks von Hand	mit Support
1. Mineralisch	15	25
2. Silikat: keramisch, vegetabilisch (auch Gummi und Bakelite)	25	35

§ 17. Die Umfangsgeschwindigkeiten nach § 16 können überschritten werden, wenn es vom Deutschen Schleifscheibenausschuß besonders zugelassen wird. In solchen Fällen muß der Schleifkörper einen vom Deutschen Schleifscheibenausschuß in Wortlaut und Form festgelegten Vermerk tragen, in dem die zulässige Höchstumfangsgeschwindigkeit angegeben ist.

§ 18. Schleifmaschinen für erhöhte Umfangsgeschwindigkeiten (nach § 17) müssen bezüglich Aufstellung und Bauart (Lagerung der Schleifspindel) für die zugelassene Geschwindigkeit geeignet sein, sowie besonders gut ausgebildete Schutzhauben aus zähem Werkstoff besitzen. Schutzbügel genügen nicht.

Bei Ständer-Schleifmaschinen muß die Schutzhaube nachstellbar sein.

Pendel-Schleifmaschinen dürfen nach beiden Seiten nicht mehr als 45° aus der Vertikalen schwenkbar sein.

Bei Abstech-Schleifmaschinen (Trennmaschinen) muß die Schutzhaube ein Herausfliegen von Bruchstücken beim Zerspringen der Trennscheibe sicher verhindern; als Werkstoff der Schutzhaube kann auch Gußeisen verwandt werden.

§ 19. Die Bestimmungen über die Gewährung von Ausnahmegenehmigungen (bei den Eisen- und Stahl-Berufsgenossen § ... der Allgemeinen Unfallverhütungsvorschriften) finden auf die §§ 15 ... 18 keine Anwendung.

§ 20. Die Verwendung von Motoren mit Reihenschlußcharakteristik (z. B. Gleichstrom-Hauptstrommotoren, Repulsionsmotoren ohne Dämpferwicklung und sog. Universalmotoren) zum unmittelbaren Antrieb von Schleifkörpern ist nicht zulässig, weil ihre Drehzahl bei Entlastung stark ansteigt. Derartige Motoren sind auch dann nicht zu verwenden, wenn sie in Verbindung mit einer mechanischen Vorrichtung zur Abschaltung oder Bremsung beim Anstieg der Drehzahl versehen sind.

Für mittelbaren Antrieb sind derartige Motoren nur dann zulässig, wenn Vorkehrungen dafür getroffen sind, daß die zulässige Umfangsgeschwindigkeit bei Leerlauf nicht überschritten werden kann.

Kommission für Betriebsvorschriften.

Entwurf.

Vorschriften nebst Ausführungsregeln für den Betrieb von Starkstromanlagen V. B. S./1932.

Inhaltsübersicht.

§ 1. Geltungsbeginn. Geltungsbereich. Begriffserklärungen.
§ 2. Überwachung und Instandhaltung der elektrischen Anlagen.
§ 3. Einrichtungen und Anschläge zum Zwecke der Unfallverhütung und Brandbekämpfung.
§ 4. Allgemeine Pflichten und Unterweisung der im elektrischen Betriebe Beschäftigten.
§ 5. Betriebsmäßige Bedienung elektrischer Anlagen.
§ 6. Maßnahmen zur Herstellung und Sicherstellung des spannungsfreien Zustandes bei Arbeiten an elektrischen Anlagen.
§ 7. Maßnahmen bei Unterspannungsetzung.
§ 8. Arbeiten unter Spannung.
§ 9. Arbeiten in der Nähe von Spannung führenden Teilen

Anhang: I. Schematische Darstellungen.
II. Warnungsschilder und Warnungstexte.

§ 1.

Geltungsbeginn.

a) Diese Vorschriften gelten vom 1. Januar 1932 ab[1]

Geltungsbereich.

b) Diese Vorschriften gelten für den Betrieb der in den Errichtungsvorschriften V. E. S. 1. und V. E. S. 2. behandelten Starkstromanlagen. Sie sind auch bei der Errichtung und Veränderung von Starkstromanlagen zu beachten, soweit dabei die Anlagen oder einzelne Teile unter Spannung stehen oder, sofern ein Übertritt von Spannung auf die im Bau befindlichen Anlageteile nicht ausgeschlossen ist.

1. Im Gegensatz zu den mit Buchstaben bezeichneten grundsätzlichen Vorschriften enthalten die mit Ziffern versehenen Absätze Regeln, nach denen die Anlagen mit den üblichen Mitteln im allgemeinen zu betreiben sind, wenn nicht im Einzelfalle besondere Gründe eine Abweichung rechtfertigen.

c) Die zwischen ⚒ || stehenden Zusätze gelten nur für Starkstromanlagen in Bergwerken unter Tage (abgekürzt: B. u. T.).

Begriffserklärungen.

d) Betrieb elektrischer Anlagen umfaßt Überwachung, Regelung, Schaltung und Bedienung sowie Instandhaltung und Reinigung solcher Anlagen.

Als im Betriebe beschäftigt sind die Personen anzusehen, die laufend oder vorübergehend die vorgenannten Arbeiten auszuführen haben.

e) Starkstromanlagen mit Betriebspannungen unter 1000 V sind solche, deren Betriebspannung zwischen beliebigen Leitern unter 1000 V bleibt. Bei Akkumulatoren ist die Entladespannung maßgebend.

f) Starkstromanlagen mit Betriebspannungen von 1000 V und darüber sind solche, deren Betriebspannung zwischen beliebigen Leitern 1000 V und darüber beträgt. Bei Akkumulatoren ist die Entladespannung maßgebend.

g) Freileitungen im Sinne dieser Vorschriften sind außerhalb von Gebäuden geführte oberirdische Leitungsanlagen, bei denen die Leitungen keine Schutzverkleidung haben, einschließlich der Isolatoren und Träger (Maste, Dachständer usw.) sowie der zugehörenden Hausanschlußleitungen.

[1] Angenommen durch die Jahresversammlung

Digitized by Google

h) Elektrische Betriebsräume sind Räume, die wesentlich zum Betriebe elektrischer Maschinen oder Apparate dienen und in der Regel nur unterwiesenem Personal zugänglich sind.

i) Abgeschlossene elektrische Betriebsräume sind Räume, die nur zeitweise von unterwiesenem Personal betreten, im übrigen aber unter Verschluß gehalten werden, der nur von beauftragten Personen geöffnet werden darf.

Freiluftanlagen sind als abgeschlossene elektrische Betriebsräume zu betrachten.

k) Betriebstätten sind Räume, die im Gegensatz zu elektrischen Betriebsräumen auch anderen als elektrischen Betriebsarbeiten dienen und nichtunterwiesenem Personal regelmäßig zugänglich sind.

l) Feuchte, durchtränkte und ähnliche Räume sind Räume, in denen durch Feuchtigkeit, Wärme, chemische oder andere Einflüsse die dauernde Erhaltung normaler Isolation erschwert wird. Derartige Räume kommen vor in chemischen Fabriken, Färbereien, Gerbereien, Zuckerfabriken, Molkereien, Käsereien, Metzgereien, Wäschereien, landwirtschaftlichen Betrieben u. dgl.

⚒ In B. u. T. kommen solche Räume ebenfalls vor.

m) Feuergefährdete Betriebstätten und Lagerräume sind Räume, in denen leicht entzündliche Gegenstände hergestellt, verarbeitet oder angehäuft werden, sowie solche, in denen sich betriebsmäßig entzündliche Gemische von Gasen, Dämpfen, Staub oder Fasern bilden können.

⚒ In B. u. T. gelten als feuergefährdete Räume die Räume, die von der zuständigen Bergbehörde als solche bezeichnet werden.

n) Explosionsgefährdete Betriebstätten und Lagerräume sind Räume, in denen explosible Stoffe hergestellt, verarbeitet oder aufgespeichert werden oder sich leicht explosible Gase, Dämpfe, Staub oder Gemische solcher mit Luft erfahrungsgemäß ansammeln.

⚒ In B. u. T. gelten als explosionsgefährdete Räume die Räume, die von der zuständigen Bergbehörde als solche bezeichnet werden.

⚒ o) Schlagwettergefährdete Grubenräume sind die Räume, die von der zuständigen Bergbehörde als solche bezeichnet werden.

§ 2.
Überwachung und Instandhaltung der elektrischen Anlagen.

a) Die elektrischen Anlagen sind den Errichtungsvorschriften entsprechend in ordnungsmäßigem Zustande zu erhalten. Hervortretende Mängel sind in angemessener Frist abzustellen; bei erheblichen Mißständen, die das Leben oder die Gesundheit von Personen gefährden, müssen sofort Maßnahmen zur Beseitigung der Gefahr eingeleitet werden.

Die Erhaltung in ordnungsmäßigem Zustande bedingt im allgemeinen nicht, daß bestehende Anlagen, die nach einer früher gültigen Fassung der Errichtungsvorschriften ausgeführt waren, den später in Kraft tretenden Errichtungsvorschriften jeweils angepaßt werden müssen. Solche nachträglichen Anpassungen sind nur insoweit erforderlich, als die Belassung des bisherigen Zustandes einen erheblichen Mißstand, der das Leben oder die Gesundheit von Personen gefährdet, bedeuten würde.

Änderungen in vorhandenen Anlagen müssen jedoch grundsätzlich, soweit es die technischen Betriebsverhältnisse gestatten, den jeweils geltenden Errichtungsvorschriften gemäß ausgeführt werden.

1. Für gewerbliche, industrielle und landwirtschaftliche Betriebstätten ist in angemessenen Zwischenräumen eine Prüfung durch einen Sachverständigen zu empfehlen. Hierbei soll in feuchten, durchtränkten und ähnlichen Räumen auf die Maßnahmen zum Schutz gegen eine zu hohe Berührungspannung besonders geachtet werden.

2. Maschinen und Apparate sollen in gutem Zustande erhalten und in angemessenen Zwischenräumen gereinigt werden.

3. In Akkumulatorenanlagen sollen die Gebäudeteile und Betriebsmittel einschließlich der Leitungen sowie die isolierenden Bedienungsgänge vor schädlicher Einwirkung der Säure nach Möglichkeit geschützt werden.

b) Schutzvorrichtungen und Schutzmittel jeder Art müssen in brauchbarem Zustande erhalten werden.

4. Anschläge, wie Warnungsschilder, Betriebsvorschriften, schematische Darstellungen usw. sollen in leserlichem Zustande erhalten werden.

§ 3.
Einrichtungen und Anschläge zum Zwecke der Unfallverhütung und Brandbekämpfung.

a) Die für die Bedienung der Anlagen sowie für Arbeiten in ihnen erforderlichen Schutzvorrichtungen und Schutzmittel sind bereitzuhalten.

1. Als Schutzmittel gelten gegen die herrschende Spannung isolierende, einen sicheren Stand bietende Unterlagen, ferner Erdungen, Abdeckungen, Schaltstangen, Schaltzangen, Schutzbrillen und ähnliche Hilfsmittel.

Gummihandschuhe und Gummischuhe sollen nur in Verbindung mit den vorstehend genannten Schutzmitteln gebraucht werden. Sie sind vor ihrem jedesmaligen Gebrauch von dem Benutzer auf ordnungsgemäße Beschaffenheit zu untersuchen.

b) In den unter § 1 h) und i) genannten Betriebsräumen sind diese Betriebsvorschriften, eine „Anleitung zur ersten Hilfeleistung bei Unfällen im elektrischen Betriebe" und die „Leitsätze für die Bekämpfung von Bränden in elektrischen Anlagen und in deren Nähe" auszulegen oder anzuschlagen. Für einzelne Teilbetriebe genügen gegebenenfalls Auszüge aus den Betriebsvorschriften.

2. In ständig besetzten elektrischen Betriebsräumen sollen zur Vorbereitung eines etwaigen Eingreifens der Feuerwehr die für die Brandbekämpfung nötigen Anweisungen durch Anschlag bekanntgegeben werden.

c) Zum Löschen etwaiger Ölbrände sind in größeren Anlagen geeignete Löschmittel an zugänglicher Stelle bereitzuhalten.

d) Die Feuerlöscher, die in unter Spannung stehenden Anlagen benutzt werden dürfen, sind besonders zu kennzeichnen.

e) In elektrischen Betriebsräumen [siehe § 1 h) und i)] muß eine schematische Darstellung der elektrischen Anlage, entsprechend dem Anhang, Teil I, zu diesen Vorschriften, vorhanden sein. Wesentliche Änderungen und Erweiterungen der Anlagen müssen in der schematischen Darstellung unter Berücksichtigung von Regel 2 des Anhanges, Teil I, nachgetragen werden.

f) In elektrischen Betriebsräumen nach § 1 h) und i) müssen bei Spannungen von mehr als 250 V gegen Erde Schilder oder Aufschriften, die vor unnötiger Berührung von Teilen der elektrischen Anlage warnen, an geeigneten Stellen, insbesondere an den Zugängen, angebracht sein.

In Betriebstätten nach § 1 k) ist dieses nur bei Betriebspannungen von 1000 V und darüber erforderlich, bei Betriebspannungen unter 1000 V nur an gefährlichen Stellen. Warnungschilder sind mit Blitzpfeil nach DIN VDE 6 zu versehen. Bei Anlagen mit Spannungen bis 250 V gegen Erde ist der Blitzpfeil nur an Stellen mit erhöhter Gefahr gemäß § 2 l) erforderlich.

3. Die Warnungschilder sollen den im Anhang, Teil II, gegebenen Richtlinien für Warnungschilder und Warnungstexte entsprechen.

In einer Anlage für ähnliche elektrische Einrichtungen sollen stets die gleichen Warnungschilder und -texte verwendet werden.

g) In Anlagen mit Spannungen von mehr als 250 V gegen Erde sind zur Kennzeichnung nicht betriebsfähiger oder überbrückter Schalter sowie solcher Schalter, die aus einem besonderen Grunde nicht betätigt werden dürfen, abnehmbare Warnungschilder bereitzuhalten.

4. Schilder für Stellen, an denen eine Berührung mit Spannung führenden Teilen zu befürchten ist, sollen aus Holz oder Isolierstoff bestehen und eine isolierende Aufhänge- oder Befestigungsvorrichtung (Lederriemen, Gummibänder, geölte Schnur usw.) erhalten.

h) Ständige Prüffelder und fliegende Prüfstände sind abzugrenzen.

§ 4.
Allgemeine Pflichten und Unterweisung der im elektrischen Betriebe Beschäftigten.

a) Jeder im elektrischen Betriebe Beschäftigte hat von den Betriebsvorschriften sowie den sonst bekanntgegebenen Bestimmungen Kenntnis zu nehmen und sie zu befolgen, soweit sie ihn angehen. Zu diesem Zwecke sind die Vorschriften zur Einsichtnahme auszulegen oder anzuschlagen.

1. Empfehlenswert ist, von den Beschäftigten die Kenntnisnahme schriftlich bestätigen zu lassen und dieses in regelmäßigen Zeitabständen zu wiederholen.

Digitized by Google

b) Bei mangelhaften Betriebzuständen und bei Vorkommnissen, die eine Gefahr für Personen oder für die Anlagen zur Folge haben können, sind von den im elektrischen Betriebe Beschäftigten geeignete Maßnahmen zu treffen, um die Gefahr einzuschränken oder zu beseitigen. Dem Vorgesetzten ist möglichst bald Anzeige zu erstatten.

2. Die mit Arbeiten in elektrischen Anlagen Betrauten sollen sorgfältig unterwiesen werden, insbesondere dahin, daß sie nichts unternehmen oder berühren dürfen, ohne sich über die dabei vorhandene Gefahr Rechenschaft zu geben und die gebotenen Vorsichtsmaßnahmen und Schutzmittel anzuwenden.

3. Bei Unfällen von Personen soll nach der „Anleitung zur ersten Hilfeleistung bei Unfällen im elektrischen Betriebe" verfahren werden. Zu diesem Zweck sollen die im elektrischen Betriebe Beschäftigten von Zeit zu Zeit über das Rettungswesen unterwiesen und praktisch darin geschult werden.

4. Bei Brandgefahr sollen die „Leitsätze für die Bekämpfung von Bränden in elektrischen Anlagen und in deren Nähe" befolgt werden.

5. Arbeiten auf Masten, Dächern usw. sollen nur durch schwindelfreie Personen, die mit festsitzendem Schuhwerk und nötigenfalls mit Sicherheitsgürtel ausgerüstet sind, vorgenommen werden.

c) Beim Aufrichten oder Umlegen von Masten müssen zur Unterstützung Gabelstützen, Leitern oder andere geeignete Mittel verwendet werden. Die Stützen usw. sind gegen Abgleiten zu sichern.

Das Fußende der Maste ist so festzulegen, daß ein Emporschnellen ausgeschlossen ist. Verboten ist, zum Zwecke des Festlegens auf den Mast zu treten.

Werden die Leitungen von einem Mast losgebunden, so ist dieser allseitig zu stützen, auch wenn Fäulnis nicht nachweisbar ist.

Das Ausgraben auszuwechselnder Maste hat erst nach dem Lösen sämtlicher Leitungsbindungen zu erfolgen.

Werden Drähte an Winkelpunkten losgebunden, so sind sie vorher abzufangen (Flaschenzug usw.). Die Leiter ist in diesem Falle an der dem Drahtzug abgekehrten Seite anzulegen.

Umzulegende Maste sind am Zopf- und Stockende so zu verankern, daß sie nicht von selbst umfallen können.

d) In Akkumulatorenräumen ist Essen, Trinken und Rauchen verboten.

6. Die Akkumulatorenwärter sollen zur Reinlichkeit angehalten und auf die Gefahren, die Säure und Bleisalze mit sich bringen können, aufmerksam gemacht werden. Für ausreichende Wascheinrichtungen und Waschmittel soll Sorge getragen werden.

e) Das Betreten von ständigen Prüffeldern und fliegenden Prüfständen durch Unbefugte ist zu verbieten.

§ 5.

Betriebsmäßige Bedienung elektrischer Anlagen.

a) Bei der Bedienung von Maschinen und Geräten muß sich jede Berührung auf die für die Bedienung bestimmten Teile beschränken; eine unnötige Berührung von Leitungen sowie von ungeschützten Teilen von Maschinen, Geräten und Lampen ist verboten.

b) Der Zugang zu Maschinen, Schalt- und Verteilungsanlagen muß soweit freigehalten werden, als es ihre Bedienung erfordert.

c) Leicht entzündliche Gegenstände dürfen nicht in gefahrbringender Nähe ungekapselter elektrischer Maschinen und Geräte sowie offen verlegter, Spannung führender Leitungen gelagert werden.

d) Die betriebsmäßige Bedienung von Schaltern, Trennstücken, Maschinen, Akkumulatoren, Geräten usw. ist nur den damit beauftragten Personen gestattet, falls erforderlich, unter Verwendung der vorgeschriebenen Schutzmittel (siehe § 31).

1. Um die ordnungsgemäße Durchführung umfangreicher Schaltmaßnahmen sicherzustellen, empfiehlt es sich, schriftliche Schaltprogramme aufzustellen.

e) Nicht betriebsfähige oder überbrückte Schalter oder Schalter vor nicht betriebsfähigen Anlageteilen müssen durch Warnungschilder als solche gekennzeichnet oder schaltunfähig gemacht sein. Fernbetätigte Schalter sind in solchen Fällen sowohl durch zuverlässig angebrachte Warnungschilder zu kennzeichnen als auch schaltunfähig zu machen (Verriegelung der Schalter, Entfernung der Sicherungen der Betätigungsstromkreise oder dgl.).

f) Die Verwendung geflickter oder überbrückter Sicherungen ist verboten. Bei Verwendung von Schmelzsicherungen sind Schmelzeinsätze entsprechender Stromstärke stets erreichbar vorrätig zu halten.

2. Schmelzsicherungen sollen, wenn sie nicht so gebaut oder angeordnet sind, daß man sie ohne weiteres gefahrlos handhaben kann, nur unter Anwendung geeigneter Schutzmittel (siehe § 31) oder Schutzmaßnahmen bedient werden.

g) Tritt in einer Starkstromanlage mit einer Betriebspannung von 1000 V und darüber ein Erdschluß auf, so sind unverzüglich Maßnahmen zu treffen, um die Fehlerstelle einzugrenzen. Nach Auffinden der Fehlerstelle ist dafür zu sorgen, daß einer unmittelbaren Gefährdung von Personen vorgebeugt ist (z. B. durch Absperrung der Erdschlußstelle). Sobald es die Betriebsrücksichten zulassen, ist die Störung zu beseitigen.

h) Abgeschlossene elektrische Betriebsräume, die den Anforderungen von § 29 der Errichtungsvorschriften V. E. S. 1. bzw. § 21 der Errichtungsvorschriften V. E. S. 2. hinsichtlich des Schutzes gegen zufällige Berührung nicht entsprechen, dürfen erst betreten werden, nachdem die elektrischen Anlageteile in ihnen soweit spannungsfrei gemacht sind, daß die Anlage in Bezug auf den Schutz gegen zufällige Berührung Spannung führender Teile den Anforderungen der genannten Paragraphen der Errichtungsvorschriften entspricht. Hierauf ist am Zugang durch ein Warnungschild hinzuweisen.

i) Während der Ladung müssen Akkumulatorenräume gelüftet werden. Offene Flammen und glühende Körper dürfen in ihnen während dieser Zeit nicht benutzt werden.

§ 6.

Maßnahmen zur Herstellung und Sicherstellung des spannungsfreien Zustandes bei Arbeiten an elektrischen Anlagen.

a) Mit den Arbeiten, auch mit der Erdung und Kurzschließung, darf nicht früher begonnen werden, als die Abschaltung und die Sicherstellung des spannungsfreien Zustandes schriftlich, mündlich, telephonisch oder telegraphisch bestätigt ist. Diese Bestätigung hat unter Angabe des Namens und der Dienststellung der für die Abschaltung verantwortlichen Person zu erfolgen. Die Vereinbarung eines Zeitpunktes, zu dem die Anlage spannungsfrei gemacht werden soll, genügt nicht.

1. Andere Nachrichtenmittel für die Bestätigung der Abschaltung sind nur zulässig, wenn besondere Maßnahmen getroffen sind, die ein Mißverständnis ausschließen.

b) Sind die Abschaltung und der spannungsfreie Zustand des Teiles der Anlage, an dem gearbeitet werden soll, und der in unmittelbarer Nähe der Arbeitstelle befindlichen Teile von dem Beauftragten nicht zweifelfrei erkennbar, so muß vor Inangriffnahme der Arbeiten der spannungsfreie Zustand festgestellt werden.

2. Zur Feststellung des spannungsfreien Zustandes können Spannungsucher, deren Isolationsfestigkeit den jeweiligen Betriebspannungen entsprechen muß, dienen. Vor Gebrauch soll der Spannungsucher auf seinen einwandfreien Zustand geprüft werden.

3. Außer der Feststellung mit einem Spannungsucher können noch folgende Nachweise dienen:

Klares Erkennen des abgeschalteten Zustandes der zur abzuschaltenden Anlage führenden Leitungen nach Lage oder einwandfreier Kennzeichnung an Hand von Leitungs- oder Netzplänen;

Einwandfreie Feststellung der vorgenommenen Abschaltung auf Grund genauer Kenntnis oder klarer Angaben der zur Erzielung des spannungsfreien Zustandes der Anlage erforderlichen Schaltungen.

4. Besonders soll darauf geachtet werden, daß der spannungsfreie Zustand nicht immer durch Herausnahme von Schaltern oder dgl. allein gewährleistet ist, da noch Verbindungen durch Meßschaltungen, Ring- und Doppelleitungen usw. bestehen können oder eine Rücktransformierung, induktive bzw. kapazitive Beeinflussung oder dgl. vorhanden sein kann. Wenn zur Gewährleistung des spannungsfreien Zustandes Sicherungen herausgenommen werden müssen, so soll ihrem unbefugten Wiedereinsetzen vorgebeugt werden.

5. Bei Arbeiten an Kabeln und Zubehörteilen, insbesondere beim Schneiden von Kabeln und Öffnen von Kabelmuffen, sollen sich die Arbeitenden über die Lage der einzelnen Kabel zunächst vergewissern und alsdann geeignete Schutzvorrichtungen (siehe § 31) anwenden.

c) Bei Schaltern, Trennstücken oder dgl., mit denen ein Anlageteil spannungsfrei gemacht ist, muß für die Dauer der Arbeit ein Schild zuverlässig angebracht sein mit dem Hinweise, daß an dem zugehörenden Teil der elektrischen Anlage gearbeitet wird und nicht geschaltet werden darf. Werden diese Schalter oder die Trennschalter fernbetätigt, so ist außerdem noch durch andere Mittel ein unbefugtes Wiedereinschalten zu verhindern (Verriegelung von Schaltern, Entfernung von Sicherungen oder dgl.).

Digitized by Google

d) Nachdem die Anlage spannungsfrei befunden ist, muß in Anlagen mit Betriebspannungen von 1000 V und darüber stets zur Sicherung gegen zufälliges Wiedereinschalten zwischen Arbeit- und sämtlichen Schaltstellen eine Erdung und Kurzschließung vorgenommen werden.

Für den Fall, daß Schalt- und Arbeitstelle örtlich nicht zusammenfallen, muß außerdem eine für die Ableitung von etwaigen Induktionsströmen hinreichende Erdung und Kurzschließung in unmittelbarer Nähe der Arbeitstelle vorgenommen werden.

Werden bei den Arbeiten Leitungen geöffnet, so ist mit Rücksicht auf Induktionspannungen dafür zu sorgen, daß beiderseits der Öffnungstelle eine Erdung und Kurzschließung vorhanden ist.

Bei der Erdung und Kurzschließung von Kabeln ist auf eine in diesen etwa vorhandene Ladespannung zu achten.

e) Die Vorrichtungen für die Erdung und Kurzschließung müssen so beschaffen sein, daß sie einen sicheren Kontakt mit den zu erdenden und kurzzuschließenden Teilen gewährleisten. Sie sind so zu bemessen, daß sie den Kurzschlußstrom thermisch so lange aushalten, bis die Auslösung eines vor der Kurzschlußstelle liegenden Schalters eingetreten ist; ihr Querschnitt soll jedoch mindestens dem Leitwert von 25 mm² Kupfer entsprechen.

6. Seile sollen nur in feindrähtiger Ausführung verwendet werden. Um ein Aufspleißen zu verhindern, empfiehlt es sich, die Seile alle 50 cm mit verlötetem Bund zu versehen.

f) In Anlagen mit Betriebspannungen unter 1000 V muß eine Erdung und Kurzschließung nur dann vorgenommen werden, wenn die Abschaltung und der spannungsfreie Zustand nicht unbedingt sichergestellt sind.

g) Freileitungen mit Betriebspannungen von 1000 V und darüber sind immer beiderseits der Arbeitstelle kurzzuschließen und so gut wie möglich zu erden.

§ 7.

Maßnahmen bei Unterspannungsetzung.

a) Ein Anlageteil, der zur Vornahme von Arbeiten spannungsfrei gemacht war, darf erst dann zur Wiedereinschaltung freigegeben werden, wenn die mit den Arbeiten betrauten Personen von der beabsichtigten Einschaltung verständigt, der betriebsfähige Zustand wieder hergestellt ist und keine Verbindungen mehr vorhanden sind, durch die ein Übertreten der Spannung in außer Betrieb befindliche Teile herbeigeführt werden kann. Auch müssen alle Schutzverkleidungen wieder angebracht sein.

Bei Aufhebung von Kurzschließungen und Erdungen ist die Erdverbindung zuletzt zu beseitigen.

b) Mit der Wiedereinschaltung darf nicht früher begonnen werden, als die Freigabe dazu mündlich, schriftlich, telephonisch oder telegraphisch erteilt ist. Diese Freigabe hat unter Angabe des Namens und der Dienststellung der für die Freigabe verantwortlichen Person zu erfolgen. Die Vereinbarung von Zeitpunkten, zwischen denen die Anlage spannungsfrei sein oder bleiben soll, genügt nicht.

1. Andere Nachrichtenmittel für die Bestätigung der Freigabe zur Wiedereinschaltung sind nur zulässig, wenn besondere Maßnahmen getroffen sind, die ein Mißverständnis ausschließen.

§ 8.

Arbeiten unter Spannung.

a) Arbeiten an unter Spannung stehenden Teilen sind in Anlagen mit Betriebspannungen bis 500 V gestattet, wenn es aus Betriebsrücksichten nicht angängig ist, die Teile der Anlage, an denen selbst oder in deren unmittelbarer Nähe gearbeitet werden soll, spannungsfrei zu machen.

1. Solche Betriebsrücksichten werden im allgemeinen vorliegen bei Betriebsarbeiten in den Leitungsnetzen der Elektrizitätswerke, insbesondere bei Ausführung von Hausanschlüssen, Umschaltung von Leitungen u. dgl., da mit einer Abschaltung so gut wie immer eine Unterbrechung der Stromversorgung größerer Netzteile und wichtiger Strombezieher verbunden sein würde.

In den Fällen jedoch, in denen eine Abschaltung die vorerwähnten Auswirkungen nicht nach sich ziehen würde, z. B. bei Netzausläufern sowie in Netzabschnitten, an die wichtige Betriebe nicht angeschlossen sind, soll immer von der Abschaltmöglichkeit Gebrauch gemacht werden.

b) Die Arbeiten dürfen nur durch besonders damit beauftragte und mit der Gefahr vertraute Personen ausgeführt werden. Zweckentsprechende Schutzmittel sind bereitzustellen und zu benutzen; sie sind von dem Benutzer vor Gebrauch nachzusehen [siehe §§ 2 b) und 3¹)]. Die Arbeiten dürfen nur mit dicht anschließender Kleidung ausgeführt werden.

c) Bei Anlagen mit Betriebspannungen von mehr als 500 V dürfen Arbeiten unter Spannung nur in Notfällen und nur in Gegenwart einer geeigneten und unterwiesenen Person sowie unter Beachtung geeigneter Vorsichtsmaßnahmen ausgeführt werden [Ausnahmen siehe e) und g)].

d) An Freileitungen mit Spannungen von mehr als 250 V gegen Erde dürfen Arbeiten unter Spannung nicht vorgenommen werden.

e) An Akkumulatoren sind Arbeiten unter Spannung bei Beachtung der geeigneten Vorsichtsmaßnahmen gestattet. Eine Aufsichtsperson ist bei Betriebspannungen von 1000 V und darüber stets erforderlich.

f) In Prüffeldern und Laboratorien sind Arbeiten unter Spannung auch bei Betriebspannungen von mehr als 500 V zulässig, jedoch dürfen mit ihnen nur Personen betraut werden, die ausreichendes Verständnis für die vorhandenen Gefahren besitzen und sich ihrer Verantwortung bewußt sind.

g) In explosionsgefährdeten, schlagwettergefährdeten, feuchten, durchtränkten und ähnlichen Räumen sind Arbeiten unter Spannung verboten.

2. In feuchten, durchtränkten und ähnlichen Räumen dürfen bei Betriebspannungen bis 500 V Arbeiten unter Spannung nur in besonderen Ausnahmefällen und nur in Gegenwart einer geeigneten und unterwiesenen Person sowie unter Beachtung entsprechender Vorsichtsmaßnahmen ausgeführt werden.

h) Reinigungs-, Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten dürfen nur durch damit beauftragte und mit den Arbeiten und den Gefahren vertraute Personen oder unter deren Aufsicht durch Hilfsarbeiter ausgeführt werden, falls erforderlich, unter Verwendung der vorgeschriebenen Schutzmittel (siehe § 3¹) und unter Berücksichtigung der Bestimmungen in § 9. Wenn angängig, sind die Arbeiten in spannungsfreiem Zustande, d. h. nach allpoliger Abschaltung der Stromzuführungen, unter Berücksichtigung der Bestimmungen in §§ 6 und 7 vorzunehmen.

§ 9.

Arbeiten in der Nähe von Spannung führenden Teilen.

a) Müssen Arbeiten an einer Stelle ausgeführt werden, von der aus unter Spannung stehende Teile elektrischer Anlagen mittelbar oder unmittelbar (z. B. durch Werkzeuge) berührt werden können, so ist die Gefahrzone durch Schranken, einschiebbare Wände oder dgl. abzusperren oder die Spannung führenden Teile sind durch isolierende Abdeckungen (z. B. Gummimatten) der zufälligen Berührung zu entziehen.

b) Bei Arbeiten in der Nähe Spannung führender Teile hat der Arbeitende stets darauf zu achten, daß er keinen Körperteil oder Gegenstand mit Spannung führenden Teilen in Berührung bringt. Die Arbeiten dürfen nur mit dichtanschließender Kleidung ausgeführt werden. Stets ist für einen festen Standort Sorge zu tragen.

c) Bei Freileitungen mit Spannungen von mehr als 250 V gegen Erde ist das Besteigen von Masten, deren Leitungen unter Spannung stehen, zur Ausführung von Anstreich- und Ausbesserungsarbeiten nur bis 2 m unterhalb des untersten Querträgers zulässig, es sei denn, daß die Abstände der Leitungen von dem Mastschaft eine gefährliche Annäherung ausschließen.

Die Nachprüfung des Isolationzustandes von Kettenisolatoren ist nur zulässig, wenn durch geeignete Maßnahmen eine gefährliche Annäherung an die Spannung führenden Leitungen verhindert wird. Die hierzu benötigten Meßstangen müssen eine ausreichende Sicherheit gegen einen Übertritt der Spannung auf den Bedienenden — auch in feuchtem Zustande — haben.

d) Bei Doppelleitungen mit Spannungen von mehr als 250 V gegen Erde, bei denen auf jeder Mastseite je ein Stromkreis liegt, sind Arbeiten an den abgeschalteten Leitungen eines Stromkreises, während der andere Stromkreis unter Spannung steht, nur erlaubt, wenn durch geeignete Maßnahmen Vorsorge gegen eine Verwechselung der Stromkreise getroffen ist.

1. Empfohlen wird, bei Doppelleitungen die Stromkreise in augenfälliger Weise — etwa durch weithin sichtbare Farbringe — zu kennzeichnen.

2. Bei derartigen Arbeiten an Doppelleitungen soll nicht nur auf die Gefahr einer Berührung oder unzulässigen Annäherung an den unter Spannung stehenden Stromkreis, sondern auch auf die Gefährdung durch etwa in der abgeschalteten Leitung durch die benachbarten Leitungen hervorgerufene Spannungen Rücksicht genommen werden. Die Erdung und Kurzschließung des abgeschalteten Stromkreises soll daher besonders vorsichtig ausgeführt werden.

Digitized by Google

e) Bei Doppelleitungen mit Betriebspannungen über 100 kV genügen Erdungen vor und hinter den Arbeitsstellen nicht, sondern es muß eine Erdung und Kurzschließung an jedem Mast, auf dem gearbeitet wird, ausgeführt werden.

3. Bei Besteigen eines Mastes soll besonders darauf geachtet werden, daß eine gefährliche Annäherung an das unter Spannung stehende Leitungsystem vermieden wird.

f) Arbeiten an Leitungen mit Spannungen bis 250 V gegen Erde und an Fernmeldeleitungen in gefährlicher Nähe von Leitungen mit Spannungen von mehr als 250 V gegen Erde sind nur gestattet, wenn die letztgenannten Leitungen geerdet und kurzgeschlossen oder sonstige ausreichende Schutzmaßnahmen getroffen sind.

Hierbei ist nicht nur auf die Gefahr einer Berührung der Leitungen, sondern auch auf die durch Induktion in der Leitung mit Spannungen bis 250 V gegen Erde oder in der Fernmeldeleitung möglichen Spannungen Rücksicht zu nehmen [siehe auch § 19 e) der Errichtungsvorschriften V. E. S. 2.].

g) Werden Leitungen oberhalb oder unterhalb von zu kreuzenden Leitungen mit Spannungen von mehr als 250 V gegen Erde, die unter Spannung bleiben müssen, gespannt, so ist durch besondere Vorrichtungen oder Maßnahmen dafür zu sorgen, daß sie beim Abspannen nicht gegen die zu kreuzenden Leitungen schlagen können. Prelldrähte sind gegen Hinaufschlagen bis an die Spannung führende Leitung zu sichern, sofern nicht der Abstand der Prelldrähte von der Spannung führenden Leitung eine gegenseitige Berührung ausschließt.

Anhang.

I. Schematische Darstellungen.

a) Für jeden elektrischen Betrieb muß bei Fertigstellung eine schematische Darstellung angefertigt werden; sie kann aus mehreren Teilen bestehen.

b) Die Darstellungen müssen enthalten:

I. Stromarten und Spannungen,
II. Anzahl, Art und Stromstärke der Stromerzeuger, Transformatoren und Akkumulatoren,
III. Art der Abschaltung und Sicherung der einzelnen Teile der Anlage,
IV. Angabe der Leitungsquerschnitte,
V. die notwendigen Angaben über Stromverbraucher.

1. Für die schematischen Darstellungen und etwa anzufertigende Pläne sollen die in den Normblättern DIN VDE 710 bis 717 festgelegten Schaltzeichen und Schaltbilder verwendet werden. Die Schaltzeichen sind die kürzere Darstellung, die in Schaltplänen zur Verwendung gelangen soll. Für eingehendere Darstellungen dienen die Schaltbilder, wenn eine größere Übersichtlichkeit der Pläne erforderlich ist. Das Muster eines Schaltplanes zeigt das Normblatt DIN VDE 719.

Außerdem ist das Normblatt DIN VDE 705 „Kennfarben für blanke Leitungen in Starkstrom-Schaltanlagen" zu beachten.

2. In den schematischen Darstellungen sollen die Angaben über Stromverbraucher soweit eingetragen werden, als sie zur sicherheitstechnischen Beurteilung der einzelnen Teile der Anlage erforderlich sind. Im allgemeinen wird es genügen, wenn die schematischen Darstellungen bis zu den letzten Verteilungsicherungen durchgeführt und die Querschnitte der einzelnen Abzweigleitungen sowie die Zahl und die Art der an diese angeschlossenen Stromverbraucher angegeben werden; bei Glühlicht-Stromkreisen genügt im allgemeinen die angenäherte Angabe der Lampenzahl.

3. Mehrpolige Leitungen und Apparate können im allgemeinen einpolig gezeichnet werden; in diesem Falle ist die Pol- oder Leiterzahl durch eine entsprechende Zahl von senkrecht zum Hauptleitungzug angeordneten Querstrichen kenntlich zu machen.

4. Wenn in den schematischen Darstellungen oder Plänen auf die Eigenart einzelner Räume hingewiesen werden soll, genügt die Eintragung der Nummer des für die Räume maßgebenden Paragraphen der Errichtungsvorschriften, z. B. „§ 35" bedeutet „Explosionsgefährdeter Raum" nach den Errichtungsvorschriften V.E.S.1.

Eine Zusammenstellung der Normblätter für Bildzeichen, Kennfarben, Schaltzeichen und Schaltbilder ist durch den Beuth-Verlag, G. m. b. H., Berlin S 14, Dresdener Str. 97, als DIN-Taschenbuch 2 herausgegeben und sowohl durch den genannten Verlag wie auch durch die Geschäftstelle des VDE zu beziehen.

II. Warnungschilder und Warnungstexte.

1. Soweit für Blitzpfeile und Warnungstexte besondere Schilder verwendet werden, sind die unter 2 in Abb. 1 bis 6 angegebenen Schildgrößen A bis F möglichst einzuhalten. Diese Schilder sollen aus wetterbeständigem Werkstoff bestehen (Weißblechschilder mit wetterfestem Lacküberzug, emailliertem Eisenblech oder Aluminiumblech mit durchbrochener Schrift und hinterlegtem schwarzen Untergrund oder mit wetterfest und haftbar aufgetragener Schrift).

2. Beispiele für Warnungschilder:

Abb. 1. Größe A = etwa 30 × 20 cm.

Dieses Schild ist bestimmt für Zugangstüren zu größeren Werken oder Werkstätten oder zum Anheften an andere, in die Augen fallende Stellen, an denen täglich viele Menschen verkehren, z. B. im Hofe eines Elektrizitätswerkes, in der Montagehalle einer Maschinenfabrik, auf der Hängebank, im Füllort einer Grube, d. h. für Stellen mit elektrischen Einrichtungen, die mit Spannungen von mehr als 250 V gegen Erde betrieben werden.

Abb. 2. Größe B = etwa 30 × 20 cm.

Dieses Schild ist bestimmt für Zugänge von Schalträumen (auch für die Innenseiten von Schaltsäulen), für einzelne Maschinen, für Freileitungsmaste bei Wegekreuzungen u. dgl. m. in Anlagen mit Spannungen von mehr als 250 V gegen Erde.

Abb. 3. Größe C = etwa 20 × 12 cm.

Dieses Schild ist bestimmt zur Verwendung in Schaltstationen sowie bei Prüf- und Ausbesserungsarbeiten in Anlagen, die mit Spannungen von mehr als 250 V gegen Erde betrieben werden. In Anlagen mit Spannungen bis 250 V gegen Erde ist dieses Schild ohne Blitzpfeil zu verwenden.

Digitized by Google

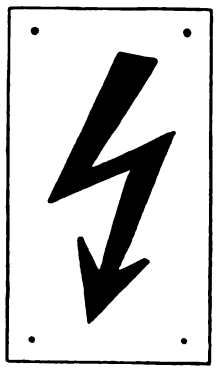


Abb. 4. Größe D = etwa 12 × 20 cm.

Dieses Schild dient im allgemeinen zum Anheften an Maste, Träger, Verkleidungen usw. von Einrichtungen in Anlagen mit Spannungen von mehr als 250 V gegen Erde.

Abb. 5. Größe E = etwa 12 × 20 cm.

Abb. 6. Größe F = etwa 20 × 12 cm.

Diese Schilder sind ausschließlich für Anlagen mit Spannungen bis 250 V gegen Erde bestimmt. Sie sollen Bauhandwerker, Maler, Dachdecker, Schornsteinfeger u. a. zur Vorsicht ermahnen.

3. Für Warnungstexte gilt als Regel schwarze Schrift auf weißem, gelbem oder hellem metallenen Grund. Als Schrift soll Blockschrift mit großen und kleinen Buchstaben ohne Zierrat benutzt werden, damit sie schon in größerer Entfernung deutlich lesbar ist.

Bei dünnen lackierten Blechschildern sollen Schrift und Blitzpfeil (nach DIN VDE 6) erhaben geprägt sein.

4. Andere Warnungsschilder und -texte sind zulässig, z. B. Texte, die auf die besondere Gefahr aufmerksam machen, die mit der Vornahme einzelner Arbeiten verbunden ist.

„Forschung tut not."

Unter diesem Titel veröffentlicht der VDI eine Druckschrift, die in sehr lesenswerten Darlegungen maßgebender Fachleute auf den Wert der wissenschaftlichen Forschung für die Befruchtung der Technik gerade in heutiger Zeit mit eindringlichen Worten hinweist.

Wir möchten unsere Mitglieder auf den Bezug dieser Schrift aufmerksam machen.

Das Heft kann gegen 30 Pf vom VDI-Verlag, Berlin NW 7, Dorotheenstr. 40, bezogen werden.

Wir sind auch bereit, Bestellungen weiterzuleiten.

Wir empfehlen den Bezug besonders unseren Mitgliedern aus der Industrie.

Verband Deutscher Elektrotechniker.

Der Generalsekretär:

P. Schirp.

SITZUNGSKALENDER.

Elektrotechn. Verein des rhein.-westf. Industriebezirks, Dortmund. 10. XII. 1930, nachm. 5 h, Hörsaal der Staatl. Ver. Maschinenbauschulen, Sonnenstraße: Experimentalvortrag Dr.-Ing. Werners.

Elektrotechn. Gesellschaft Hannover. 9. XII. 1930, abds. 8 h, Hörsaal 42 der T. H.: Lichtbildervortrag Dipl.-Ing. Schäfer, „Wesen und Bedeutung der Fernwirkanlagen im Kraftwerksbetrieb".

Oberrhein. Elektrotechn. Verein, Karlsruhe. 7. XII. 1930, abds. 8 h, Neuer Maschinenbauhörsaal der T. H.: a) Lichtbildervortrag Obering. J. Wallich, „Mehrrohrdurchführungen der Hescho; b) Zeitlupenfilm „Lichtbogenüberschläge großer Leistung an Isolatoren ohne und mit Schutzarmaturen".

Ostdeutscher Elektrotechn. Verein, Königsberg. 8. XII. 1930, abds. 8 h, I. Physikal. Inst. der Universität, Steindamm 6: Vortrag Obering. Kion, „Vorschriftsmäßiges und unvorschriftsmäßiges Installationsmaterial".

Elektrotechn. Gesellschaft Magdeburg. a) 9. XII. 1930, abds. 8¼ h, Aula der Staatl. Ver. Maschinenbauschulen, am Krökentor 1: Vortrag Oberpostrat Lenz, „Allerlei Interessantes aus dem Gebiet des Fernmeldewesens" (m. Lichtb. u. Film); b) 13. XII. 1930, abds. Pschorrbräu, 31. Stiftungsfest, verbunden mit einer Weihnachtsfeier. Gemeinsames Essen. Kommers.

Elektrotechn. Verein München. 10. XII. 1930, abds. 8 h, Gr. Physik-Hörsaal der T. H. München (Eing. II, Arcisstraße): Großfilm „Das Hohelied der Kraft (m. Musikbegleitung).

Württ. Elektrotechn. Verein, Stuttgart. 1. 10. XII. 1930, abds. 8 h, Gr. Hörsaal des Landesgewerbemuseums, Eingang Lindenstraße: a) Vorführung eines Zeitlupenfilms von Lichtbogenüberschlägen großer Leistung (m. Erläuterungen) der Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren G. m. b. H., b) Vortrag Obering. R. Burget, „Der Fernleitungs- und Freiluftstationen-Bau mit Schleuderbetonmasten". — 2. 6. XII. 1930, abds. 6 h: Rundfunkvortrag: „Die gebräuchlichsten technischen Maßeinheiten und Stromsysteme". (Ein Zwiegespräch zwischen Frl. E. Mayer und Herrn H. Steinmetz.)

Berliner Bezirksverein deutscher Ingenieure (Vortragsreihe gemeinsam mit dem Außeninstitut der T. H. Berlin). 4. u. 18. XII. 1930, abds. 6½ ... 8 h, Hörsaal Erweiterungsbau 301 der T. H.: Prof. Dr. R. Becker, „Einführung in die Atomphysik". 4 Doppelstunden 4 RM.

Deutsche Maschinentechnische Gesellschaft, Berlin. 9. XII. 1930, abds. 7 h, Gr. Saal des Ingenieurhauses, Friedrich-Ebert-Str. 27: Hauptversammlung. Bericht des Techn. Ausschusses über das Ergebnis der diesjährigen Beuth-Aufgabe „Entwurf von Anlagen zur Versorgung von Lokomotiven mit Kohlenstaub".

PERSÖNLICHES.

J. Epstein †. In Frankfurt a. M. starb in der Nacht vom 17. zum 18. d. M. Herr Prof. Dr. Josef Epstein, Ehrenmitglied der Elektrotechnischen Gesellschaft Frankfurt am Main. Wir kommen auf die Verdienste des Verstorbenen demnächst zurück.

LITERATUR.

Besprechungen.

Die Akkumulatoren, ihre Theorie, Herstellung, Behandlung u. Verwendung. Von Prof. Dr. W. Bermbach. 4. verm. u. verb. Aufl. Mit 107 Textabb., VI u. 214 S. in 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1929. Preis geh. 8,50 RM, geb. 9,75 RM.

Der Verfasser hat sich bemüht, in allgemein verständlicher Form einen Überblick über die Theorie der Blei- und alkalischen Sammler, über die Vorgänge in denselben, über die historische Entwicklung und die heutige praktische Herstellung zu bringen. In den ersten 28 Seiten gibt er außerdem die theoretische Entwicklung der Atomtheorie usw., welche mit der Materie nur in losem Zusammenhang steht und in den Anforderungen an den Leser wesentlich über den Inhalt des gesamten Werkes hinausgeht, daher bei einer späteren Auflage besser wieder eingeschränkt würde. Der Verfasser tritt für die Doppelsulfattheorie (Gladstone und Tribe) ein und zieht geschickt die spätere Literatur und eine Reihe von Messungen zur Stützung derselben heran. Abt. 3, die technischen Größen des Bleisammlers, Abt. 4, die Vorgänge im ruhenden Bleisammler, und Abt. 5, Ladung und Entladung sind klar und allgemein verständlich gefaßt und geeignet, das Verständnis für diese Vorgänge zu fördern und zu verallgemeinern. — Abt. 6 gibt einen Überblick über die für die Ladung von Akkumulatoren von

Digitized by Google

Wechselstromnetzen aus erforderlichen Gleichrichter. Die Angaben sind etwas kurz gefaßt. Durch Fußnoten ist jedoch auf die eingehendere Fachliteratur zum Teil hingewiesen. — Abt. 7 trägt die Überschrift „Bleisammlerplatten, Formierung", enthält aber in Wirklichkeit die historische Entwicklung der verschiedenen Plattenkonstruktionen bis auf die neueste Zeit, wobei der Verfasser sich von den größeren deutschen Akkumulatorenfabriken gutes und richtiges Material zu verschaffen verstanden hat. Die deutschen Akkumulatorenfabriken verwenden indes im allgemeinen nicht Werkblei, das sie selbst auf Silber und andere Metalle verarbeiten, sondern beziehen sog. doppeltraffiniertes Weichblei mit über 99,9 % Bleigehalt, welches heute von allen besseren in- und ausländischen Hütten zu erhalten ist. Selbstredend muß auch dieses Blei ständig auf seine Reinheit kontrolliert werden (S. 120). Hinsichtlich der Wirkung der Spreizstoffe für die Negativen (S. 135) gibt der Verfasser an, daß eine befriedigende Erklärung für die Wirksamkeit derselben noch nicht gefunden sei, während er auf S. 145 durchaus richtig darstellt, wie in der aktiven Masse verteilte Kolloide das Zusammenballen größerer Bleikristalle verhindern. Die Verpackung frisch formierter Negativer in feuchtem Zustande mit Pappe (S. 139) kann keiner Akkumulatorenfabrik empfohlen werden, da sämtliche handelsübliche Pappen in großen Mengen Bestandteile enthalten, die für Akkumulatorenplatten schädlich sind. — In Abt. 8, Herstellung der Elemente, ihre Aufstellung und Behandlung, entsprechen die Angaben den besten gegenwärtigen Ausführungen. In der folgenden Abt. 9, die alkalischen Sammler, bringt der Verfasser zunächst Vergleiche über die Leistung von verschiedenen Bleisammlern und von Bleisammlern gegenüber alkalischen Akkumulatoren. Bei der Berechnung der für Bleiakkumulatoren möglichen spezifischen Leistungen übersieht er anzuführen, daß die wirksamen Bleisalze in allen Fällen durch ein Gitter oder einen Träger gehalten werden müssen, welches auch im günstigsten Falle ungefähr das Gewicht der Bleisalze besitzt, also die spezifische Leistungsmöglichkeit stark herabdrückt. Die von ihm im Anschluß hieran gegebenen Zahlen sind jedoch richtig.

Mit dem letzten Kapitel, die Verwendung der Akkumulatoren, gibt der Verfasser eine sehr vollständige Aufzählung der verschiedensten Verwendungsarten, die mit hervorragendem Fleiß und Sachkenntnis zusammengestellt ist und auch die allerneueste Literatur berücksichtigt. Die auf S. 202 gemachte Mitteilung, daß die Personenwagen mit Benzinmotor stets eine Batterie aus 3 Zellen und die Lastwagen eine solche aus 6 Zellen besäßen, trifft indes in dieser Allgemeinheit nicht zu. Die amerikanischen und die hiernach gebauten deutschen Konstruktionen verwenden allerdings nur 3 Zellen. Die führenden Firmen folgen aber dem Vorschlage der Firma Robert Bosch A. G. Stuttgart und verwenden auch für Personenwagen Batterien mit 6 Zellen, um die Leitungsverluste zu verringern.

Fassen wir das Obige zusammen, so müssen wir feststellen, daß der Verfasser es verstanden hat, alle von ihm bearbeiteten Fragen klar, vollständig und nach dem Standpunkt der neuesten Erfahrungen darzulegen, so daß man das Werk nicht nur Laien, sondern auch Fachleuten auf das wärmste empfehlen kann. E. Sieg.

Spanlose Formung der Metalle in Maschinenfabriken durch Gießen, Schmieden, Schweißen und Härten. Von Dipl.-Ing. E. Preger. Bd. 3: Schweißen. Bearb. v. Dipl.-Ing. W. Söchting u. Ing. E. Saur. 9., völlig neubearb. Aufl. Mit 123 Abb. i. Text, VIII, 143 u. 8 S. in 8°. Verlag Dr. Max Jänecke, Leipzig 1930. Preis kart. 3 RM.

Auf 143 Seiten wird behandelt: Feuer-, Wassergas- und Thermitschweißung nur andeutungsweise, die Widerstandschweißung in gedrängter Form, eingehend dagegen die Gasschmelzschweißung und das Brennschneiden, sowie die elektrische Bogenschweißung bis zum heutigen Stande. Es ist in sauberem Druck mit klaren Abbildungen das Gebiet in guter Sprache behandelt. Einige Unrichtigkeiten können vielleicht noch durch eine beigegebene Fehlerberichtigung ausgemerzt werden. In Zukunft wird empfohlen, den Wasserstoff wegen seiner geringen Wirtschaftlichkeit weniger zu behandeln, dagegen Benzol und Ferngas. Ebenso kann der Zerener-Schweißkolben fehlen und an dessen Stelle der neue Atomare-Schweißkolben treten. Bei den Elektroden sind die Manganstäbe und Nickel-Kupferlegierungen (Monel) vergessen, desgleichen vollkommen die Gußschweißung durch Bronze.

Trotz dieser Mängel sei das Buch jedem, der mit der neuzeitlichen Schweißtechnik zu tun hat, zum Studium empfohlen. Fritz.

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Aus der Geschäftswelt. — Seit einiger Zeit zwischen den Siemens-Schuckertwerken AG. bzw. ihrer österreichischen Tochtergesellschaft und einer Gruppe von Großaktionären der „Elin" AG. für elektrische Industrie, Wien, gepflogene Verhandlungen über den Verkauf der Aktienmehrheit letzterer an die SSW sind nunmehr infolge Einspruchs des österreichischen Handelsministers abgebrochen worden. — Die Bank Elektrischer Werte AG., Berlin, hat im Geschäftsjahr 1929/30 bei 3 398 813 RM Bruttogeschäftsgewinn (3 555 546 i. V.) einen Reingewinn von 2 630 883 RM (2 643 440 i. V.) erzielt und wird auf rd. 23 Mill RM Stammaktienkapital wieder 10 % Dividende verteilen.

In das Handelsregister wurden eingetragen: Heizkissenfabrik Paul Lüscher G. m. b. H., Nowawes (24 000 RM): Herstellung und Vertrieb elektrischer Heizkissen, Heizteppiche, Bügeleisen usw.; Überlandwerk Jagsthausen G. m. b. H., Jagsthausen (0,1 Mill RM): Erzeugung und Lieferung elektrischer Energie, Betrieb eines Installationsgeschäfts. Das bisherige Überlandwerk Jagsthausen, Karl Schmitt, wurde als Einlage eingebracht; Überlandzentrale Neubrandenburg AG., Neubrandenburg (rd. 0,42 Mill RM): Errichtung, Erwerb und Betrieb von Anlagen zur Erzeugung und Verwertung elektrischer Arbeit, besonders Fortführung der Elektrischen Überlandzentrale G. m. b. H. in Neubrandenburg; Selektrag Großhandelsgesellschaft elektrotechnischer Erzeugnisse m. b. H., Berlin (20 000 RM); Dr. Förster & Co. AG., Leipzig (50 000 RM): Herstellung und Vertrieb elektrischer und elektromedizinischer Apparate und Instrumente usw. (Übernahme des unter der gleichen Firma schon bestehenden Handelsgeschäfts).

Elektrotechnischer Außenhandel der V. S. Amerika[1]. — Für den September 1930 haben sich als Wert der Ausfuhr elektrischer Maschinen, Apparate und Zubehörteile 9 723 853 $ ergeben, d. s. 3 133 995 $ (24 %) weniger als im Parallelmonat des Vorjahres (12 857 848 $). Die Verringerung betraf hauptsächlich kleinere Gleichstromerzeuger, verschiedene Arten von Batterien, nicht näher bezeichnete Transformatoren, stationäre Motoren bis zu 200 PS und Teile von Motoren, Taschenlampengehäuse, Waschmaschinen für den Haushalt, verschiedene Radiogeräte und Fernsprecheinrichtungen sowie nicht spezifizierte elektrische Apparate. In den abgelaufenen neun Monaten ist der Export von 108 594 249 $ i. V. auf 100 596 064 $, mithin um 7 998 185 $ (7 %) gefallen.

Deutschlands elektrotechnischer Außenhandel[2]. — Die Verteilung innerhalb des Tarifunterabschnitts 18 B war im Oktober 1930 folgende:

Waren	Mengen dz		Werte 1000 RM	
	Oktober	Jan./Okt.	Oktober	Jan./Okt.
Einfuhr				
Elektrische Maschinen (einschl. Teile)	2 651	26 680	698	7 983
Elektrot. Erzeugnisse	3 631	31 893	2 853	27 051
Ausfuhr				
Elektrische Maschinen (einschl. Teile)	31 305	332 559	8 461	92 925
Elektrot. Erzeugnisse	92 266	1 028 708	40 792	382 653

Die Einfuhr hat sich gegen den Vormonat (6501 dz bzw. 4,121 Mill RM) um 219 dz (3 %) bzw. 0,570 Mill RM (14 %) verringert und weist gegen den Parallelmonat des Vorjahres (10 513 dz bzw. 4,322 Mill RM) einen Rückgang um 4 231 dz (40 %) bzw. 0,771 Mill RM (18 %) auf. Bei der Ausfuhr ist im Vergleich mit dem September (161 172 dz bzw. 53,436 Mill RM) eine Abnahme um 37 601 dz (23 %) bzw. 4,183 Mill RM (7 %) und gegenüber dem Oktober 1929 eine solche um 40 319 dz (fast 25 %) bzw. 10,632 Mill RM (18 %) festzustellen. An Reparationssachlieferungen waren 6028 dz im Wert von 1,695 Mill RM inbegriffen. Während der abgelaufenen zehn Monate ist der Import gegen die entsprechende Zeit des Vorjahres um 23 413 dz (28,5 %) bzw. 7,314 Mill RM (17 %) gesunken. Er umfaßte der Stückzahl nach 4120 Lichtmaschinen (11 713 i. V.), 75 966 Dynamos, Elektromotoren usw. (190 328 i. V.), 8819 Bogen- usw. Lampen (4621 i. V.), 5,353 Mill Metalldrahtlampen (4,549 i. V.) und 0,215 Mill Kohlefaden- usw. Lampen (0,142 i. V.). Die Ausfuhr war mengenmäßig um 7907 dz schwächer, übertraf aber die der ersten zehn Monate des Vorjahres wertlich um 0,358 Mill RM. An Reparationssachlieferungen entfielen auf diesen Zeitabschnitt 110 345 dz im Wert von 29,825 Mill RM. Der Stückzahl nach hat Deutschland in der genannten Periode 65 356

[1] El. World Bd. 96, 1930, S. 887. Vgl. ETZ 1929, S. 1868.
[2] Vgl. ETZ 1929, S. 1827; 1930, S. 1571.

Digitized by Google

Stat. Nr.	Erzeugnisse	Einfuhr in dz			Ausfuhr in dz		
		Oktober	Januar/Oktober		Oktober	Januar/Oktober	
		1930	1930	1929	1930	1930	1929
907 a	Lichtmaschinen und Lichtzündmaschinen für Motorfahrzeuge; Anlaßmotoren für Verbrennungsmotoren . . .	11	374	916	313*	5 989*	6 849*
907 b/g	Dynamomaschinen, Elektromotoren, Umformer; Transformatoren und Drosselspulen[1]	2 594	25 112	32 946	29 007*	306 341*	269 971*
907 h	Fertig gearbeitete Anker, Kollektoren[2]	46	1 194	1 988	1 985*	20 229*	16 200*
908 a, b	Elektrizitätssammler, deren Ersatzplatten (Elektroden) .	303	2 207	4 847	4 591*	42 370*	43 860*
909	Kabel zur Leitung elektrischer Ströme, zur Verlegung in Wasser oder Erde geeignet	1 082	7 679	[9] 14 663	27 021*	461 856*	493 351*
910 a/c	Bogenlampen, Quecksilberdampf-, Quarz- und ähnliche Lampen; Gehäuse dafür mit Glasglocken; Scheinwerfer, Reflektoren[3]	13	260	164	280	2 326*	3 648*
911 a	Metallfadenlampen	352	2 424	2 138	1 241	10 622*	11 164*
911 b	Kohlenfaden-, Nernst- und andere Glühlampen	24	111	70	33	257	351*
912 A1	Telegraphenwerke; Bestandteile davon	4	101	116	35	337*	221*
912 A2	Fernsprecher, Fernsprech-, Wand- und Tischstationen, Fernsprechvermittlungseinrichtungen; Bestandteile davon .	30	315	843	2 088*	20 518*	16 611*
912 A3	Vorrichtungen für die drahtlose Telegraphie und Telephonie; Bestandteile davon	333	3 988	5 342	9 593*	52 600*	45 826*
912 A4	Meß-, Zähl- und Registriervorrichtungen, auch in Verbindung mit Uhrwerken; Bestandteile davon	143	1 598	1 701	2 453*	24 548*	28 259*
912 B	Bügeleisen; in der Ausfuhr auch Bestandteile davon . .	6	60	17	702	7 421	6 914*
912 C	Heiz-, Koch- und sonstige Wärmeapparate; in der Ausfuhr auch Bestandteile davon	95	1 772	1 746	2 032	14 650*	13 504*
912 D	Röntgenröhren; in der Ausfuhr auch Bestandteile davon .	4	27	21	26	239*	175*
912 E	Magnetzündapparate und sonstige elektrische Zündsysteme sowie Teile davon (ausgenommen Magnete); elektrotechnisches Zubehör für Motorfahrzeuge	161	1 712	2 607	1 858*	20 583*	22 112*
912 F1	Sicherungs- und Signalapparate; Läutewerke; Bestandteile davon	6	139	189	1 163*	10 590*	11 112*
912 F2	Vorrichtungen für Beleuchtung, Kraftübertragung, Elektrolyse; Vorschalte- und Nebenschlußwiderstände; sonst. a. n. g. Vorrichtungen; Bestandteile davon[4]	996	8 147	10 523	25 811*	262 185*	271 069*
912 F3	Vorrichtungen für ärztliche oder zahnärztliche Zwecke; Bestandteile davon (ausgenommen 912 D)	43	596	567	1 442	13 480*	14 850*
912 F4	Galvanische (auch Trocken-) Elemente, elektr. u. galvanische Batterien; Thermoelemente; Bestandteile davon .	13	233	324	8 975*	55 990*	61 429
912 F5	Isolationsrollen, -glocken, -knöpfe, Spulen, Taster, Schalter usw. aus Steingut, Porzellan oder Glas (ausgenommen 733 a)	22	515	192	6	6	6
912 F6	Isolationsgegenstände aus Asbest, Asbestpappe, Glimmer oder Mikanit für die Elektrotechnik (Schutzkasten usw.)	1	9	66	42	548	505*
912 F7	Isolierröhren für elektr. Leitungen aus Papier oder Pappe; Verbindungsstücke dafür[5]	.	.	.	2 878	27 577*	31 187*
—	Elektrotechnische Erzeugnisse, unvollständig angemeldet	—	—	—	2	11	6
	Summe von Tarifunterabschnitt 18B: Menge in dz . .	6 282	58 573	81 986	123 571*	1 361 267*	1 369 174*
	Summe von Tarifunterabschnitt 18B: Wert in 1000 RM	*3 551*	*35 034*	*42 348*	*49 253**	*475 578**	*475 220**
648 a	Vorgepreßte Blöcke, Platten und Stangen aus Kohle für elektrotechnische Zwecke	20	273	320	1 457	11 745	10 651
648 b	Kohlenbürsten, Mikrophonkohlen usw.; Kohlenfäden für elektr. Beleuchtungskörper oder dgl., auch in Verbindung mit Platin	3	45	63	69	782*	732*
648 c	Brennstifte für Bogenlampen	263	867	1 422	516	6 400	6 526
648 d	Elektroden	863	3 872	4 469	20 590	208 789	230 447
733 a	Porzellanisolatoren für Telegraphen- oder Fernsprechleitungen[7]	—	2	180	4 775*	59 754*	70 127*
740 a	Glühlampenkolben	17	222	375	1 311	13 109	15 024
783 c	Bearbeitete Teile von elektrischen Maschinen der Nrn. 907 a/g und von Erzeugnissen der Nrn. 907 h/911 b aus nicht schmiedbarem Gußeisen	63	928	1 845	8	8	8
799 c	dsgl. aus schmiedbarem Eisen	75	1 232	880			
890 a	Isolierter Draht aus unedlen Metallen für die Elektrotechnik	509	3 486	1 994	13 381*	122 905*	115 957*

Lichtmaschinen (74 536 i.V.), 632 502 Dynamos, Elektromotoren usw. (597 763 i. V.), 23 108 Bogen- usw. Lampen (34 038 i. V.), 67,584 Mill Metalldrahtlampen (64,846 i. V.) und 0,816 Mill Kohlefaden- usw. Lampen (0,980 i. V.) dem Ausland zugeführt. Der Überschuß des Exports betrug 1 302 694 dz bzw. 440,544 Mill RM (1 287 188 dz bzw. 432,872 Mill RM i. V.).

[1] Die Ausfuhr von Quecksilberumformern ist in Nr. 912 F 2 enthalten. — [2] Die Ausfuhr umfaßt auch andere Teile von nicht vollständigen elektrischen Maschinen. — [3] Die Ausfuhr umfaßt auch Teile von Bogenlampen außer Brennstiften (648 c). — [4] Die Ausfuhr umfaßt auch Quecksilberumformer aus Nr. 907 b/g und Isolationsgegenstände, auch aus Ambroid, Hartkautschuk usw., der Nr. 912 F 5 außer Isolationsglocken (733 a). — [5] Einfuhr nach Beschaffenheit. — [6] Isolationsglocken unter 733 a, andere Waren, auch aus Ambroid, Hartkautschuk usw., unter 912 F 2. — [7] Die Ausfuhr umfaßt Isolatoren aller Art aus Steingut oder Porzellan. — [8] Für die Ausfuhr gelten die im Unterabschnitt 18 B bei den Maschinen angegebenen stat. Nrn. — [9] Berichtigte Zahl.
* Einschließlich der Reparationssachlieferungen.

Bezugsquellenverzeichnis.

Frage 53: Wer stellt Entlüftungs- und Erdungsschrauben für Kabelmuffen und Endverschlüsse nach DIN VDE 7675 her?

Frage 54: Wer stellt Xylotith-Platten von 8 bzw. 20 mm Stärke her?

Berichtigung.

In dem Aufsatz „Messung veränderlichen Stromwerten mittels Glimmlampen", ETZ 1930, ist auf S. 1488 die Abb. 9 um 180° zu drehen.

Abschluß des Heftes: 29. November 1930.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 18 200 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

AEG-Synchron-Netzanschlußuhren.

Mitteilung der AEG.

Das von der AEG vor einiger Zeit in Deutschland eingeführte System der elektrischen Netzanschlußuhren mit Synchronmotor hat bereits eine große Verbreitung erfahren. Eine Reihe von städtischen Werken größten Umfanges und Großkraftwerke mit ausgedehnten Versorgungsgebieten haben Vorsorge getroffen, daß durch ständige Überwachung und Nachreglung im Netz zeitgenaue Frequenz vorhanden ist; schon etwa 150 Städte in Deutschland mit Einwohnerzahlen über 10 000 haben Netze, in denen richtiger Gang der Synchronuhr gewährleistet ist.

Die zur Überwachung und Reglung der Frequenz erforderlichen Perioden-Kontrolluhren werden als Standuhren oder als Wanduhren hergestellt. Zum Einbau in Schalttafeln wurde die in Abb. 1 dargestellte Perioden-Kontrolluhr entwickelt, deren Vergleichsuhrwerk als Nebenuhr ausgebildet ist.

Um die Übereinstimmung zwischen natürlicher Zeit und Frequenzzeit recht genau überwachen und einhalten zu können, wurde auf Wunsch der Bewag für das Großkraftwerk Klingenberg eine Sonderausführung der Perioden-Kontrolluhr geschaffen, die selbst kleinste Abweichungen sehr stark kenntlich macht. Die Uhr enthält eine Kettenhauptuhr, eine Synchronuhr und außer deren Zifferblättern ein drittes Zifferblatt, auf dem der Unterschied der Zeitangaben der beiden Uhren angezeigt wird.

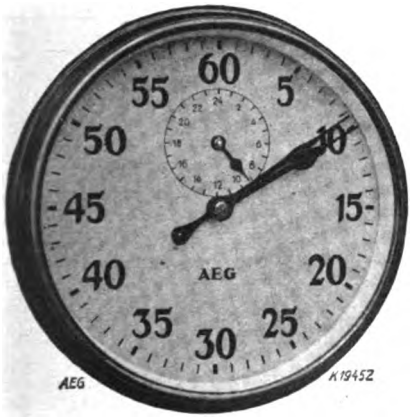


Abb. 1. Perioden-Kontrolluhr als Nebenuhr für Schalttafeleinbau.

Synchronuhr und Kettenhauptuhr treiben über ein Übersetzungsgetriebe zwei Sonnenräder an, die den Zeiger des dritten Zifferblattes über ein Planetenrad vorwärts oder rückwärts drehen, sofern die Synchronuhr voreilt oder nacheilt. Das Zifferblatt ist nach rechts- und links von 0 bis 60 eingeteilt. Einer vollen Umdrehung des Zeigers entspricht eine Abweichung von ± 1 min. Das kleine Zifferblatt registriert Abweichungen bis zu ± 30 min. Die Gangunterschiede können an dem dritten Zifferblatt auf Bruchteile von Sekunden genau abgelesen werden. Mit Hilfe dieser Uhr kann daher die Netzzeit auf denkbar höchster Genauigkeit gehalten werden.

Die AEG-Synchronuhren selbst werden neuerdings mit Isolierstoffgehäusen in Formen hergestellt, die dem zeitgemäßen Geschmack Rechnung tragen. Als Material wird das bewährte Tenacit Type S der AEG verwendet und zwar einfarbig in den beliebtesten Modefarben. Die hochglänzenden glatten Oberflächen verleihen den Uhren ein gutes Aussehen und sind von unbegrenzter Dauerhaftigkeit. Die Wanduhren (Abb. 2) in viereckiger Form haben kein Glas. Die Fallklappe kann daher nach Störungen ohne weiteres zurückgeschoben werden, wie auch die Zeiger verstellt werden können. Die Tischuhren (Abb. 3) haben feste Gläser, die Verstellung der Zeiger und das Zurückdrehen der Signalscheibe werden durch Drehknöpfe bewirkt, die, ohne an der aufgestellten Uhr sichtbar zu sein, am Boden derselben angebracht sind.

Der praktische Betrieb der Synchronuhren in den geregelten Netzen hat ergeben, daß ihre Genauigkeit der von Präzisionsuhren vielfach höheren Preises nicht nachsteht.

Bemerkt sei noch, daß die Synchronuhren auch deshalb besonders verläßliche Zeitanzeiger sind, weil sie im Gegensatz zu allen gewöhnlichen Uhren Stillstand oder geringen Falschgang selbsttätig durch das Fallen einer Signalscheibe anzeigen.

Die Synchronuhr der AEG wird neuerdings auch zur Fernreglung von Turmuhren benutzt. In der an bequem zugängiger Stelle angeordneten Synchronsteueruhr wird der Gang der Turmuhr in bestimmten Zeitabständen nach Maßgabe der Netzzeit richtiggestellt.

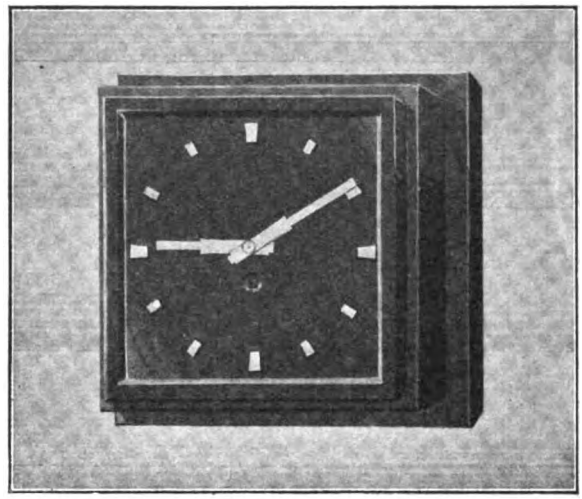


Abb. 2. AEG-Synchron-Wanduhr.

Dem in der Synchronuhr verwendeten Synchronmotor haben sich auch im Apparatebau vielseitige Anwendungen erschlossen. Er wird hier als Konstruktionselement für Meßgeräte, für Relais, für Hilfseinrichtungen von Maschinen und ähnliches benutzt, in denen gleichbleibende Drehzahlen, Zeitsteuerung und dergleichen gefordert werden. Die große Durchzugkraft, die geringen Abmessungen und der Wegfall jeglicher Wartung machen ihn für diese Zwecke sehr geeignet. Das ohne Schlupf an der Stundenachse erzielbare Drehmoment beträgt etwa 750 gcm. Auf Wunsch kann der Motor auch mit herausgeführter Minutenachse geliefert werden. Der Platzbedarf des Synchronmotors ist gering. Die Einbaumaße sind nur $9 \times 12{,}5 \times 5$ cm³.

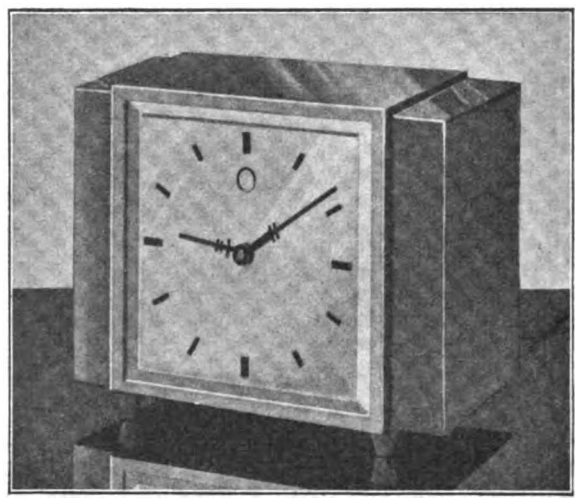


Abb. 3. AEG-Synchron-Tischuhr.

Digitized by Google

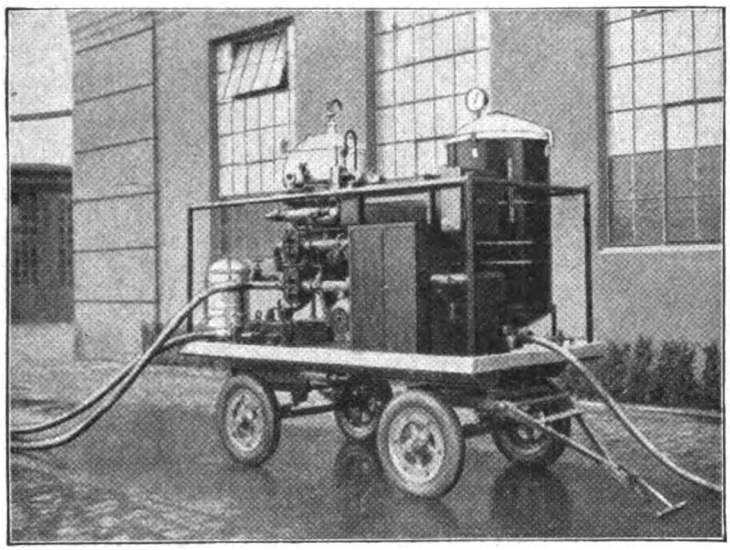
WESTFALIA

REINIGUNGS- und
TROCKNUNGS-ANLAGEN

für

Isolier-Oele

mit Evakuierung



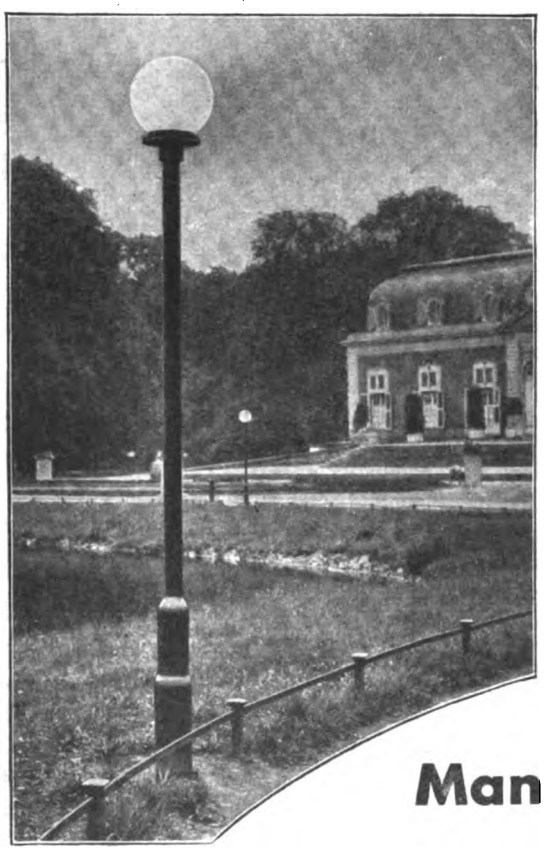
Unerreichte Durchschlagsfestigkeit
fahrbar, tragbar und stationär für jede
Leistung und Spannung

Westfalia-Oelreiniger

haben sich in der Praxis
glänzend bewährt

Technische Beratung und Kostenanschläge von

RAMESOHL & SCHMIDT A.G. OELDE-WESTF.



Lichtmaste
Straßenbahnmaste
Leitungsmaste

aus

nahtlosem Mannesmann-Stahlrohr

auf Wunsch aus gekupfertem Flußstahl

Mannesmannröhren-Werke
Düsseldorf

Stehkandelaber im Schloßpark Benrath

Digitized by Google

Engineering Library

E T Z

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

INHALT

Über elektrische Gasreinigung. Von H. Edler. 1705

Schnelle Bestimmung von Abschaltleistung und Dauerkurzschlußstrom. Von W. zur Megede. 1708

Die Dehnungsarbeit an Seilen. Von J. Gröbl (Schluß). 1713

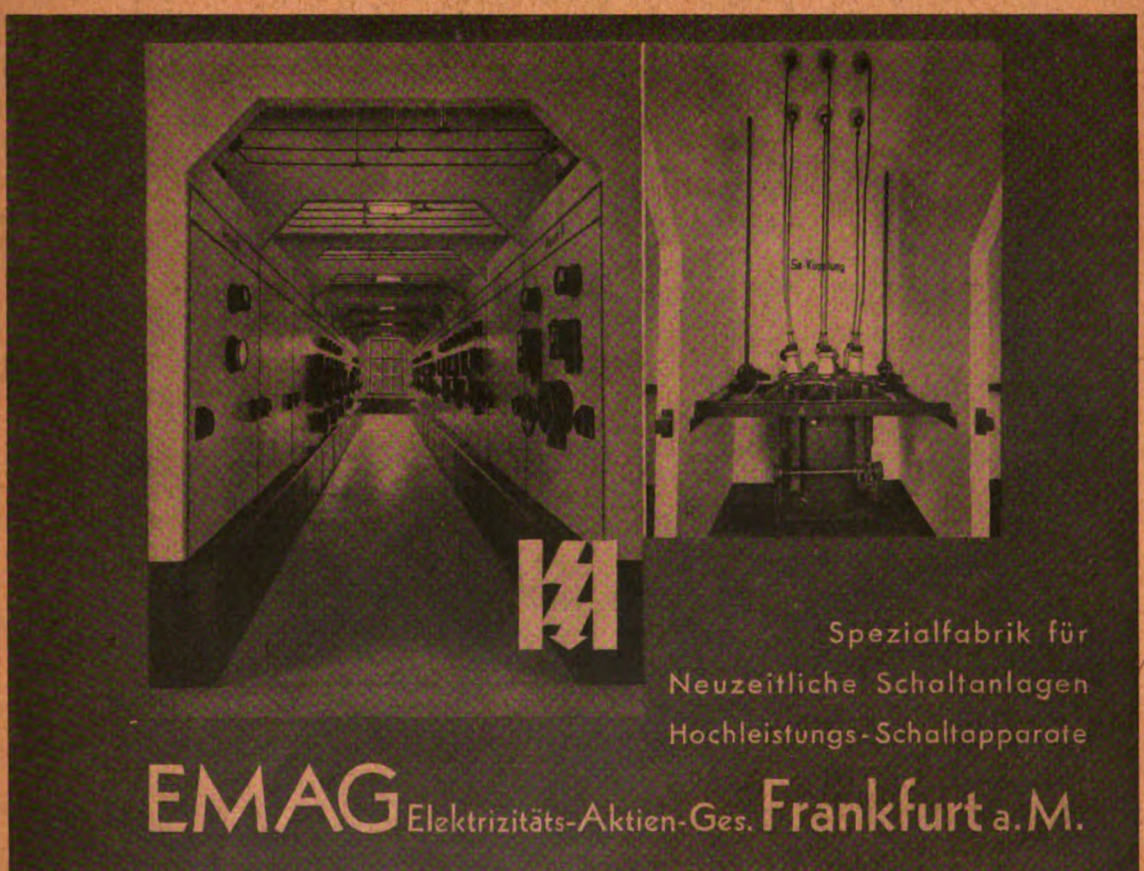
Die elektrische Spannungsregelung mittels Kohledruck-Widerständen. Von H. Grob. 1717

Die Energiewirtschaft der Welt in Zahlen. Von C. Albrecht. 1720

Rundschau

Lenkbare Automobilscheinwerfer. 1716
Gleislose el. Bahn in England. 1722
Die Bedeut. d. Bleimantels b. Hochspannungs-Kabeldurchschlag. 1723
Die Wirkungsgrade d. Tauchpumpen. 1723
Auswahl d. Transformatorenschaltung in Kraftübertragungsnetzen. 1724
Verhalt. v. Stromwandlern b. Belastungstößen. 1724
Beleucht. im Nachtflughafen Denver. 1725
Eine 50 000 W-Glühlampe. 1725
El. Blank- u. Schwarzglühanlage. 1725
Löschdrossel mit Gleichstrom-Vormagnetisierung. 1726
El. geschweißte Druckrohrleitung. 1727
Neue Normbl. d. DNA. 1727
Ein einf. Kabeltransportwagen. 1727
Energiewirtschaft. 1728

Vereinsnachrichten. 1729 **Bekanntmachung des VDE.** 1730
Sitzungskalender. 1730
Persönliches: H. v. Glinski, F. Springer. 1731
Briefe a. d. Schriftleit.: Fabinger / H. Jehle. 1731
Literatur. C. L. Weber, A. E. Thiemann. 1731
Geschäftliche Mitteilungen. 1732
Bezugsquellenverzeichnis. 1732



Des Weihnachtsfestes wegen muß der Anzeigenteil des Heftes 52 schon am 20. Dezember, vorm. 8 Uhr, abgeschlossen werden

50. HEFT · 51. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9
(1705—1732) 11. DEZEMBER 1930

Digitized by Google

Wir bauen
selbsttätige Gleichrichter-Ladeanlagen
für alle vorkommenden Stromstärken

Kraftwagensammler-Ladestelle Postamt 2 Köln
Teilansicht der aus 39 Glasgleichrichtern bestehenden Ladeanlage für zus. **2080** A

Vorteile der Glasgleichrichter

Geräuschloser Betrieb
Geringes Gewicht
Geringer Raumbedarf
Guter Wirkungsgrad
Äußerst einfache Inbetriebsetzung
Fester Einbau der Glaskolben, daher keine mechanischen Beanspruchungen beim Zünden
Keine Wartung während des Betriebes
Selbsttätige Fortsetzung der Ladung nach Wiederkehr der evtl. ausgebliebenen Netzspannung
Selbsttätige Abschaltung nach beendeter Ladung

Fordern Sie ein Angebot ein

B 50

SIEMENS-SCHUCKERT

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

51. Jahrgang **Berlin, 11. Dezember 1930** **Heft 50**

Über elektrische Gasreinigung.

Von **Hans Edler**, München.

Übersicht. **Es wird angegeben, welchen Einfluß auf den Betrieb der elektrischen Gasreinigungsapparatur die kleinere Beweglichkeit (im elektrischen Feld) der Schwebeteilchen mit sehr kleinem Radius hat. Es wird gezeigt, daß die durch die kleinere Beweglichkeit hervorgerufene Raumladung den Sprühstrom stark herabsetzt und die Sprühentladung insbesondere nicht mehr stabil ist. Beides bewirkt eine starke Herabsetzung der Reinigungswirkung. Die Möglichkeit der Abhilfe dieses Übelstandes wird besprochen.**

Die elektrische Gasreinigung hat besonders in den letzten 10 Jahren eine große Bedeutung erlangt und vielseitige Anwendung gefunden. Über die rein technischen, eigentlich mehr bautechnischen Probleme existiert eine umfangreiche Literatur[1]. Erst in den letzten Jahren ist man auch von physikalischer Seite an das Problem der elektrischen Gasreinigung herangetreten, als mit immer größer werdender Verbreitung der elektrischen Gasreinigung die Aufdeckung der Ursachen der scheinbaren „Launenhaftigkeit" der Anlagen ein immer dringenderes Bedürfnis wurde.

Die Gasreinigung bezweckt ganz allgemein, die in einem Gas befindlichen Schwebeteilchen (z. B. Kohlenstaub, Metalloxydstaub, kleine Flüssigkeitströpfchen usw.) aus dem Gas zu entfernen, teils um den Staub selbst zu gewinnen, teils um das Gas zu reinigen (z. B. wenn man es weiter verwenden will). Natürlich werden die Schwebeteilchen außer ihrer stofflichen Verschiedenheit die mannigfaltigsten Unterschiede in ihrer Größe und Gestalt haben. Und diese Unterschiede, hauptsächlich in der Größe der Teilchen, sind es — wenn wir von hohen Temperaturen absehen (über rd. 300 °), wo auch andere Faktoren eine Rolle spielen —, die hauptsächlich die Schwierigkeiten bei der elektrischen Gasreinigung verursachen.

Bekanntlich beruht die Wirkung der elektrischen Gasreinigung darauf, daß man die Schwebeteilchen elektrisch auflädet, indem man sie in einen Ionenstrom einer Sprühentladung bringt, und die so geladenen Teilchen durch ein elektrisches Feld an eine Wand (Niederschlagselektrode) führt, wo sie infolge der Adhäsionskräfte mehr oder weniger fest haften bleiben. In der Praxis wird das meistens so gemacht[2], daß man die Gase durch Röhren (meistens 30 cm Dmr.) streichen läßt, in deren Achsen ein dünner Draht (1 mm Dmr.) ausgespannt ist. Der Draht ist gegen das Rohr isoliert und erhält ein so hohes Potential gegen das Rohr, daß am Draht eine Glimmentladung — „Sprühentladung" — einsetzt, die die zur Aufladung notwendigen Elektronen bzw. Ionen (der Draht erhält meist negatives Potential) erzeugt. Die aufgeladenen Staubteilchen werden durch das elektrische Feld zwischen Draht und Rohr zum Rohr geführt. Außer der Kraft infolge der Ladung wirken auch noch andere Kräfte auf das Teilchen. Diese sind ausführlich in der zusammenfassenden Arbeit von Seeliger[3] behandelt worden.

Es ergibt sich, daß praktisch nur der oben angegebene Mechanismus bei der Entfernung der Teilchen aus dem Gas eine Rolle spielt. Worin ist nun der große Einfluß der Teilchengröße hierbei zu suchen?

Es ist in den letzten Jahren eine Reihe von Arbeiten erschienen, die sich mit der Größe der Aufladung der einzelnen Schwebeteilchen in Abhängigkeit von ihrer Größe befassen. Der Erste, der auf die verschiedene Beladbarkeit der Teilchen als Funktion ihrer Größe hingewiesen und die grundlegenden Tatsachen des Mechanismus angegeben hat, war H. Rohmann[4], der auch eine sehr originelle Methode zur Messung von Teilchengrößen angegeben hat. Spätere Arbeiten befassen sich ebenfalls mit dem Problem mit Berücksichtigung der Aufladung der Teilchen durch die Wärmebewegung der Gasionen[5]. Aus diesen Untersuchungen geht nun hervor, daß die Ladung, die ein Teilchen unter sonst gleichen Verhältnissen aufnehmen kann, um so kleiner wird, je kleiner das Teilchen ist. Wenn wir hier von dem Einfluß der Wärmebewegung der Gasionen auf die Beladung absehen wollen[6], da es uns hier auf das Prinzipielle ankommt, so ergibt sich für die maximale Ladung, die ein Teilchen in einem Ionenstrom unter Einfluß des Feldes E_0 erhalten kann[7],

$$q_{max} = E_0 \, k \, a^2.$$

q_{max} maximale Ladung,
k Faktor, der die dielektrische Konstante des Teilchens berücksichtigt,
a Radius des als kugelförmig angenommenen Teilchens.

Daraus folgt für die Beweglichkeit des Teilchens (die Geschwindigkeit, die das im Felde E_0 aufgeladene Teilchen im Felde 1 erhalten würde),

$$\alpha = \frac{E_0 \, a}{\eta} \, \frac{k}{6\pi}$$

(η Reibungskoeffizient des umgebenden Gases).

Die Beweglichkeit nimmt also mit kleiner werdender Teilchengröße ab. Da praktisch Radien von 10^{-2} ... 10^{-6} cm vorkommen, kann der Unterschied in der Beweglichkeit beträchtlich sein. Z. B. gibt R. Ladenburg[8] folgende Werte an: für Teilchen vom Radius $a = 10^{-3}$ cm eine Beweglichkeit

$$\alpha \approx 2 \cdot 10^{-2} \, \frac{\text{cm/s}}{\text{V/cm}}$$

und für $a = 10^{-5}$ cm

$$\alpha \approx 0{,}09 \cdot 10^{-2} \, \frac{\text{cm/s}}{\text{V/cm}}.$$

Ich möchte nun nachstehend, mehrfacher Anregung folgend, die Konsequenzen erörtern, die sich hieraus für den praktischen Betrieb der elektrischen Gasreinigung ergeben.

Wie man aus der Praxis weiß, können die Staubteilchen in den zu entstaubenden Gasen in ihrer Größe sehr verschieden sein. Auch während des Betriebes, besonders bei Metallhütten und Hochöfen, unterliegen die Teilchengrößen großen Schwankungen, d. h. es kann während einer

---

[1] Hauptsächlich in den Zeitschriften für Hüttenkunde, z. B. „Stahl und Eisen". Vgl. a. die Literaturzusammenstellung in dem Aufsatz von Seeliger, Z. techn. Phys. Bd. 7, S. 49 (1926). S. a. Heinrich, ETZ 1930, S. 971.

[2] Es gibt zahlreiche Ausführungsformen; da es nur auf das Prinzip ankommt, erwähne ich nur die obige, am meisten benutzte Form. Vgl. Arbeit Seeliger (Fußnote 1).

[3] Siehe Fußnote 1.

[4] H. Rohmann, Z. Phys. Bd. 17, S. 253 (1923).

[5] W. Deutsch, Ann. Phys. Bd. 68, S. 335 (1922); Z. techn. Phys. Bd. 6, S. 423 (1925); Handb. d. phys. u. techn. Mech. Bd. 6, S. 438 (1928).

[6] Über die Abgrenzung der Einflüsse der Wärmebewegung s. Arbeit von R. Ladenburg, Ann. Phys. Bd. 4, S. 863 (1930).

[7] Ableitung dieser Beziehungen s. Arbeit von H. Rohmann (Fußnote 4).

[8] R. Ladenburg, wie Fußnote 6, S. 892, Tab. 2.

Digitized by Google

Betriebsperiode der Staub sehr fein, dann aber auch wieder gröber sein. Da nun das kleine Teilchen auch, wie oben gezeigt, eine kleinere Beweglichkeit hat, könnte man annehmen, daß das bei kleineren Teilchen eintretende schlechtere Funktionieren der Gasreinigungsapparatur darauf zurückzuführen ist, daß jetzt die Teilchen eine viel größere Zeit brauchen, um bis zur Niederschlagselektrode (Rohrwandung) zu gelangen (der maximal zurückzulegende Weg ist der von der Sprühdrahtoberfläche zur Rohrwandung) und daß infolgedessen das Teilchen durch den Gasstrom schon aus der Niederschlagsapparatur herausgeführt wurde, ehe es seinen Weg beendet hatte, d. h. daß es nicht mehr zur Abscheidung gelangt. Nun sind aber meistens die Apparaturen so gebaut (d. h. die Länge der Abscheidungsapparatur [hier das Rohr] so groß und die Gasgeschwindigkeit so klein), daß die Verweilzeit des Teilchens in der Apparatur so groß ist, daß auch die Teilchen mit der kleinsten praktisch vorkommenden Geschwindigkeit noch an die Niederschlagselektrode kommen können. Jedenfalls kann die durch die kleinere Beweglichkeit bedingte größere Abscheidungszeit unmöglich der alleinige Grund für das manchmal fast vollständige Versagen einer elektrischen Gasreinigungsapparatur sein.

Die viel schwerer wiegenden Folgen der kleinen Beweglichkeit der kleineren Teilchen beruhen nun darin, daß sie eine Umbildung des elektrischen Feldes zwischen Sprühdraht und Niederschlagsrohr bewirken und damit den Vorgang der Ionenerzeugung (der sog. Sprühentladung) maßgebend beeinflussen.

Das elektrische Feld zwischen einem Rohr und einem in ihm koaxial ausgespannten Draht ist ja bekanntlich außer durch die geometrischen Abmessungen durch die im Raum verteilten Ladungen bestimmt, d. h. hier durch die Zahl der in der Zeiteinheit von dem Sprühdraht losgehenden Ionen und ihrer Beweglichkeit. Dieses Problem ist eingehend behandelt in der sehr lehrreichen Arbeit von O. Mayr[9]. Ich kann mich daher hier auf die uns interessierenden Resultate beschränken. Aus der Berechnung geht hervor (s. S. 273 der genannten Arbeit), daß

$$i_0 = \alpha K,$$

i_0 Strom in A/cm Drahtlänge,

α Beweglichkeit in $\frac{\text{cm/s}}{\text{V/cm}}$,

bei gleichen äußeren Verhältnissen (also gleicher angelegter Spannung und gleichen Abmessungen der Apparatur) ist, d. h. der Sprühstrom nimmt bei sonst gleichen Verhältnissen mit der Beweglichkeit ab. Die Größe der Konstante K ist bestimmt durch die angelegte Spannung U und die geometrischen Abmessungen der Entladungsstrecke. In unserem Fall der elektrischen Gasreinigung laden die Ionen die Staubteilchen und wandern mit diesen zur Rohrwandung (Anode). Sind nun genügend Staubteilchen im Gas vorhanden, so wird der größte Teil des Stromes durch die geladenen Staubteilchen gestellt und die Größe des Stromes ist abhängig von der oben definierten Beweglichkeit der Staubteilchen. Würde also der Radius der Staubteilchen im Mittel von 10^{-3} cm auf 10^{-5} cm heruntergehen, so würde der Sprühstrom auf rd. $^1/_{100}$ seines ersten Wertes sinken[10]. Anschaulich läßt sich das auch leicht einsehen. Die kleinen Teilchen können sich infolge ihrer kleineren Beweglichkeit nur langsam bewegen, sie bilden daher um den Draht eine Wolke gleichsinnig geladener Teilchen. Sie schirmen sozusagen das Feld gegen den Draht ab, setzen es an der Umgebung des Drahtes herab und verkleinern damit die Ionenerzeugung in der Umgebung des Drahtes, die ja stark mit Schwächung des Feldes abnimmt. Mit dem Sinken des Stromes sinkt natürlich die Wirkung der Reinigungsapparatur, da ein großer Teil des Staubes ungeladen durch die Apparatur geht. Es werden dann einfach nicht mehr genug Elementarladungen erzeugt, daß jedes Staubteilchen während der Verweilzeit in der Reinigungsapparatur geladen werden könnte. Man kann sich davon leicht an Hand einer Überschlagsrechnung überzeugen: Der Sprühstrom beträgt bei einer normalen elektrischen Gasreinigungsapparatur ungefähr 10^{-5} A auf 1 cm Drahtlänge, das entspricht einer Erzeugung von $0{,}6 \cdot 10^{14}$ Elementarladungen in 1 s und auf 1 cm Drahtlänge. Nehmen wir an, daß sich in 1 m³ Gas bei bestimmtem Druck und bestimmter Temperatur in der Gasreinigungsapparatur 10 cm³ Staub befinden (das entspricht einem Gas von mittlerem Staubgehalt), so entspricht das, falls das einzelne Staubteilchen einen Radius $r_1 = 10^{-3}$ cm hat, einer Teilchenzahl von $U_1 = 2 \cdot 10^9$ je m³ und falls es einen Radius $r_2 = 10^{-6}$ cm hat einer Teilchenzahl $U_2 = 2 \cdot 10^{15}$ je m³. Ist der Rohrdurchmesser der Niederschlagselektrode 30 cm, so müßte (wenn wir hier die sicher nicht zutreffende Annahme machen, daß jede Elementarladung zur Aufladung des Staubes dient, was aber, da wir nur vergleichende Betrachtungen anstellen, hier nichts ausmacht) eine Gasmenge, die einen Staub mit Teilchenradius $r_1 = 10^{-3}$ cm hat, $3 \cdot 10^{-5}$ s, und solche, die einen Staub mit Teichenradius $r_2 = 10^{-6}$ cm hat, 30 s in der Apparatur verweilen, damit jedes Teilchen eine Elementarladung erhält (bei Sprühstrom 10^{-5} A/cm Drahtlänge). Nun nimmt aber ein Teilchen mit Radius 10^{-3} cm sehr viel mehr Ladungen auf als ein solches mit $r = 10^{-6}$ cm, ebenso wird der Sprühstrom bei einem Radius von $r = 10^{-6}$ cm durch die oben besprochene Raumladungswirkung erheblich herabgesetzt. Wir wollen annehmen, daß die Teilchen mit $r = 10^{-3}$ cm 1000 Elementarladungen im Mittel aufnehmen (sicher sehr hoch gegriffen), und daß bei den Teilchen mit $r_2 = 10^{-6}$ cm der Sprühstrom auf $^1/_{10}$ seines Wertes sinkt; das ist sehr günstig angenommen, ein Sinken des Sprühstroms auf $^1/_{100}$ seines Wertes kann man in der Praxis öfters beobachten. Mit diesen den tatsächlichen Verhältnissen angepaßten Daten ergibt sich also für Staub mit Teilchenradius $r_1 = 10^{-3}$ cm eine Verweilzeit von $3 \cdot 10^{-5}$ s und für Staub mit Teilchenradius $r_2 = 10^{-6}$ cm eine Verweilzeit von 300 s, d. h. also, eine Apparatur, die bei einer Teilchengröße von $r = 10^{-3}$ cm noch sehr bequem ausreicht, braucht für dieselbe Staubmenge durchaus nicht mehr hinreichend zu sein, wenn die Staubteilchen kleiner werden ($r_2 = 10^{-6}$ cm). Man sieht ferner noch, wie ungeheuer die Unterschiede sind, die unter Umständen bei der Bemessung der Apparatur zu machen sind. In der Praxis sind Unterschiede in der Staubgröße von $r = 10^{-3} \ldots 10^{-6}$ cm nichts Außergewöhnliches, selbst bei ein und derselben Staub- und Gasart. Die Staubgröße hängt unter Umständen stark davon ab, wie im Augenblick der Arbeitsprozeß, der den Staub erzeugt (besonders Metallhütten), geführt wird. In unserem Beispiel würde bei $r_2 = 10^{-6}$ cm die Verweilzeit schon 300 s betragen. Das würde bei einer Gasgeschwindigkeit von nur 1 m/s (in der Praxis werden Gasgeschwindigkeiten von 0,5 ... 5, ja sogar bis 10 m/s verwandt) eine Weglänge des Gases von 300 m innerhalb der elektrischen Gasreinigungsapparatur bedingen, d. h. es wären riesenhafte Apparaturen notwendig. Nun sind die Zahlen natürlich nicht absolut zu bewerten, denn einmal werden nicht alle erzeugten Elementarladungen zur Aufladung dienen, zum anderen wird niemals ein Gas nur Staub einer Größe enthalten, sondern stets ein Gemisch von Teilchen verschiedenster Größe, deren Mittelwert obige Zahlen bedeuten sollen.

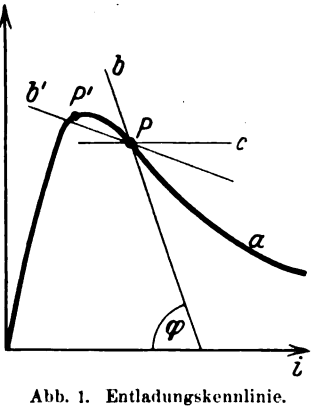


Abb. 1. Entladungskennlinie.

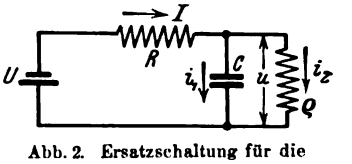


Abb. 2. Ersatzschaltung für die Entladung.

Bei den vorstehenden Ausführungen haben wir eine weitere sehr unangenehme Folge, die die Herabsetzung des Stromes durch die Staubteilchen mit sehr kleinem Radius mit sich bringt, noch nicht berücksichtigt. Es ist beim praktischen Betrieb einer elektrischen Gasreinigungsapparatur unbedingt notwendig, daß die Sprühentladung eine gewisse Stabilität hat gegen zufällige Veränderungen in der Entladestrecke, wie z. B. durch Herabfallen von zusammengeballtem Staub von der Rohrwandung o. dgl., d. h. es darf nicht gleich bei der geringsten Störung die Sprühentladung in eine Funkenentladung übergehen, da dies natürlich die Reinigungswirkung sehr beeinträchtigen, wenn nicht ganz unterbinden würde.

Stellen in Abb. 1 die Kurve a die Charakteristik der Entladung und b und b' zwei Charakteristiken der Stromquelle dar [u bedeutet die Spannung an der Entladestrecke (Gasreinigungsapparatur), die Geraden b wären also Charakteristiken einer Stromquelle mit konstanter Spannung U, mit der ein Widerstand R in Serie geschaltet ist, $u = U - iR$,

[9] O. Mayr, Arch. El. Bd. 18, S. 270 (1927).

[10] Genau läßt sich das natürlich nicht angeben, da der Staub nicht gleichmäßig in der Apparatur verteilt ist und auch nicht alle erzeugten Ionen auf Teilchen treffen werden. Durch ein einfaches Laboratoriumsexperiment kann man sich leicht von der Wirkung der erhöhten Raumladung infolge des Staubes überzeugen. Mißt man den Entladestrom einer glimmenden Spitze gegen eine Platte und bläst Zigarettenrauch in die Entladestrecke, so wird der Sprühstrom sofort kleiner

Digitized by Google

$\operatorname{tg}\varphi = R$], so haben wir im Punkte P Stabilität der Entladung, wenn der Wert $\left|\frac{\mathrm{d}u}{\mathrm{d}i}\right|$ der Stromquelle größer ist als $\left|\frac{\mathrm{d}u}{\mathrm{d}i}\right|$ der Entladung. Für die Charakteristik b der Stromquelle wäre im Punkt P also die Entladung stabil, für b' instabil.

Da nun die elektrische Gasreinigungsapparatur eine relativ große Kapazität besitzt (die Kapazität einer mittelgroßen Anlage beträgt mehrere tausend Zentimeter), haben wir den in Abb. 2 dargestellten Schaltplan; darin bedeuten

U die Spannungsquelle (konstante Gleichspannung U),

R den Vorschaltwiderstand, der im praktischen Betrieb durch den mechanischen Funkengleichrichter gegeben ist und hier als konstant angenommen werden soll,

C die Kapazität der Apparatur und

ϱ den scheinbaren Widerstand der Entladestrecke, der natürlich gemäß der Charakteristik der Entladung (a, Abb. 1) mit Strom und Spannung veränderlich ist.

Sind I der Gesamtstrom, i_1 der Kapazitätstrom und i_2 der Strom der Entladung, so erhält man unter Benutzung der Beziehungen

$$I = i_1 + i_2,$$

$$i_2\varrho = \frac{1}{C}\int i_1\,\mathrm{d}t,$$

$$U - IR = i_2\varrho,$$

$$U = \text{konst.}$$

die Differentialgleichung des Kreises:

$$-R\frac{\mathrm{d}I}{\mathrm{d}t} = \frac{1}{C}\left(I - \frac{U - IR}{\varrho}\right).$$

Nehme ich nun an, daß sich der Widerstand ϱ der Entladestrecke plötzlich um den Betrag $\Delta\varrho$ verkleinert, so erhalte ich für den Übergang aus dem Zustand mit dem Widerstand ϱ in den mit dem Widerstand $\varrho - \Delta\varrho$ für I aus der Differentialgleichung folgende Gleichung:

$$I = \frac{U}{R + (\varrho - \Delta\varrho)} + U\left(\frac{1}{R+\varrho} - \frac{1}{R + (\varrho - \Delta\varrho)}\right) e^{-\left[\frac{1}{C(\varrho - \Delta\varrho)} + \frac{1}{CR}\right]t} \quad (1)$$

Zur Zeit $t = 0$ ist $I = \frac{U}{R+\varrho}$ und geht allmählich mit wachsender Zeit über in $I = \frac{U}{R + (\varrho - \Delta\varrho)}$.

Wie schnell der Übergang von dem ersten in den zweiten Zustand erfolgt, hängt von der Größe der Zeitkonstante der e-Funktion ab. Je größer $C\varrho$ oder je größer ϱ bei konstantem C ist, um so langsamer wird der Übergang erfolgen. Da nun die Spannung u an der Entladestrecke (Gasreinigungsapparatur) gegeben ist durch $u = U - IR$, heißt das: Je nach der Größe von ϱ (bei gegebener Kapazität C) wird bei einer plötzlichen Widerstandsverminderung $\Delta\varrho$ in der Entladestrecke (Herabfallen eines Staubklümpchens o. dgl.) die Spannung an der Apparatur mehr oder minder schnell abfallen. Ist ϱ sehr klein, wird sich die Spannung u bei einer Widerstandsveränderung $\Delta\varrho$ in der Apparatur praktisch zeitlos auf den Endwert einstellen, d. h. die Charakteristik der Stromquelle würde sich auch für schnellste Veränderungen so verhalten, als ob sie nur aus der konstanten Spannungsquelle U mit in Serie geschaltetem Widerstand R bestände (Gerade b in Abb. 1). Dieses ist der Fall, wenn die Gase in der elektrischen Gasreinigungsapparatur relativ grobkörnigen Staub enthalten; dann ist der Sprühstrom groß, also ϱ klein. Hierfür würde also die Charakteristik der Stromquelle der Geraden b in Abb. 1 entsprechen, d. h. die Entladung wäre im Punkt P stabil.

Ist ϱ groß, ändert sich die Spannung u bei einer Widerstandsveränderung $\Delta\varrho$ in der Apparatur nur sehr langsam, für kleine Zeiten praktisch überhaupt nicht. Für schnell sich vollziehende Veränderungen in der Entladestrecke wäre also in der Abb. 1 als Charakteristik der Stromquelle eine Parallele zur Abszissenachse durch den Punkt P zu ziehen. Das trifft nur zu, wenn die zu entstaubenden Gase vielen sehr feinen Staub enthalten. Dann sinkt, wie wir oben sahen, infolge der Raumladung der Sprühstrom stark ab, d. h. ϱ wird groß. Die Charakteristik ist dann eine Parallele zur Abszissenachse, d. h. aber, die Entladung würde im Punkte P nicht mehr stabil sein, sie würde bei nur kleiner Störung in der Entladestrecke in eine Funkenentladung übergehen.

Zusammenfassend kann man also über die Wirkung kleiner Korngrößen (hierzu gehören z. B. Zigarren- und Zigarettenstaub, Staub aus den Abgasen von Metallhütten) des niederzuschlagenden Staubes bei der elektrischen Gasreinigung sagen: Der Sprühstrom wird herabgesetzt infolge Raumladungserscheinungen, damit wird auch die Reinigungswirkung der Apparatur stark beeinträchtigt; ferner wird durch die Stromherabsetzung infolge Raumladung das Verhältnis des scheinbaren Widerstandes der Apparatur zu ihrer Kapazität so geändert, daß die Sprühentladung sofort in eine Funkenentladung umschlägt. Konnte man vorher die Spannung so einregeln, daß man auf dem Punkt P der Charakteristik (s. Abb. 1) arbeitete, so muß man jetzt mit der Spannung so weit zurückgehen, bis man auf Punkte der (natürlich durch die Raumladung auch veränderten) Entladungscharakteristik a kommt, wo $\frac{\mathrm{d}u}{\mathrm{d}i} > 0$ ist, d. h. praktisch, man kann die Spannung nicht mehr bis so dicht unterhalb der Funkenentladung steigern wie vorher. Dadurch wird natürlich der Sprühstrom und damit die Wirkung der Apparatur noch mehr herabgesetzt.

Für all dieses gibt die Praxis eine gute Bestätigung. Besonders bei elektrischen Gasreinigungsapparaturen zur Entstaubung von Hochofengasen und Abgasen aus Metallhütten, wo die Größe der Staubkörner sehr stark von dem jeweiligen Verhüttungsgang abhängig und damit auch sehr starken Schwankungen unterworfen ist, kann man oft beobachten (besonders wenn die Apparatur nicht sehr reichlich bemessen ist), daß bei einer gut arbeitenden Apparatur plötzlich der Sprühstrom fast auf Null sinkt, dauernd Funkenentladungen in der Apparatur erfolgen, so daß die Spannung an der Apparatur stark erniedrigt werden muß und die Reinigungswirkung fast vollständig aufhört. Es ist hierbei angenommen, daß die Temperatur der zu entstaubenden Gase ungefähr die gleiche bleibt, da hohe Temperaturen weitere Komplikationen bringen, auf die hier aber nicht eingegangen werden soll.

Die Mittel, die man zur Abhilfe dieser Übelstände von elektrischer Seite anwenden kann, sind vorläufig noch sehr gering, da sich die Anwendung von Raumladungsgittern (ähnlich wie bei den Elektronenröhren) und ähnliche Hilfsmittel aus bau- und isolationstechnischen Gründen verbietet. Ebenso kann der mechanischen Festigkeit halber der Krümmungsradius der Sprühdrähte nicht unter ein bestimmtes Maß herabgesetzt werden. Gänzlich wirkungslos ist natürlich, wie man aus der Gl. (1) ersieht, der öfter gemachte Vorschlag, zur Erhöhung der Stabilität den Vorschaltwiderstand (R) zu vergrößern. Dahingegen kann mitunter mit gutem Erfolg ein zur Apparatur parallel geschalteter Widerstand (Vergrößerung von ϱ) verwandt werden. Doch ist die Anwendbarkeit auch nur bedingt, da besonders bei größeren Anlagen unter Umständen der durch den parallel geschalteten Widerstand fließende Ableitestrom zu groß sein muß, wenn eine Wirkung erreicht werden soll. Man geht deshalb in der Praxis meist so vor, daß man durch Einspritzen von Wasser in die aus dem Ofen kommenden heißen Gase und darauf folgende Abkühlung einen Kondensationsvorgang einleitet, bei dem eine Vergrößerung der Staubpartikel durch angelagerte Wassertröpfchen und ein Zusammenballen der Staubpartikel zu größeren Flocken stattfinden. Doch müssen Wassermengen, Temperaturen und Abkühlungszeit sehr genau eingestellt werden, um einen guten Erfolg zu geben.

Digitized by Google

Schnelle Bestimmung von Abschaltleistung und Dauerkurzschlußstrom.

Von Dr.-Ing. W. zur Megede, Berlin.

Übersicht. Das von Rüdenberg entwickelte und vom VDE seit 1929 empfohlene Verfahren zur Bestimmung der Kurzschlußströme hat allgemeine Bedeutung erlangt. Das Verfahren läßt sich in einfacher Weise auch nomographisch darstellen. Dies bietet dem Praktiker eine wesentliche Erleichterung. Die nachfolgenden Kurventafeln und Nomogramme für Hoch- und Niederspannungs-Drehstromanlagen sind in strenger Anlehnung an die R. E. H. 1929 entwickelt worden.

Der vorliegende Aufsatz soll es dem Praktiker ermöglichen, unter geringem Zeitaufwand den Dauerkurzschlußstrom und die Abschaltleistung an einem beliebigen Punkt eines Netzes zu bestimmen. Im besonderen soll dem Praktiker, der in seiner oft vielseitigen täglichen Arbeit nur hin und wieder in die Lage kommt, die Kurzschlußverhältnisse für einen speziellen Fall zu studieren, die Arbeit abgenommen werden, sich in die in den R. E. H. angegebene Methode[1] zu vertiefen, in der man doch erst nach wiederholter Übung einige Sicherheit erhält. Es verbleibt nur ein Teil mechanischer Arbeit, wie sie auch beim Aufschlagen von Tafeln nicht zu vermeiden ist. Die nachstehend angegebenen Kurven und Nomogramme sind in strenger Anlehnung an das R. E. H.-Verfahren entwickelt worden, und zwar für den Sonderfall des dreipoligen Kurzschlusses bei Vollasterregung der Generatoren unter Belastung bei einem $\cos\varphi = 0{,}8$ (und bei einer Frequenz von 50 Hz). Diese Bedingung entspricht den Verhältnissen, unter denen man im allgemeinen beim Entwurf von Schaltanlagen und Netzen die Abschaltleistung und den Dauerkurzschlußstrom bestimmen muß. Im übrigen macht das nomographische Verfahren Anspruch auf die Genauigkeit, die auch sonst von Nomogrammen verlangt wird. Das Verfahren ist sowohl auf Hochspannungs- als auch auf Niederspannungsnetze anwendbar.

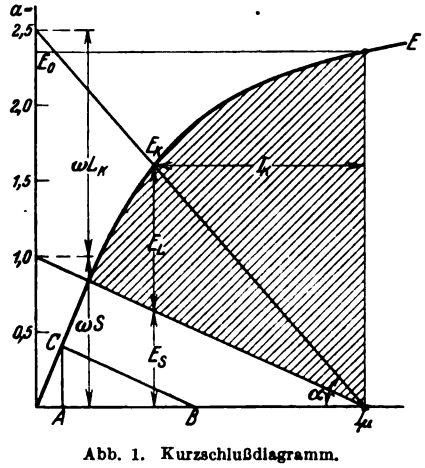


Abb. 1. Kurzschlußdiagramm.

Die Einschränkungen, die auch dem R.E.H.-Verfahren zugrunde liegen, sind ebenfalls in dem vorliegenden Verfahren übernommen:

1. Zur Berechnung der Nomogramme ist eine mittlere Normalcharakteristik für Synchronmaschinen gewählt, die mit einer Schwankung von ± 10 % für alle neuzeitlichen Generatoren allgemein Gültigkeit hat.

2. Die maximale Beanspruchung der Hochspannungsapparate tritt bei größtmöglichem Kurzschlußstrom auf, daher müssen die Kurzschlußgrößen für eine Erregung bei Nennbelastung des Generators und bei seinem Nennleistungsfaktor berechnet werden. Hierbei ist entsprechend die größte Generatorklemmenspannung zugrunde zu legen, die 10 % über der Betriebspannung des Netzes, d. h. 5 % über Generatornennspannung liegt. Ferner ist vorausgesetzt, daß der Spannungsregler sofort nach Eintritt des Kurzschlusses verriegelt wird.

[1] ETZ 1929, S. 242 u. 279. — Aufsatzreihe über die Herleitung des VDE-Verfahrens: ETZ 1930, S. 193, 194, 238, 269, 926, 999.

Induktiver Kurzschluß.

Um den Dauerkurzschlußstrom nach den R.E.H. zu bestimmen, geht man so vor, daß man in dem bekannten Diagramm (Abb. 1) den Punkt I_μ, der die relative Erregung darstellt, auf der Abszissenachse (Erregerstromachse) markiert. Die Größe der relativen Erregung ist vom Kurzschlußverhältnis I_k/I_n und vom $\cos\varphi$ abhängig. Die Parallele durch I_μ zur Hypotenuse des Potierschen Dreiecks ABC schneidet auf der Ordinatenachse eine Strecke ab, die gleich der Generatorreaktanz ist und somit den Maßstab für die anschließend auf der Ordinate aufzutragende Netzreaktanz liefert. Man kann nun

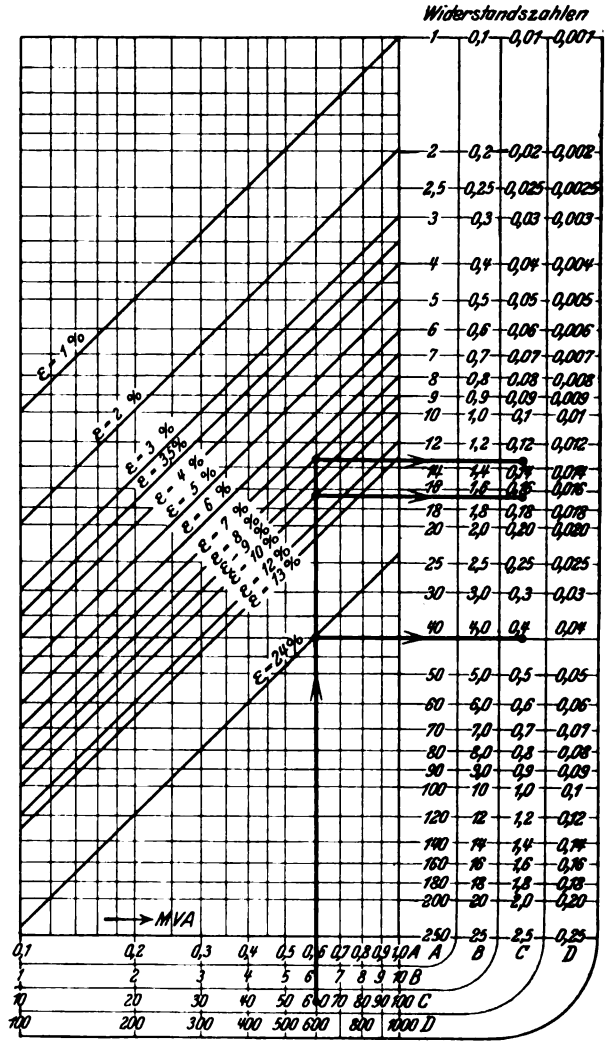


Abb. 2. Widerstandszahlen von Generatoren und Transformatoren.

die Ordinatenachse in Vielfachen der Generatorreaktanz eichen und hat somit als Maßstab die numerische Kurzschlußentfernung. Man erhält die Kurzschlußcharakteristik, indem man I_μ mit dem Punkt der Ordinatenachse, der die relative Kurzschlußentfernung des Kurzschlußortes darstellt, verbindet. Der Schnittpunkt der Kurzschlußcharakteristik mit der Generatorcharakteristik liefert mit seiner Ordinate die Kurzschlußspannung und mit seiner Entfernung von der Senkrechten durch I_μ den Kurzschlußstrom I_k. Dieser ist bei einer bestimmten Neigung der Kurzschlußcharakteristik, also bei einer bestimmten numerischen Kurzschlußentfernung a, ein bestimmtes Vielfaches der Kathete AB des Potierschen Dreiecks, die den Normalstrom des Generators darstellt. Es ist also der Kurzschlußstrom I_k gleich dem Normal-

Digitized by Google

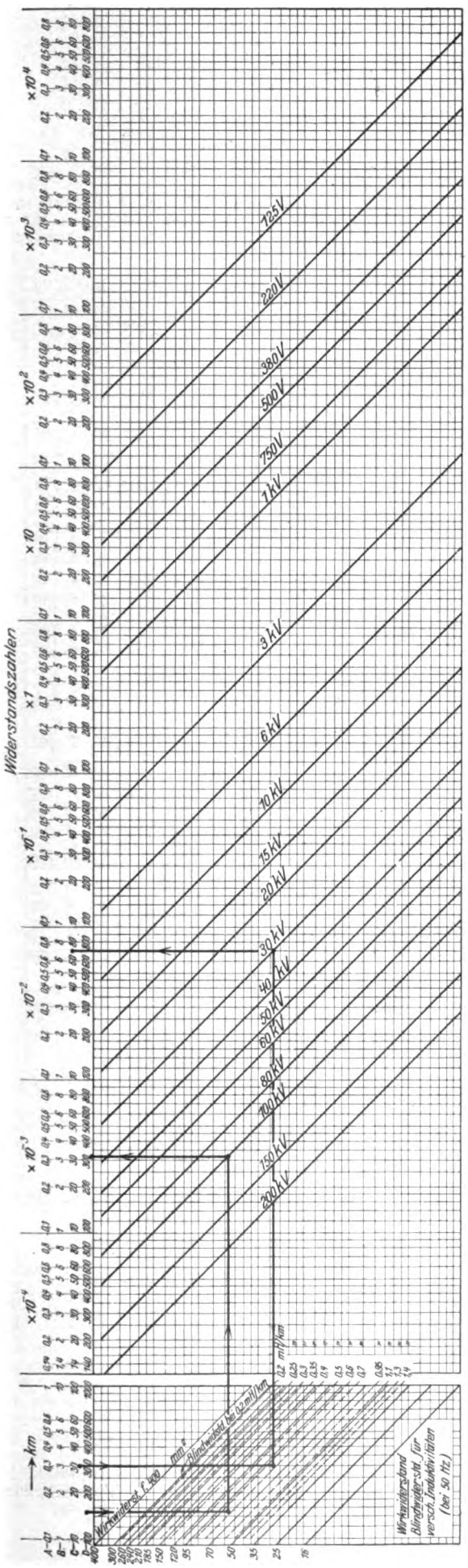


Abb. 3. Widerstandszahlen von Leitungen.

strom I_n mal einem Faktor $f(a)$, der von der relativen Kurzschlußentfernung a abhängt:

$$I_k = f(a)\, I_n .$$

Die Kurzschluß-Ausschaltleistung berechnet sich nach den R.E.H. zu

$$N_k = 1{,}1 \,.\, \sqrt{3}\, U\, I_k \left(1 + \frac{0{,}5}{a^2}\right).$$

Wenn man hierin $I_k = f(a)\, I_n$ einsetzt, erhält man

$$N_k = 1{,}1 \,.\, \sqrt{3}\, U\, f(a)\, I_n \left(1 + \frac{0{,}5}{a^2}\right)$$

oder

$$N_k = 1{,}1\, f(a) \left(1 + \frac{0{,}5}{a^2}\right) N_n ,$$

worin

$$N_n = \sqrt{3}\, U\, I_n = \text{Normalleistung}$$

gesetzt ist. Man erhält also die Abschaltleistung in Abhängigkeit von der Normalleistung des Generators (oder des ganzen Kraftwerkes) und der relativen Kurzschlußentfernung, und zwar sogar ohne Rücksicht auf die Spannung nehmen zu müssen. Man braucht nur die relative Kurzschlußentfernung a auszurechnen, was mit Hilfe von Schaubildern in ganz kurzer Zeit möglich ist, um dann in einem Nomogramm direkt aus der Normalleistung des Kraftwerkes die gesuchte Ausschaltleistung am Kurzschlußort von der relativen Entfernung a ablesen zu können.

Abb. 2 ... 5 ermöglichen dies. Entsprechend den R.E.H. sind auch hier den Berechnungen folgende Werte zugrunde gelegt worden: Die relative Gesamtstreuung U_s ist entsprechend dem für heutige Generatoren gültigen Wert gleich 24 %, das Kurzschlußverhältnis

$$I_k/I_n = 0{,}7 \text{ für Turbogeneratoren,}$$
$$= 0{,}8 \text{ „ Schenkelpolläufer}$$

und der cos φ, wie oben erwähnt, mit 0,8 eingesetzt worden. Die für Turbogeneratoren und Schenkelpolläufer verschiedenen Werte für das Kurzschlußverhältnis und die relative Erregung wirken so aufeinander ein, daß die Ströme bei gleicher Kurzschlußentfernung und cos $\varphi = 0{,}8$ bei beiden Maschinenarten praktisch gleich bleiben. Daher hat das Nomogramm zur Bestimmung der Abschaltleistung für beide Maschinenarten Gültigkeit.

Die Bestimmung der numerischen Kurzschlußentfernung a.

Die numerische Kurzschlußentfernung a ist das Verhältnis zweier Widerstände zueinander. Es hebt sich also das Dimensionszeichen fort und es bleibt eine absolute Zahl übrig. Es ist also vollkommen belanglos, welche Spannung als Bezugspannung gewählt wird. Dies hat zur Folge, daß man das Verfahren vereinfachen kann, wenn man nicht mit Widerständen in Ohm, sondern mit absoluten Zahlen rechnet, die hier kurz Widerstandszahlen genannt sein mögen. An sich sind diese Widerstandszahlen auf eine bestimmte Spannung bezogene Widerstände; für die Wahl dieser Bezugspannung hat man freie Hand; als Bezugspannung ist 10 kV gewählt worden. In Abb. 2 sind die Widerstandszahlen für Transformatoren und Generatoren abhängig von ihrer Leistung und Streuspannung aufgetragen. Um an Platz zu sparen, sind für die Leistung und die Widerstandszahlen je 4 Skalen gegeben. Man muß, wenn man die Leistung in der Skala B findet, die zugehörige Widerstandszahl ebenfalls in der Skala B ablesen. Wie oben erwähnt, sind die neuzeitlichen Generatoren im allgemeinen mit einer Streuspannung von 24 % ausgeführt. Die mit $\varepsilon = 24$ % bezeichnete Linie ist also die Parameterlinie für die Generatorreaktanz. Aus Abb. 3 findet man die Wirk- und Blindwiderstandszahlen für Freileitungen und Kabel. Diese sind jedoch eine Funktion der Betriebspannung, mit der die einzelnen Streckenabschnitte betrieben werden. Daher ist in Abb. 3 die Betriebspannung als Parameter berücksichtigt. Die Widerstandszahlen sind unter Beachtung der Spannung abzulesen, und zwar so, wie es in dem später behandelten Beispiel angegeben wird. Die Wirkwiderstandszahlen sind direkt aus den Querschnitten abzulesen, die Blindwiderstandszahlen in Abhängigkeit von der spezifischen Induktivität der Leitung in mH/km; auch hier muß man die Widerstandszahlen in der entsprechenden Skala ablesen, in der man die Streckenlänge gefunden hatte. Die spezifische Induktivität für eine bestimmte Leitung kann man aus Abb. 4 entnehmen. Die numerische Kurzschlußentfernung a ergibt sich nun zu

$$a = \frac{\sum \text{Blindwiderstandszahlen von Generator, Trafo und Strecken}}{\text{Blindwiderstandszahl der Generatoren}} .$$

Digitized by Google

Bestimmung der Ausschaltleistung und des Dauerkurzschlußstromes.

Hat man die relative Kurzschlußentfernung a ermittelt, so kann man aus Abb. 5 die Abschaltleistung ohne weiteres ablesen. Man sucht auf der Abszissenachse die Leistung des Kraftwerks auf und findet als Ordinate unter Berücksichtigung der relativen Kurzschlußentfernung a in der entsprechenden Skala die Abschaltleistung. Aus Abb. 6 erhält man dann aus der Ausschaltleistung, die in verschiedenen Skalen als Abszisse aufgetragen ist, abhängig von der relativen Kurzschlußentfernung a und der am Kurzschlußort vorhandenen Betriebspannung den Dauerkurzschlußstrom in Ampere.

Der Einfluß des $\cos\varphi$. — Wie oben erwähnt, nimmt man im allgemeinen für Kurzschlußrechnungen eine Generatorerregung für $\cos\varphi = 0{,}8$ an. Dies ist auch ausreichend, da die Kurzschlußströme bei einer Erregung für noch schlechteren Leistungsfaktor, z. B. für $\cos\varphi = 0{,}7$, bei kurzer numerischer Kurzschlußentfernung maximal 6 ... 7 %, bei größerer numerischer Kurzschlußentfernung weniger, z. B. bei $a = 5$ nur noch 3 % zunehmen.

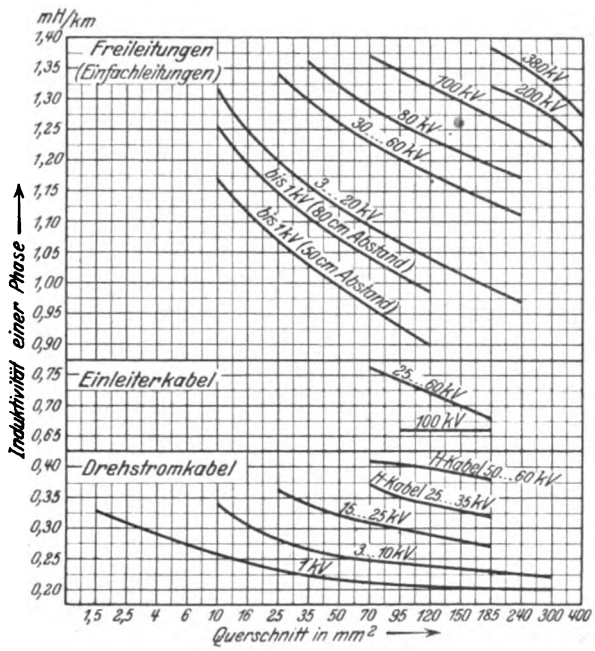


Abb. 4. Induktivität von Leitungen.

Beispiel. An einem praktischen Beispiel möge das Verfahren eingehend erläutert werden. Es handele sich um eine Kraftübertragung nach Abb 7. A stellt ein Kraftwerk dar, in dem eine Generatorleistung von 120 MVA installiert ist. Hiervon sind 60 MVA auf die Leitung geschaltet. Die Leistung wird von 10 kV auf 100 kV heraufgetransformiert und auf einer Doppelleitung fortgeleitet. Die Leitung führt über eine Station B, in der 60 MVA auf 30 kV heruntertransformiert werden. Von der 30 kV-Seite dieser Station aus führt eine Doppelleitung zu einer Transformatorenstation C. Für die Oberspannungseite dieser Station sollen die Kurzschluß-Abschaltleistung und der Dauerkurzschlußstrom bestimmt werden.

Zunächst muß die numerische Kurzschlußentfernung a festgestellt werden. Man hat also den Quotienten aus der Summe der Widerstandszahlen aller Reaktanzen, die im Zuge der Kurzschlußbahn liegen, und der Widerstandszahl der Generatorreaktanz zu bilden. Die Widerstandszahlen entnimmt man aus den Abb. 2 ... 5. Im Kraftwerk sind 2 Generatoren zu je 30 MVA gleich 60 MVA auf die Leitung geschaltet. In Abb. 2 findet man auf der Skala C der Abszissenachse die Kraftwerksleistung 60 MVA. Folgt man in Pfeilrichtung der stark gezogenen Linie, die in Abb. 2 bis 5 das Beispiel andeutet, so findet man, daß der Schnittpunkt der Senkrechten mit der Parameterlinie $\varepsilon = 21$ % die Ordinate 0,10 hat, die entsprechend auf der Skala C abgelesen werden muß. Ebenso erhält man die Widerstandszahl für die Transformatoren, die ebenfalls insgesamt eine Leistung von 60 MVA haben, indem man für den Schnittpunkt der Senkrechten durch die Abszisse mit der Parameterlinie $\varepsilon = 10$ % die Widerstandszahl 0.168 als Ordinate findet. Die Widerstandszahl für die Reaktanz der Leitung von A nach B sucht man in Abb. 3 auf, nachdem man aus Abb. 4 entnommen hat, daß eine 100 kV-Hochspannungsfreileitung (Einfachleitung!) von 95 mm² Cu eine Induktivität von rd. 1,35 mH/km hat. Man geht in Abb. 3 von der Streckenlänge aus, die 150 km beträgt und in der Skala D gefunden wird, folgt der starken Linie senkrecht nach unten bis zum Parameter 0,675 mH ($= \frac{1}{2} \cdot 1{,}35$ mH, da es sich um eine Doppelleitung handelt), den man mit praktisch genügender Genauigkeit durch Interpolation findet, folgt der starken Linie horizontal bis zum Parameter 100 kV und findet, daß die Senkrechte durch den Schnittpunkt mit ihm die Skala D in der Widerstandszahl $315 \cdot 10^{-3} = 0{,}315$ trifft. Entsprechend findet man für die Transformatoren der Station B, die eine Leistung von

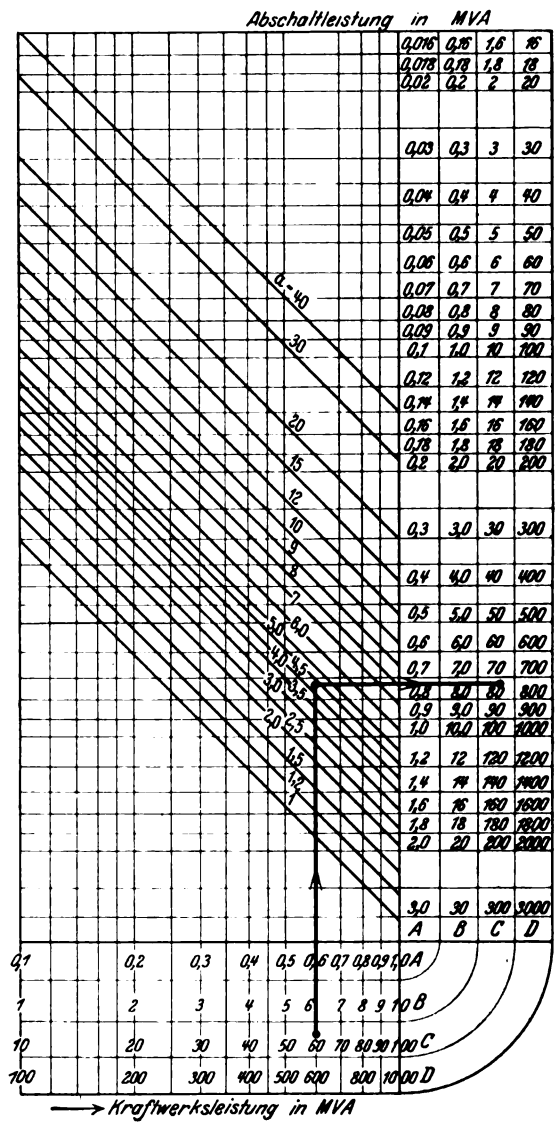


Abb. 5. Bestimmung der Abschaltleistung aus der numerischen Kurzschlußentfernung und der Kraftwerksleistung.

$2 \cdot 30 = 60$ MVA und eine Streuspannung $\varepsilon = 8$ % haben. die Widerstandszahl 0,127 und für die 30 km lange 30 kV-Freileitung von $2 \cdot 70$ mm² Cu die Widerstandszahl $70 \cdot 10^{-2} = 0{,}7$. Sämtliche Widerstandszahlen sind in folgendem zusammengestellt:

Generatoren	0,4
Transformatoren des Kraftwerks	0,168
100 kV-Leitung	0,315
Transformatoren der Station B	0,135
30 kV-Leitung	0,7
Summe	1,718

Der Quotient aus der Summe und der Widerstandszahl der Generatoren ergibt die numerische Kurzschlußentfernung

$$a = \frac{1{,}72}{0{,}4} = 4{,}3.$$

Digitized by Google

Für die Abschaltleistung findet man aus Abb. 5 als Ordinate des Schnittpunktes der Senkrechten durch die Kraftwerksleistung 60 MVA mit der Parameterlinie $a = 4{,}3$ eine Leistung von 73 MVA. Ferner gibt Abb. 6 einen Dauerkurzschlußstrom von 1260 A, indem man, ausgehend von der eben festgestellten Abschaltleistung von 73 MVA, dem Zuge der starken Linie folgt, über die zu interpolierende Parameterlinie $a = 4{,}3$ (die dicht an der Linie $a = \infty$ liegt) und die Parameterlinie 30 kV bis zur oberen Skala *B*. Wie das Beispiel zeigt, gelangt man auf sehr einfache Art zur schnellen Bestimmung der gesuchten Größen.

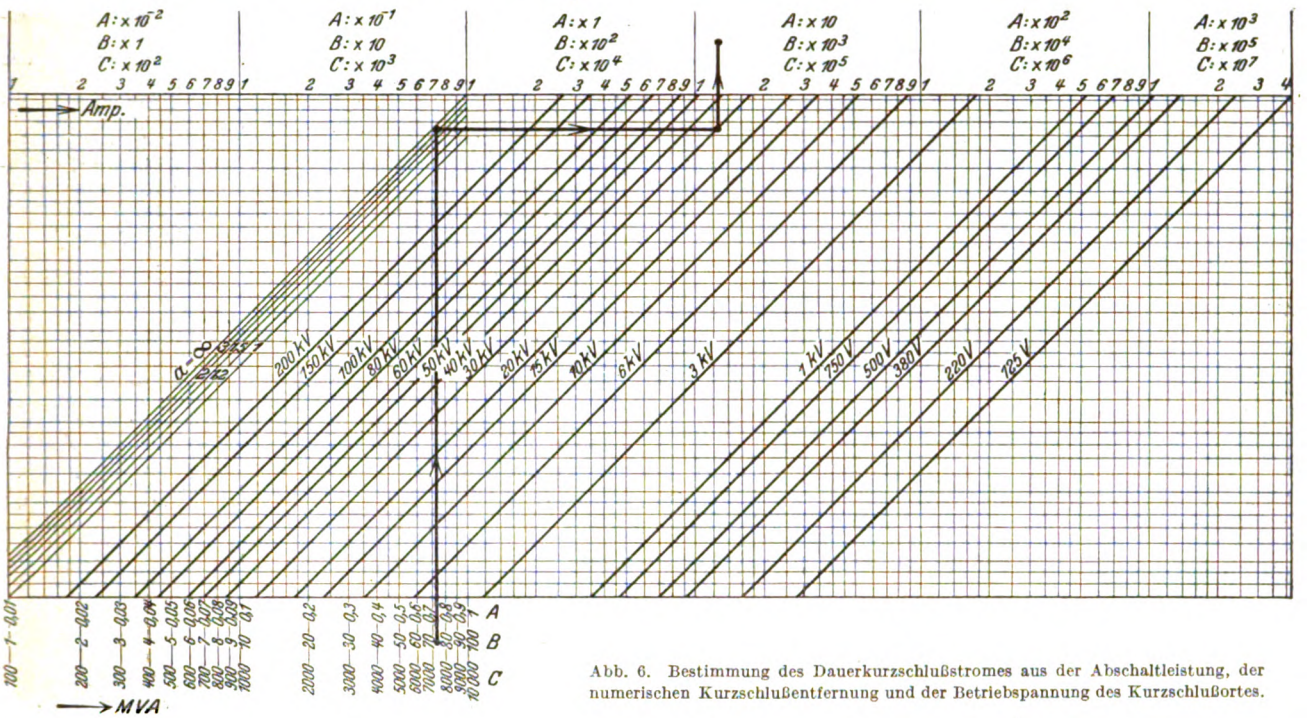


Abb. 6. Bestimmung des Dauerkurzschlußstromes aus der Abschaltleistung, der numerischen Kurzschlußentfernung und der Betriebspannung des Kurzschlußortes.

Bei der Ermittlung der numerischen Kurzschlußentfernung gelten alle Formeln zur Berechnung von komplizierteren Netzgebilden, wie z. B. zur Umwandlung von Dreieck in Stern oder zur Berechnung des Ersatzwiderstandes von mehreren parallelliegenden Transformatoren mit verschiedenen Streuspannungen, soweit letzteres nicht überhaupt vernachlässigt werden kann. In die Formeln sind nur die entsprechenden Widerstands z a h l e n einzusetzen.

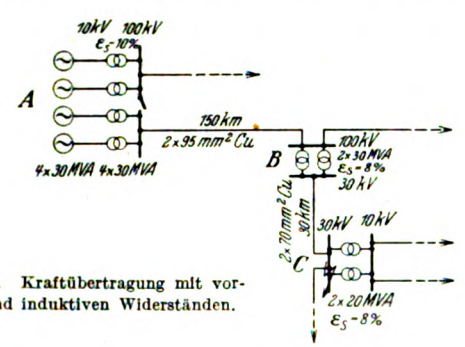


Abb. 7. Kraftübertragung mit vorwiegend induktiven Widerständen.

Zweipoliger Kurzschlußstrom.

Während die Abschaltleistung bei Generatoren üblicher Ausführung für den dreipoligen Kurzschluß stets größer ist als für den zweipoligen, die maximal auftretende Abschaltleistung demnach für den dreipoligen Kurzschluß berechnet werden muß, hat man bei der Bestimmung der thermischen Beanspruchung von Leitungen, die sich aus dem Quadrat des Stromes berechnet, darauf zu achten, daß bei kleinen numerischen Kurzschlußentfernungen (bis zu $a = 4{,}0$) der zweipolige Kurzschlußstrom größer ist als der dreipolige und bei größeren Kurzschlußentfernungen umgekehrt. Man hat also bei kleinen Entfernungen die Erwärmung aus dem zweipoligen Kurzschlußstrom, bei größeren Entfernungen aus dem dreipoligen zu berechnen. Der zweipolige Kurzschlußstrom beträgt

bei a =	1	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0
das	1,45	1,33	1,25	1,17	1,1	1,0fache

des dreipoligen Kurzschlußstromes. Im übrigen errechnet sich die Erwärmung aus den bekannten Formeln der R.E.H.

Ohmisch-induktiver Kurzschluß.

Bisher ist der rein induktive Kurzschluß behandelt worden, d. h. der Kurzschluß in Anlagen, in denen der ohmsche Widerstand so klein ist, daß er vernachlässigt werden kann. Dieses wird dann der Fall sein, wenn im Zuge der Kurzschlußbahn Transformatoren und Freileitungen von großem Kupferquerschnitt von überwiegendem Einfluß liegen. Die Verhältnisse ändern sich jedoch vor allem bei Kabelleitungen, da die Induktivität von Kabeln weit geringer ist als die von Freileitungen. In diesen Fällen kann man unter Umständen einen größeren Fehler begehen, wenn man das Vorhandensein des ohmschen Widerstandes außer acht ließe.

Um die Größe des Dauerkurzschlußstromes für ohmisch-induktiven Kurzschluß zu bestimmen, ermittelt man zunächst die Blindstromkomponente des Kurzschlußstromes und aus dieser auf analytischem Wege den tatsächlichen Kurzschlußstrom. Nach R ü d e n b e r g [2] erhält man die Blindkomponente I_B, indem man die Kurzschlußcharakteristik etwas hebt, und zwar wird die Neigung

$$\operatorname{tg}\alpha = (\omega S + \omega L)\sqrt{\left[1+\left(\frac{R}{\omega S+\omega L}\right)^2\right]\left[1+\left(\frac{R}{\omega Q+\omega S+\omega L}\right)^2\right]},$$

worin ωQ die Querfeldinduktanz ist. Der Schnittpunkt mit der Generatorcharakteristik liefert die Blindkomponente I_B. Der tatsächliche Kurzschlußstrom wird dann

$$I_k = I_B\sqrt{1+\left(\frac{R}{\omega Q+\omega S+\omega L}\right)^2}.$$

Durch das Heben der Kurzschlußcharakteristik erhält man als Blindstromkomponente einen kleineren Strom als im Falle des rein induktiven Kurzschlusses; zwar vergrößert sich der tatsächliche Kurzschlußstrom wieder etwas, doch bleibt er kleiner als der Kurzschlußstrom über reine Induktanzen; bei großen ohmschen Widerständen nimmt er sogar bedeutend ab.

In Abb. 8 ist die Abnahme des tatsächlichen Kurzschlußstromes in Abhängigkeit von der relativen Kurzschlußentfernung a und vom Verhältnis des gesamten ohmschen Widerstandes zum gesamten induktiven Widerstand der Kurzschlußbahn aufgetragen. Man erhält also für ohmisch-induktive Kurzschlüsse die Abschaltleistung und den Dauerkurzschlußstrom, indem man diese beiden Größen wie oben geschildert bestimmt, als ob es sich um einen rein induktiven Kurzschluß handelt, und diese Werte mit einem der Abb. 8 zu entnehmenden Faktor multipliziert. Gleichzeitig sind die Parameterlinien mit den Werten für

[2] R ü d e n b e r g, Wiss. Veröff. Siemens-Konz. Bd. 8, H. 3, S. 50 (1929).

Digitized by Google

den cos φ bezeichnet, der dem Phasenverschiebungswinkel zwischen Kurzschlußstrom und Spannung bei dem betreffenden Impedanzverhältnis entspricht. Z. B. bei dem Impedanzverhältnis $R = 1{,}0\,\omega L$ ist cos φ = 0,7; der Schalter würde also unter cos φ = 0,7 abschalten.

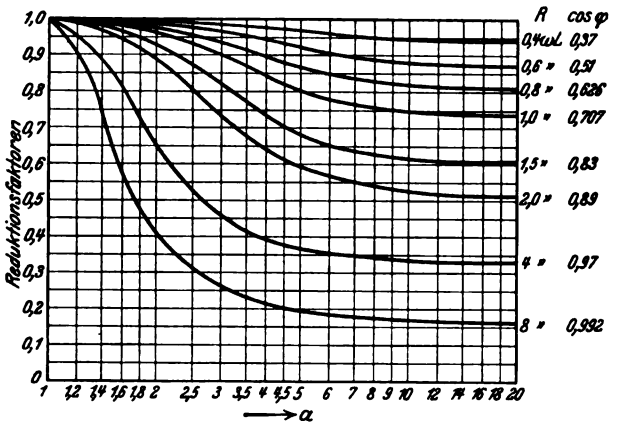


Abb. 8. Reduktionsfaktoren zur Berücksichtigung des ohmschen Widerstandes der Kurzschlußbahn.

Beispiel. Eine Großkraftübertragung (Abb. 9) bestehe aus einem Kraftwerk A von 100 MVA installierter Leistung, die mittels Transformatoren von 10 % Streuspannung auf 100 kV herauftransformiert wird. Die eine der vom Kraftwerk abgehenden Übertragungsleitungen führe nach 20 km zu einer Transformatorenstation B von 100 MVA, die ihren Kraftbedarf von dieser Hochspannungsleitung bezieht. Von der Station B gehen mehrere 6 kV-Kabel aus. In einem dieser Kabel von 95 mm² Cu-Querschnitt werde 2 km von der Station entfernt ein Kurzschluß eingeleitet.

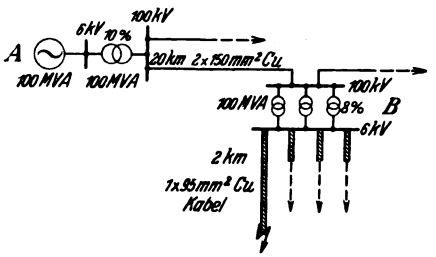


Abb. 9. Kraftübertragung mit ohmisch-induktiver Kurzschlußbahn.

Die Widerstandszahlen ergeben sich aus den Kurven, wie oben geschildert, und seien in folgender Tafel zusammengestellt:

	Wirk-Widerstandszahl	Blind-Widerstandszahl
Generatoren	0,01	0,24
Transformatoren A . . .	0,01	0,10
100 kV-Leitung	0,01	0,04
Transformatoren B . . .	0,01	0,10
5 kV-Kabel	1,0	0,45
	1,04	0,93

Die relative Kurzschlußentfernung beträgt $a = 0{,}93/0{,}24 = 3{,}9$. Aus dieser und der installierten Kraftwerksleistung erhält man nach Abb. 5 für den rein induktiven Kurzschluß eine Abschaltleistung von 128 MVA. Der ohmsche Widerstand ist 1,04/0,93, gleich dem 1,1fachen des induktiven Widerstandes. Aus Abb. 8 ergibt sich, daß die tatsächliche Abschaltleistung bei einer Kurzschlußentfernung $a = 3{,}9$ und einem ohmschen Widerstand in Höhe des 1,1fachen induktiven Widerstandes auf das 0,83fache sinkt. Somit beträgt im vorliegenden Falle die Abschaltleistung $0{,}83 \cdot 128 = 106$ MVA.

Da die Generatoren und Transformatoren einen im Verhältnis zu ihrem Blindwiderstand sehr geringen ohmschen Widerstand haben (den man meist ganz vernachlässigen kann), wird der Impedanzwinkel der genannten Kurzschlußbahn größer als der Impedanzwinkel der Leitungsteile mit großem ohmschen Widerstand, wie auch das Beispiel zeigt. Man darf also nie nach dem Leitungsimpedanzwinkel allein den Einfluß des ohmschen Widerstandes auf die Abschaltleistung beurteilen, sondern stets nur nach dem Impedanzwinkel der gesamten Kurzschlußbahn.

Der Einfluß der Vorbelastung in gesunden, zum Kurzschlußort parallelliegenden Netzzweigen.

Bei der Projektierung von Schaltanlagen muß man die Kurzschlußverhältnisse vorauszubestimmen suchen, die überhaupt ungünstigsten Falles eintreten können. Diesem trägt man dadurch Rechnung, daß man den Kurzschluß für den Fall berechnet, daß die Generatoren unter Vollast und bei normalem Leistungsfaktor laufen; dies ist die eine der Bedingungen, die eingangs für allgemeine Kurzschlußberechnungen gemacht wurde. Der Gang war ferner der, daß die zwischen Kraftwerk und Kurzschlußort liegende Reaktanz errechnet und aus dieser die Kurzschlußgrößen bestimmt wurden. Hierbei macht man aber die stillschweigende Voraussetzung, daß die gesamte der Vollast und dem Leistungsfaktor entsprechende Vorbelastung vor Eintritt des Kurzschlusses über den Kurzschlußort fließt. Dies ist jedoch eine Annahme, die in vielen Fällen den wahren Verhältnissen nicht entspricht, denn oft führen von einem Kraftwerk mehrere Leitungen in die Ferne, die jede einen Teil der Leistung übertragen. Im Kurzschlußfall bleibt nun nach Maßgabe der Restspannung, die am Abzweigpunkte bestehen bleibt, eine zum Kurzschlußort parallel liegende Leistung über die gesunden Zweige erhalten, wenn diese nicht selbsttätig mit dem Kurzschluß abgeschaltet wird. Der Maschinen-Kurzschlußstrom wird zwar durch das Parallelliegen von gesunder Netzreaktanz und zum Kurzschlußort führender Reaktanz etwas vergrößert, die Kurzschlußleistung am Kurzschlußort nimmt aber ab, da der gesunde Netzteil eine mehr oder weniger große Entlastung bedeutet. Es ist meist schwer, für die Leistungsgröße der zum Kurzschlußort parallelliegenden Netzzweige richtige Annahmen zu machen; daher nimmt man im allgemeinen hierauf keine Rücksicht, wenn es sich nicht um verhältnismäßig kleine Abzweige handelt. Um aber einen Überblick zu haben, wie weit parallelliegende gesunde Netzzweige bei Belastung die Verhältnisse beeinflussen, sind einige Fälle untersucht und die Ergebnisse in Zahlentafel 1 zusammengestellt worden (hierzu Abb. 10).

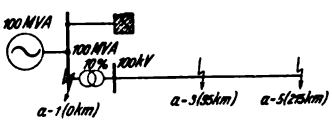


Abb. 10. Kurzschluß mit paralleler Vorbelastung.

Zahlentafel 1.

Dauerkurzschlußströme im Verhältnis zum Kurzschlußstrom bei Klemmenkurzschluß

bei einer parallelgeschalteten Vorbelastung von	und bei einer numerischen Kurzschlußentfernung a = 1	3	5
MVA	%	%	%
0	100	73	51
20	100	69	50
33	100	66	49
50	100	63	47
75	100	61	43
100	100	58	39

Es ist in einer Anlage (Abb. 10), die von einem Kraftwerk von 100 MVA gespeist wird, in einer der Übertragungsleitungen in drei verschiedenen numerischen Kurzschlußentfernungen ein Kurzschluß eingeleitet worden, während das Kraftwerk in jedem Falle mit seiner ganzen Leistung vorbelastet ist, diese Leistung aber zum Teil in verschiedener Größe über gesunde Netzzweige zum Kurzschlußort parallelliegt[3]. Man sieht, daß der Strom am Kurzschlußort zum Teil bedeutend geringer wird, z. B. geht der Kurzschlußstrom bei einer Kurzschlußentfernung $a = 3$ von 73 % des Klemmenkurzschlußstromes bei Kurzschluß ohne parallele gesunde Netzzweige auf 63 % bei Kurzschluß unter parallelgeschalteter Vorbelastung von 50 MVA herunter. Man erhält hiermit die Gewißheit, daß man in solchen Fällen einen oft beachtenswerten Sicherheitsfaktor hat, wenn angenommen werden kann, daß Vorbelastung über parallel zum Kurzschlußort liegende gesunde Netzzweige vorhanden ist.

[3] Hierbei wurde die Belastung am gesunden Netzzweig durch eine konstante Impedanz mit cos φ = 0,8 angenommen.

Digitized by Google

Die Dehnungsarbeit an Seilen*.

Von Dr. J. Gröbl, München.

(Schluß von S. 1673.)

6. Die resultierende Dehnung.

Im Abschnitt 5 c) haben wir die Form zur Errechnung des fiktiven Elastizitätsmoduls gefunden, den wir zur Ermittlung der resultierenden Dehnung (φ_G) an der Einspannstelle gebrauchen. Wir benutzen hierzu die Gl. (12), indem wir den Faktor 4,32 statt 2,16 einsetzen. Weiterhin dürfen wir aber nicht vergessen, daß an der Einspannstelle Schlag 1 (innerer Schlag) entlastet ist und somit $E_1 = E_p$ wird. Der Schlag 2 (äußerer Schlag) hat jetzt als Elastizitätsmodul statt E_2 den allgemeinen Wert E. Die Dehnungsgleichung lautet daher:

$$\varphi_G = \sqrt{1 + 4{,}32 \frac{P_0}{Q} \frac{1 - 4\frac{x}{l}}{E_p + 4{,}02\,E}} - 1 + \frac{P_0}{Q\,E} \quad . \quad (39)$$

Für den vorliegenden Spezialfall (Untersuchung an der Einspannstelle) muß der Ausdruck $4\,x/l$ vernachlässigt werden. Nach mehreren Umformungen entsteht folgende Formel:

$$\varphi_{G_{v=0}} = \sqrt{1 + 0{,}563 \frac{P_0}{Q\,E_p} \frac{1 + A}{\sqrt{1 + 1{,}78\,A + 1{,}11\,A^2} - 0{,}918\,A - 0{,}342}} - 1 + 0{,}525 \frac{P_0}{Q\,E_p} \frac{1 + A}{\sqrt{1 + 1{,}78\,A + 1{,}11\,A^2} - 1{,}05\,A - 0{,}475} \quad . \quad (40)$$

Diese Gleichung stellt die Dehnung (φ_G) an der Einspannstelle ($v = x/l = 0$) dar. Es ist die größte Dehnung, die jeweils in einer Spannweite auftreten kann. Der große Wurzelwert vermindert um den Zahlenwert 1 ist bedingt durch die Drehdehnung φ_D. Der 2. Ausdruck: 0,525..... berücksichtigt den Einfluß der Normaldehnung φ_l. Diese Formel hat den gleichen Aufbau wie Gl. (11). Die resultierende Dehnung hängt von folgenden Größen ab:

- E_p Elastizitätsmodul in kg/cm². Je größer dieser Wert ist, desto kleiner wird die Dehnung; d. h. z. B.: bei Cu werden die Dehnungen kleiner ausfallen als bei Al.
- Q Querschnitt in cm²; je größer der Querschnitt, desto kleiner wird φ_G. Leitungen mit größeren Querschnitten verhalten sich demgemäß günstiger als dünndrähtige Seile.

Die engeren Beziehungen zwischen φ_G und A, d. h. in erster Linie die Abhängigkeit von der Zugspannung P_0, werden im folgenden genauer untersucht, da sie nicht ohne weiteres erkannt werden können. Bemerkenswert ist, daß beide Ausdrücke, die Drehdehnung sowie die Normaldehnung, einen ähnlichen Aufbau aufweisen und nur geringfügige Unterschiede vorhanden sind, wie z. B. 0,563 gegenüber 0,525 oder 0,918 gegenüber 1,05.

An der Proportionalitätsgrenze wird $A = 0$ [s. Gl. (37), $P_0 = \beta\,P_p$]. Der zweite Ausdruck erhält dann im Nenner gleichfalls die Zahl 0,525, so daß nur mehr die Normaldehnung $P_0/Q\,E_p$ stehen bleibt. Dies ist auch richtig, denn an dieser Stelle gilt noch das Hookesche Gesetz. Die Drehdehnung φ_D bleibt natürlich auch unterhalb der Proportionalitätsgrenze bestehen.

Die an und für sich für die Auswertung unbequemen Ausdrücke der Gl. (39) können ohne merklichen Fehler durch einfachere ersetzt werden. Wir nehmen zuerst den zweiten Ausdruck und finden, daß wir mit großer Genauigkeit eine Gerade setzen können. Wir sind daher in der Lage, eine Ersatzkurve in Form einer Geradengleichung einzuführen. Die Normaldehnung φ_l ist dann

$$\varphi_l = \frac{P_0}{Q\,E_p} \cdot (1 + 1{,}345\,A) \quad . \quad (41)$$

Ebenso verfahren wir mit dem Ausdruck der Drehdehnung und erhalten

$$\varphi_D = \sqrt{1 + \frac{P_0}{Q\,E_p} \cdot (0{,}93 + 0{,}592\,A)} - 1 \quad . \quad (42)$$

Gl. (39) für $\varphi_{G_{v=0}}$ erhält so eine Ersatzform; diese kann noch weiter vereinfacht werden. Wir differentiieren zu diesem Zwecke die Dehnung φ nach der Zugspannung P_0 und suchen den Ausdruck $\mathrm{d}\,\varphi_G/\mathrm{d}\,P_0$. Im 1. Differentialquotienten können Vereinfachungen vorgenommen werden. Nun wird die Gleichung integriert; man erhält auf diese Weise als endgültige Lösung:

$$\varphi_{G_{v=0}} = \frac{1{,}465}{Q\,E_p} \left[P_0 + 1{,}12 \frac{K\,P_p}{n_p} (P_0 - 1{,}27\,P_p)^{\alpha} \right] \quad ; \quad (43)$$

β wird aus Gl. (38) errechnet; für $v = 0$ ist $\beta = 1{,}27$. Für die Proportionalitätsgrenze kann die vorstehende Gleichung zusammengezogen werden in die einfache Form

$$\beta_{G_{v=0}} = 1{,}465 \frac{P_0}{Q\,E_p} \quad . \quad (44)$$

Wir müssen uns dabei immer daran erinnern, daß diese Form für die Dehnung an der Einspannstelle gilt. Wir wissen auch, daß hier der äußere Schlag berücksichtigt ist. Für Schlag 1 (innerer Schlag) müßte statt der Zahl 1,465 der Wert 1,232 gesetzt werden. Wenn wir nun diesen Wert mit dem Zahlfaktor 1,215 aus Gl. (14) vergleichen, so finden wir, daß ein Unterschied von etwa 1 % besteht. Diese Differenz rührt davon her, daß wir Ersatzgleichungen eingeführt haben.

Beispiel. — Wir wollen nun der Übersichtlichkeit halber ein Beispiel errechnen. Es sei

$$K = 0{,}000058\ \mathrm{kg}^{-\alpha},\quad P_p = 1100\ \mathrm{kg},\quad n_p = 12,$$
$$E_p = 560\,000\ \mathrm{kg/cm^2},\quad Q = 1{,}2\ \mathrm{cm^2};$$

dann wird

$$\varphi_{G_{v=0}} = \frac{P_0 + 0{,}00584\,(P_0 - 1400)^{\alpha}}{4600}\ \%.$$

Die resultierende Dehnung an der Proportionalitätsgrenze für die Einspannstelle $v = 0$ beträgt

$$\varphi_{G_{v=0}} = 0{,}3\ \%.$$

Einen bemerkenswerten Verlauf zeigt die Abhängigkeit der Zugspannung P_0 vom Dehnungsexponenten α für verschiedene Dehnungen φ_{max} an der Einspannstelle (Abb. 7). Die unterste Grenze der Zugspannung ist gegeben durch den Wert $1{,}27\,P_p = 1400$ kg. Mit steigendem Wert von α nimmt die zulässige Zugspannung P_0 stark ab, eine Folge der Exponentialfunktion. Eine andere Anordnung geht aus Abb. 8 hervor. Die Zugspannung P_0 ist hier in Abhängigkeit von der Dehnung an der Einspannstelle aufgetragen. Hieraus sieht man deutlich die für die Dehnungsbeanspruchung wachsende Gefahr mit Vergrößerung des Dehnungsexponenten.

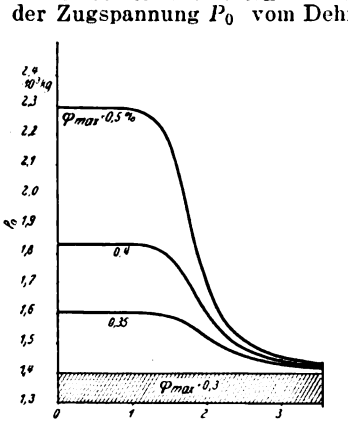


Abb. 7. Abhängigkeit der Zugspannung P_0 vom Dehnungsexponenten α.

Gl. (43) gibt die Möglichkeit, Grenzzugspannungen festzulegen unter der Voraussetzung, daß Durchhangsvergrößerungen von bestimmten Ausmaßen und damit aber auch dauernde Dehnungen zugelassen werden.

7. Die mittlere Seildehnung.

Mit Hilfe der Gl. (43) sind wir in der Lage, die größte an der Einspannstelle auftretende Dehnung $\varphi_{G_{v=0}}$ zu berechnen. Diese ist auch bei einer bestimmten Zugspannung P_0 das Kriterium für die Brauchbarkeit eines Seiles. Wir dürfen aber bei dieser Form der Untersuchung noch nicht stehen bleiben. Ein auf einer Freileitung verlegtes Seil darf nur ein gewisses Maximum an Durchhang an-

* Sonderdrucke können vom ETZ-Verlag, Berlin, Potsdamer Str. 68, bezogen werden.

Digitized by Google

nehmen. Gewöhnlich tritt dieses bei einer größten Temperatur von 40 ° auf. Dabei muß der Bodenabstand normal noch 6 m betragen. Werden nun die Seile auf dieses Maß eingeregelt, so ist keine Möglichkeit gegeben, für eine dauernde Dehnung noch etwas zuzugeben. Für solche Fälle darf die Proportionalitätsgrenze des Materials nicht überschritten werden. Diese Auffassung ist die streng richtige. Man erreicht aber dabei nur geringe Zugspannungen, z. B. bei Aldrey nur 9,18 kg/mm² und bei Reinaluminium 5,8 kg/mm². Man wird, um diesen Nachteil zu vermeiden, notgedrungen einen größeren Bodenabstand wählen, etwa 7 m. Diese Vergrößerung ist dann für eine dauernde Dehnung berechnet. Letztere ergibt eine Verlängerung des Seilbogens und als Folge hiervon eine zusätzliche Dehnung, die aus der Seilverlängerung als m i t t l e r e D e h n u n g berechnet werden kann. Damit wir die Möglichkeit besitzen, Rückschlüsse auf die größte Dehnung φ_{max} zu ziehen, müssen wir daher Gl. (34) in ihrer allgemeinen Form in Gl. (39) einsetzen. Wir müssen auch hier zwei Abschnitte unterscheiden:

1. $0 \dots l/4$; $(v = 0 \dots 0{,}25)$.
   Für den Wert k muß die Zahl 4,32 gesetzt werden. Im übrigen gilt Gl. (39).
2. $l/4 \dots l/2$; $(v = 0{,}25 \dots 0{,}5)$.
   Für den Wert k muß die Zahl 2,16 gesetzt werden. Außerdem muß der unter der Wurzel stehende Nenner $E_p + 4{,}02\,E$ umgetauscht werden in $E + 4{,}02\,E_p$, denn jetzt wird nicht mehr Schlag 2 (außen), sondern Schlag 1 zugedreht.

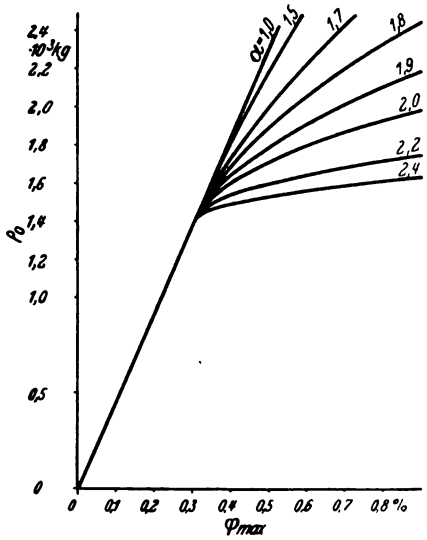


Abb. 8. Abhängigkeit der Zugspannung P_0 von der Dehnung φ_{max} an der Einspannstelle.

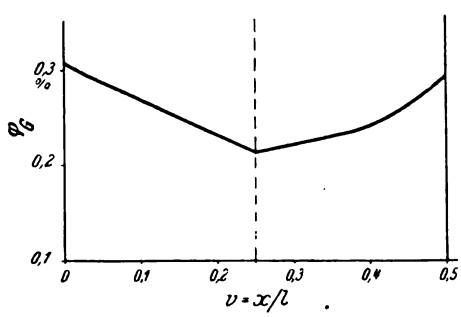


Abb. 9. Abhängigkeit der Gesamtdehnung φ_G (Normal- + Drehdehnung) von der spezifischen Entfernung v $(= x/l)$.

Zunächst wird aus Gl. (39) die Dehnung φ_G als Funktion von $v = x/l$ aufgetragen. Diese Kurve geht aus Abb. 9 hervor. Wir finden nach mehreren Umformungen für die Errechnung der mittleren Dehnung φ_{G_m} im Bereiche $0 \dots l/4$ der Spannweite

$$\underset{(0 \dots l/4)}{\varphi_{G_m}} = 4\,\frac{P_0}{Q\,E_p} \int_{v=0}^{v=0{,}25} \left[\frac{k}{2} \cdot \frac{1+4\,v}{1+4{,}02\,(y+Z)} + \frac{1}{y+Z} \right] dv\,; \quad (45)$$

hierbei ist $y + Z$ identisch mit $\frac{E}{E_p}$ aus Gl. (34). Die Lösung des Integrals bietet Schwierigkeiten, da unter der Wurzel der Gl. (34) 54 Einzelglieder vorkommen und die Größe v bis zur 6. Potenz auftritt. Die graphische Auswertung des Integrals zeigt, daß Ersatzgleichungen eingeführt werden können. Wir finden schließlich

$$\underset{(0 \dots l/4)}{\varphi_{G_m}} = 0{,}82\,\frac{P_0}{Q\,E_p}\,(1{,}5 + A). \quad \dots\dots \quad (46)$$

Der Wert A hängt unter anderem von der Zugspannung P_0 ab; er kann aus Gl. (37) entnommen werden.

Ebenso verhält sich die Berechnung der mittleren Dehnung für den Abschnitt $v = 0{,}25 \dots 0{,}5$. Die Auswertung ist jedoch hier schwieriger durchzuführen als im ersten Abschnitt, da Ersatzgleichungen nur zum Teil gefunden werden können. Die Integration ergibt folgende mittlere Dehnung des 2. Abschnittes:

$$\underset{(l/4 \dots l/2)}{\varphi_{G_m}} = \frac{P_0}{Q\,E_p} \cdot \frac{1{,}42 + 1{,}915\,A + 0{,}605\,A^2}{1{,}284 + A}. \quad (47)$$

Die mittleren Dehnungsgrößen für die andere Hälfte der Spannweite $(l/2 \dots l)$ verhalten sich symmetrisch und brauchen daher nicht besonders berechnet zu werden. Die resultierende mittlere Dehnung von 0 bis l wird aus folgender Gleichung gewonnen:

$$\underset{(0 \dots l)}{\varphi_{G_m}} = \frac{P_0}{Q\,E_p} \cdot \frac{1{,}5 + 2{,}11\,A + 0{,}712\,A^2}{1{,}284 + A}. \quad (48)$$

Am meisten interessiert uns das Verhältnis C zwischen der größten und der mittleren Dehnung. Zu diesem Zwecke dividieren wir $\varphi_{G_{v=0}}$ aus Gl. (43) durch $\underset{(0 \dots l)}{\varphi_{G_m}}$ und erhalten dann

$$C = 2{,}3 \cdot \frac{1{,}15 + 2{,}18\,A + A^2}{2{,}11 + 2{,}96\,A + A^2}. \quad \dots\dots \quad (49)$$

Die Größe C hängt in erster Linie von der Zugspannung P_0 und dem Dehnungsexponenten α ab. Die Untersuchung zeigt, daß für die allgemein im Leitungsbau vorkommenden Zugspannungen die Größe $A = 0$ gesetzt werden darf. Wir erhalten damit für C eine Konstante, und zwar

$$\underline{C = 1{,}25.}$$

8. Die mittlere bleibende Seildehnung.

Wenn wir einen Zusammenhang zwischen der bleibenden Durchhangsvergrößerung und der zulässigen Grenzzugspannung P_{0max} finden wollen, so muß aus den bisherigen Ergebnissen die Größe Φ_{mb} der mittleren bleibenden Seildehnung abgeleitet werden. Um ein klares Bild zu bekommen, betrachten wir verschiedene Spannungszustände. Aus Gl. (37) können wir entnehmen, daß die Proportionalitätsgrenze beim doppelseitig eingespannten Seil keine konstante Größe ist, sondern mit der Entfernung von den Einspannstellen sich ändert. In ¼ und ¾ der Spannweite haben wir die geringste Dehnung, da an diesen zwei Stellen die Drehdehnung verschwindet und nur die Normaldehnung bestehen bleibt. Die Dehnungsgrößen nehmen aber gegen die Einspannstelle und die Spannfeldmitte hin zu. Ist die Zugspannung P_0 klein genug, in unserem Beispiel kleiner als 1100 kg (9,18 kg/mm²), so ist die Proportionalitätsgrenze an keiner Stelle des Seiles überschritten. Steigt nun P_0, so werden die an der Einspannstelle und der Spannfeldmitte gelegenen Seilstücke allmählich über die Proportionalitätsgrenze hinaus beansprucht, während der dazwischen liegende Teil noch nicht überlastet ist (Abb. 10). Die oberste Grenze der Zugspannung liegt bei 1,93 P_p, hier demnach bei 2120 kg. Steigt die Belastung noch weiter an, so sind sämtliche Teile über die Proportionalitätsgrenze hinaus beansprucht. Die gestrichelten Flächen geben den Bereich der bleibenden Dehnung an. Um die mittleren Werte dieser Dehnung zu erhalten, müssen die Flächen durch die zugehörigen Abszissenlängen $(0 \dots v_{kr_1}$ u. $v_{kr_2} \dots 0{,}5)$ dividiert werden. Auf die ganze Spannweite umgerechnet erhält man dann die mittlere bleibende Dehnung. Die Übergangsgrenzen v_{kr} vom Proportionalitätsbereich in das Streckgebiet können wir aus folgenden Gleichungen berechnen:

1. Abschnitt 1: $v_{kr_1} = 0{,}731 \cdot \left(1 - 1{,}27\,\frac{P_p}{P_0}\right)$;
2. Abschnitt 2: $v_{kr_2} = 0{,}731 \cdot \left(0{,}71\,\frac{P_p}{P_0} - 0{,}026\right)$.

Digitized by Google

Abb. 11 zeigt die Abhängigkeit der kritischen Punkte vom Verhältnis P_0/P_p.

Wir bekommen für die mittlere bleibende Dehnung Φ_{mb} schließlich folgende Gleichung:

$$\Phi_{mb} = \frac{P_0}{Q E_p}\left[1{,}048\left(1-1{,}27\,\frac{P_p}{P_0}\right)\left(1+1{,}27\,A_0-1{,}27\,\frac{P_p}{P_0}\right) + 0{,}63\left(1-\frac{P_p}{P_0}\right)\left(1+A_{0{,}5}-\frac{P_p}{P_0}\right)\right]. \quad (50)$$

Hierin bedeuten:

1. $A_0 = \frac{K P_p}{n_p P_0}(P_0 - 1{,}27\,P_p)^a$
2. $A_{0{,}5} = \frac{K P_p}{n_p P_0}(P_0 - P_p)^a$

} vgl. Gl. (37) und (38).

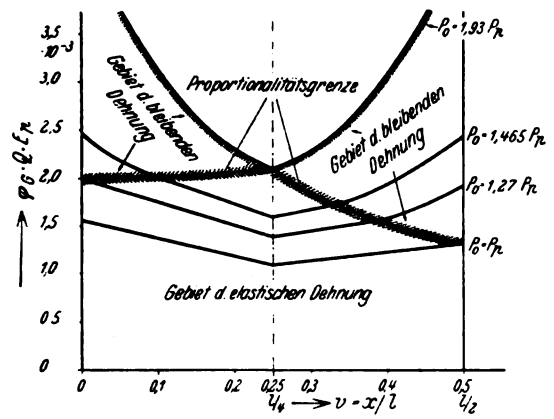


Abb. 10. Abhängigkeit der Gesamtdehnung φ_G multipliziert mit Querschnitt Q und Elastizitätsmodul E_p von der spezifischen Entfernung v ($= x/l$) für verschiedene Zugspannungen P_0; Verlauf der Proportionalitätsgrenze.

Die Bedeutung der einzelnen Symbole ist bekannt. Unter Benutzung der Gl. (50) können wir folgende Tafel aufstellen:

$P_0 < P_p$	keine bleibende Dehnung,
$P_p < P_0 < 1{,}27\,P_p$	bleibende Dehnung im Bereich der Spannfeldmitte,
$P_0 > 1{,}27\,P_p$	bleibende Dehnung im Bereich der Spannfeldmitte und der Einspannstellen,
$P_0 > 1{,}93\,P_p$	bleibende Dehnungen über das ganze Spannfeld.

Der Einfluß der Zugspannung P_0 auf die mittlere bleibende Dehnung Φ_{mb} ist aus Abb. 12 zu entnehmen.

Der Zusammenhang der Formänderung eines Seiles mit seiner Längenänderung (Dehnung) ist durch die Formel (50) festgelegt Es bleibt jetzt nur noch übrig, die Beziehung zwischen der mittleren bleibenden Dehnung und der Durchhangsvergrößerung des Seiles zu finden.

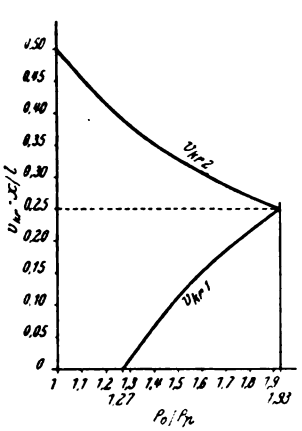


Abb. 11. Abhängigkeit der kritischen spezifischen Entfernung v_{kr} (Übergang der Gesamtdehnung φ_G aus dem Gebiet der elastischen Dehnung in den Bereich der bleibenden Dehnung) vom Verhältnis: jeweilige Zugspannung zu Zugspannung an der Proportionalitätsgrenze ($= P_0/P_p$).

9. Zusammenhang zwischen der mittleren bleibenden Dehnung und der Durchhangsvergrößerung.

Der Bogen b eines Seiles kann in erster Näherung als eine Parabel bezeichnet werden. Er hängt mit der Spannweite l und dem Durchhang f durch folgende Gleichung zusammen:

$$b = l + \frac{8}{3}\frac{f^2}{l}. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (51)$$

Wird der Bogen b um den Wert Δb verlängert, so wird bei gleichbleibender Spannweite auch der Durchhang zunehmen; es entsteht dann eine neue Form. Durch die Zusammenziehung der beiden Zustandsgleichungen sind wir in der Lage, die Bogenverlängerung Δb zu berechnen wie folgt:

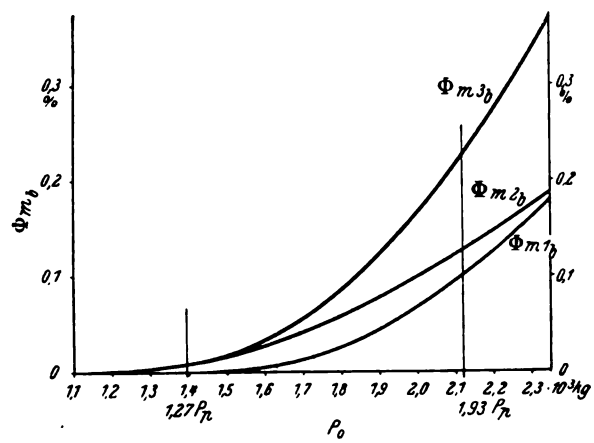
$$\Delta b = \frac{8}{3 l}\Delta f(\Delta f + 2f); \quad \ldots\ldots\ldots \quad (52)$$

es bedeuten:

Δb Bogenverlängerung in cm,
Δf Durchhangsänderung in cm,
l Spannweite in cm,
f Durchhang in cm.

Um auf die mittlere bleibende Dehnung zu kommen, dividieren wir beide Seiten der Gl. (52) durch b und erhalten

$$\frac{\Delta b}{b} = \frac{8}{3}\,\frac{1}{l^2 + \frac{8}{3}f^2}\Delta f(\Delta f + 2f). \quad \ldots \quad (53)$$



$\Phi_{m_1 b}$ gültig für $v = 0 \ldots 0{,}25$ $\Phi_{m_2 b}$ gültig für $v = 0{,}25 \ldots 0{,}5$

$\Phi_{mb} = \Phi_{m_1 b} + \Phi_{m_2 b}$

Abb. 12. Abhängigkeit der mittleren bleibenden Dehnung Φ_{mb} von der Zugspannung P_0.

Der Summand ($^8/_3 f^2$) darf gegenüber l^2 vernachlässigt werden. Gleichzeitig legen wir fest, daß für den Wert f der Durchhang f_0 bei $-5° +$ Eislast gesetzt wird. Strenggenommen müßte f_{+40} in die Rechnung eingesetzt werden; ein Unterschied ist jedoch kaum vorhanden. Für den Durchhang f_0 gilt folgende Gleichung:

$$f_0 = \frac{\delta_0 l^2}{8\,\frac{P_0 C}{Q}}\,[\text{cm}]; \quad \ldots\ldots\ldots \quad (54)$$

δ_0 spezifisches Gewicht des Leiters einschließlich des Eislastanteils in kg/cm³ (gerechnet für die VDE-Eislast: $0{,}180\sqrt{d}$ [kg/m], wobei d der Seildurchmesser in mm ist);
l Spannweite in cm;
Q Querschnitt in cm²;
$P_0 C$ Höchstzugspannung in kg, eine konstante Zahl, die bei VDE-Eislast auftritt. C ist demnach ein Faktor, der das Verhältnis zwischen der Höchstzugspannung und der jeweils vorhandenen Zugspannung angibt; er ist variabel.

Das Verhältnis $\Delta b/b$ stellt die mittlere Dehnungszunahme des Seiles dar für den Fall, daß zum Durchhang f_0 noch ein zusätzliches Δf kommt. Wir sind von der Voraussetzung ausgegangen, daß diese Dehnung eine bleibende ist, und dürfen daher setzen

$$\frac{\Delta b}{b} = \Phi_{mb}; \quad \ldots\ldots\ldots \quad (55)$$

somit wird

$$\Phi_{mb} = \frac{8}{3 l^2}\Delta f(\Delta f + 2 f_0). \quad \ldots\ldots \quad (56)$$

Wir eliminieren aus Gl. (56) die Durchhangszunahme Δf:

$$\Delta f = \frac{\delta_0 Q l^2}{8 P_0 C}\left[\sqrt{1 + 21\left(\frac{P_0 C}{\delta_0 Q l}\right)^2 \Phi_{mb}} - 1\right]. \quad (57)$$

Digitized by Google

Die Abhängigkeit der Durchhangszunahme Δf von der Eislast (kg/m) bringt Abb. 13; sie ist aufgetragen für verschiedene spezifische Maximalspannungen ($P_0 C = 10$ bis 14 kg/mm²) und für 2 Spannweiten ($l = 200$ und 250 m). Beträgt z. B. die Maximalspannung $P_0 C = 120 \cdot 11 = 1320$ kg und die Spannweite 250 m, so beginnt die bleibende Durchhangszunahme Δf bereits bei einer Zusatzlast von 0,43 kg/m, also bei 63 % der VDE-Zusatzlast. Steigt letztere auf ihren vollen Wert, so nimmt Δf bereits einen Betrag von rd. 48 cm an. Bei 1,5facher Zusatzlast würde man eine dauernde Durchhangsvergrößerung von rd. 175 cm erhalten. Wollte man ein bleibendes Δf von 1 m zulassen, so könnte für den Fall, daß keine größere Zusatzlast als $0{,}180 \sqrt{d}$ [kg/m] zu erwarten ist, die spezifische Maximalspannung mit 13 kg/mm² bei 250 m Spannweite gewählt werden. Eine derartige Maßnahme würde jedoch keineswegs den Grundsätzen des Leitungsbaues entsprechen.

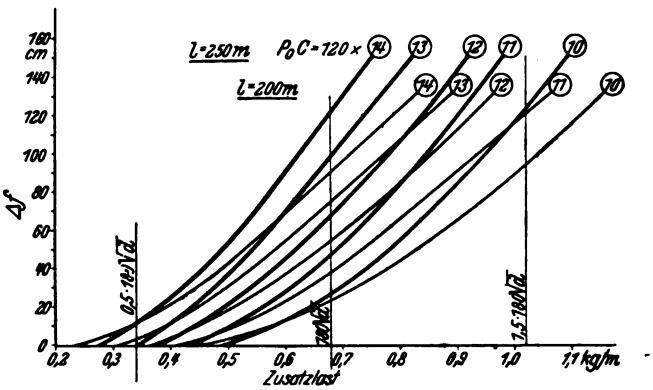


Abb. 13. Abhängigkeit der bleibenden Durchhangsvergrößerung Δf von der Zusatzlast für verschiedene Höchstzugspannungen und zwei Spannweiten.

10. Die Vermeidung der bleibenden Dehnung.

Es ist eine beim Betrieb von Überlandanlagen oftmals festgestellte Tatsache, daß nach Verlauf von mehreren Jahren die Durchhänge der Leitungen zunehmen und damit die Bodenabstände verringert werden. Wären die Seile trotz der Zusatzlast noch in allen ihren Teilen elastisch, so wären bleibende Dehnungen nicht möglich. Die Abb. 13 zeigt deutlich, daß auch die Theorie zum Ergebnis führt, daß die in diesem Aufsatz untersuchten zweischlägigen Seile den Anforderungen nicht gewachsen sind.

Man hat nun vielfach versucht, die zu geringen Bodenabstände dadurch wieder zu vergrößern, daß die Seile nachgespannt wurden. Diese Maßnahme birgt aber große Gefahren in sich. Es wurde auch festgestellt, daß nachgespannte Seile beim Auftreten von Zusatzlast reißen. Diese Art ist daher nicht zu gebrauchen. Wir wissen, daß die Normaldehnung eines Seiles [P_0/QE; Gl. (10)] nie vermieden werden kann. Tritt keine weitere Dehnung hinzu, dann darf für E auch E_p gesetzt werden, denn über die Proportionalitätsgrenze soll nicht hinausgegangen werden. Es gilt dann Gl. (9). Jedoch besteht die Möglichkeit, die Drehdehnung φ_D zu vermeiden. Es muß dann die Forderung gestellt werden, daß die Relativdrehung, d. h. die Differenzdrehung zwischen zwei benachbarten Querschnitten verschwindet. In Gl. (5) wird dann

$$F = 0$$

und damit auch

$$\varphi_D = 0.$$

Die Relativdrehung wird dann gleich Null, wenn ein drehungsfreies Seil zur Verwendung gelangt. Es gewährleistet für alle Teile die gleiche spezifische Zugspannung. Da $P_0 < P_p$, also die Zugspannung immer unter der Proportionalitätsgrenze liegt, wird in Gl. (50) auch

$$\Phi_{mb} = 0.$$

Eine bleibende Dehnung ist nicht vorhanden. Der Aufbau des drehungsfreien Seiles geht aus Abb. 14 hervor. Es muß aber darauf hingewiesen werden, daß das Wort „drehungsfrei" mit „drallfrei" nichts zu tun hat. Drallfreie Konstruktionen geben trotz der Vorformung der Drähte ein Differenzdrehmoment, das zu Belastungsverschiebungen und damit zu unzulässigen Dehnungen Anlaß gibt.

Aus Abb. 14 kann entnommen werden, daß der Durchmesser der Drähte der Außenlage kleiner ist als der der Kernseildrähte. Das Verhältnis beträgt, genau gerechnet, 1 : 1,52. Die Bayernwerk AG. hat für ihre Seile mit einem Querschnitt von 120 mm² und 95 mm² das Verhältnis 1 : 1,35 gewählt, denn hier lagen die Beziehungen zwischen dem Minimum an Drahtstärke und zulässigem Differenzdrehmoment günstiger. Sowohl die Herstellung der drehungsfreien Seile als auch ihre Verlegung boten bisher in keiner Weise Schwierigkeiten. Gegenüber den Seilen normaler Konstruktion bringen sie die Vorteile größter Sicherheit, da sie dauernd elastisch bleiben und infolgedessen auch äußeren bleibenden Zustandsänderungen nicht unterworfen sind.

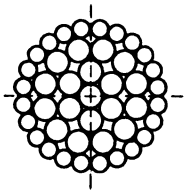


Abb. 14. Konstruktion des drehungsfreien dreischlägigen Seiles.

Lenkbare Automobilscheinwerfer.

Die in üblicher Weise fest am Wagen angeordneten Scheinwerfer vermögen ihre Aufgabe beim Befahren scharfer Kurven nur unvollkommen zu erfüllen. Daher war seit langem die Technik bestrebt, Vorrichtungen zu schaffen, durch die der Fahrer die an sich schon schwer übersehbaren und gefährlichen Wegkrümmungen auch bei Nacht überschauen kann. Im Nürnberger Werk der Siemens-Schuckertwerke wurde kürzlich der Öffentlichkeit eine Vorrichtung vorgeführt, bei der die Scheinwerfer in eine mechanische Verbindung mit der Steuerung gebracht werden. Dieser „Auto-Lichtlenker" kann am Wagen auch nachträglich unter Beibehaltung der vorhandenen Scheinwerfer angebracht werden. Die beiden drehbar gelagerten Scheinwerfer sind miteinander mittels einer Trapezverbindung zwangläufig verbunden, so daß sie bei Betätigung einer unterhalb des einen Scheinwerfers sitzenden Steuerung vom Führersitz aus gemeinsam in der Horizontalen gedreht werden können. Eine unterhalb des anderen Scheinwerfers sitzende Feder besorgt die Zurückdrehung beider Scheinwerfer in die Ruhelage. Bei Tagesfahrten bleibt der Auto-Lichtlenker außer Betrieb. Die Scheinwerfer drehen sich in Wegkrümmungen rascher als der Radeinschlag des Wagens, ihr Licht eilt daher der Bewegung des Wagens voraus, so daß stets Licht auf dem Wege ist.

Von den zahlreichen Vorschlägen, das Autofahrlicht lenkbar zu machen, sei hier weiter die Konstruktion erwähnt, bei der die drehbar angeordneten Scheinwerfer durch an feststehenden Teilen der Vorderräder (z. B. den Bremsgehäusen) angeschlossene Lenker in die jeweilige Fahrtrichtung geschwenkt werden. Hierbei wird das gemeinsame Schwenken der beiden Scheinwerfer dadurch erzielt, daß die auf den Scheinwerfer-Drehrollen sitzenden Hebel durch ein Zugglied miteinander verbunden sind wie beim „Auto-Lichtlenker". Diese Konstruktion bildete die Grundlage für weitere derartige Anordnungen, bei denen man zur Vermeidung von Erschütterungen der Scheinwerfer zwar die Lenker aus Federn herstellte, jedoch das die Scheinwerfer-Drehhebel verbindende Zugglied starr ließ, wodurch ein gemeinsames Drehen der Scheinwerfer um den gleichen Winkel erzielt wurde.

Beim Befahren von Wegkrümmungen ist es oft erwünscht, daß sich nur der nach der Innenseite der Wegkrümmung zu liegende Scheinwerfer parallel mit den Vorderrädern verstellt, während der andere Scheinwerfer sich um einen kleineren Winkel verdreht und daher auch einen Teil der geraden Fahrbahn beleuchtet. Bei dem Scheinwerfer der Albrecht & David Elektrizitäts-Gesellschaft in Saalfeld a. S. wird dies dadurch erreicht, daß an die Stelle der starren Zugstange zwischen den beiden Scheinwerfer-Drehhebeln eine mit einer gewissen Vorspannung eingesetzte Feder tritt. Hierbei zieht, wenn das Fahrzeug in eine Wegkrümmung einbiegt, das Drehseil oder die Kette, die sich nach der Innenseite der Krümmung zu befindet, den mit ihr unmittelbar verbundenen Scheinwerfer so weit herum, daß der Lichtstrahl voll in die Krümmung der Fahrbahn hineinleuchtet. Der zweite Scheinwerfer wird jedoch nicht um den gleichen Winkel gedreht, weil sich die lange Zugfeder zunächst etwas ausdehnt, ehe sie den Scheinwerfer mitnimmt; letzterer beleuchtet daher auch einen Teil der noch geraden Fahrbahn.

Die weitverbreiteten Auto-Suchscheinwerfer sind zwar auch lenkbare Scheinwerfer, doch dürfen sie nach der geltenden Vorschrift zur Fahrbahnbeleuchtung nicht angewandt werden. *Dtz.*

Digitized by Google

Die elektrische Spannungsregelung mittels Kohledruck-Widerständen.

Von **Hugo Grob**, Berlin.

Übersicht. Nach einer Besprechung der Eigenschaft der Kohle, ihren Übergangswiderstand von Kohle zu Kohle bei wechselndem Anpressungsdruck sehr stark zu verändern, werden die Grundlagen und die praktische Ausführung einer Spannungsregelung mit Hilfe von druckempfindlichen Kohlewiderständen erläutert und zum Schluß verschiedene Anwendungsmöglichkeiten derartiger Regler angeführt.

Alle selbsttätigen elektrischen Apparate mit zu öffnenden und zu schließenden Kontakten erfordern besondere Vorsichtsmaßregeln zur Sicherung einer dauernd zuverlässigen Kontaktgebung, wenn die zur Verfügung stehende mechanische Betätigungsenergie nur gering ist. Über nur sehr kleine Kräfte verfügen insbesondere die elektrischen Regler, die auf eine Differenzkraft ansprechen müssen, die um so geringer wird, je größer die Regelungsempfindlichkeit sein soll. Sind die vom Regler unmittelbar zu steuernden Ströme und Spannungen verhältnismäßig groß, so kommt man bei Anwendung der üblichen Kontaktgebungsmethoden mit geringen Betätigungsenergien nicht mehr aus und dann müssen die notwendigen Verschiebekräfte unter Kostenaufwand und Opfer an Einfachheit durch einen Servomotor gewonnen werden. Auch die Regler mit Zitterkontakten (Tirrill-Regler) vermögen wegen ihres Kontaktabbrandes nur verhältnismäßig kleine Stromstärken zu beeinflussen.

A. Die Grundlagen der Kohledruck-Spannungsregler.

Bei der elektrischen Regelung handelt es sich zunächst stets um die Veränderung einer Widerstandsgröße. Im allgemeinen wird eine solche Veränderung durch Zu- und Abschalten von Teilwiderständen mittels Kontakten hervorgebracht, eine Methode, die, wie erwähnt, zu Schwierigkeiten führt, wenn die betätigenden Kräfte nur klein sind. Nun besitzen wir in der Kohle ein Widerstandsmaterial, das eine sehr weitgehende Widerstandsveränderung zu erreichen gestattet, ohne daß hierbei Kontakte geöffnet oder geschlossen werden müssen. Diese sehr wertvolle Möglichkeit verschafft uns die Kohle durch ihre merkwürdige Eigenschaft, ihren Übergangswiderstand bei wechselndem Berührungsdruck sehr stark zu verändern.

Wie groß dieses Änderungsvermögen ist, zeigt Abb. 1. Sie bezieht sich auf eine aus 0,5 mm dicken Kohleringen aufgeschichtete senkrechte Säule von 100 mm Länge, 18 mm Außen- und 10 mm Innendurchmesser. Durch eine Steigerung des Säulendruckes von Null (wo nur das Eigensäulengewicht auf die unteren Säulenteile drückt) bis auf 22 kg vermindert sich der Säulenwiderstand von 130 Ω auf ungefähr 0,3 Ω, also auf weniger als den 100. Teil. Der Schaulinienverlauf des reziproken Widerstandes zeigt durch die am rechten Ende noch vorhandene, der Anfangsneigung fast gleiche Steilheit, daß die Fähigkeit der Säule, bei einer noch weitergehenden Drucksteigerung ihren Widerstand noch weiter zu vermindern, noch lange nicht erschöpft zu sein scheint, und die fast geradlinige Form der Linie läßt erkennen, daß das Produkt Druck mal Widerstand im ganzen Druckbereich beinahe konstant ist.

Die grundsätzliche Anordnung einer Regelungsvorrichtung nach dem Kohledruckprinzip, beispielsweise in Anwendung auf die Spannungsregelung eines Gleichstromgenerators, zeigt Abb. 2. In den Stromkreis der Erregerwicklung *B* des Stromerzeugers *A* ist eine aus dünnen Kohlescheiben oder -ringen bestehende Säule *C* eingeschaltet, die durch die Feder *D* zusammengedrückt und durch den Magnet *E* mittels seines Ankers *Q* mehr oder weniger wieder entlastet wird. Die Magnetspule ist an die zu regelnde Generatorspannung angeschlossen. Je höher diese wird, um so mehr vermindert sich der Säulendruck und um so höher steigt der Säulenwiderstand, der seinerseits die Maschinenerregung herunterdrückt und dadurch den Spannungsanstieg begrenzt.

Mit einer solchen Anordnung würde man noch nicht ohne weiteres eine genaue Spannungsregelung erzielen können, denn zur Veranlassung einer Widerstandsvergrößerung, wie sie z. B. durch eine Erhöhung der Generatorumdrehungszahl notwendig wird, müßte die zu regelnde Spannung etwas ansteigen, um die verstärkte Magneterregung herbeizuführen, die für die vermehrte Säulenentlastung notwendig ist. Die Spannungsregelung wird erst dann genau, wenn der Regler in seinem Kräftespiel vollkommen astatisch ist, d. h. wenn zwischen den drei Kräften: Magnetkraft, Federkraft und Reaktionskraft der Kohlesäule in jeder Mechanismusstellung vollkommenes Gleichgewicht herrscht, solange die Magneterregung bzw. die zu regelnde Spannung, die diese Erregung liefert, den richtigen Wert

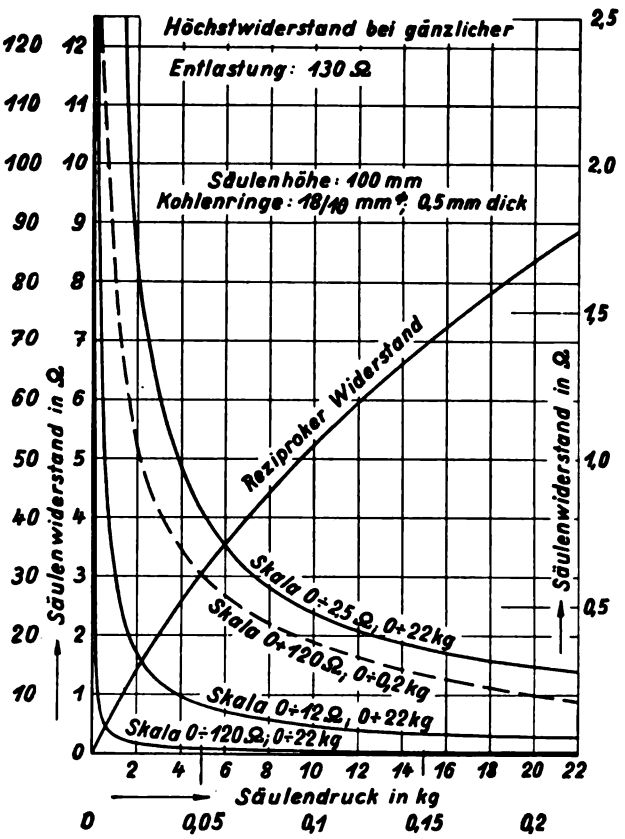


Abb. 1. Zusammenhang zwischen dem Widerstand einer aus Kohleringen aufgeschichteten Säule und dem auf ihr lastenden Druck.

besitzt. Sobald dann im Betriebe dieser Wert bei irgendeiner Magnetankerstellung nicht mehr vorhanden ist, wird das Gleichgewicht gestört und der Reglermechanismus fängt an, sich im einen oder anderen Sinn zu verschieben und kann erst wieder zur Ruhe kommen, wenn die Magnetzugkraft wieder den Gleichgewichtswert erreicht hat, der

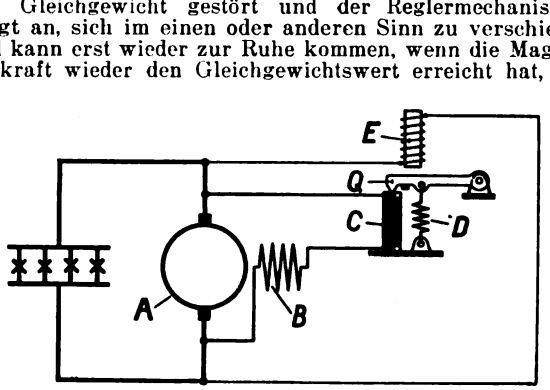


Abb. 2. Grundsätzliche Regleranordnung.

gemäß Voraussetzung nur bei der richtigen Spannungshöhe entstehen kann. Dieser Vorgang ist ganz unabhängig davon, welche Lage der Regelungsmechanismus zur Herbeiführung der richtigen Generatorspannung einnehmen muß, d. h. welche Säulen-Ohmzahl notwendig ist, um dem Erregerstrom die richtige Größe zu erteilen, und welchen Druck hierbei die Kohlensäule erfordert.

Digitized by Google

Der Verlauf der Reaktionskraft der Säule längs ihres Elastizitätshubes ist unveränderlich gegeben, und die Zugkraft-Kennlinien des Magneten und der Feder längs ihrer Arbeitshübe können nur beschränkt geändert werden. Zur Herbeiführung eines durchgehenden Gleichgewichtes ist deshalb eine besondere Kräfteausgleich-Vorrichtung notwendig. Abb. 3 zeigt die Ausführung einer solchen, wie sie bei den Kohledruck-Spannungsreglern der Julius Pintsch AG. in Berlin in Anwendung ist. Der Reglermagnet *E* ist als Drehmagnet ausgebildet. Auf seinen Anker *Q* wirken 3 Kräfte, nämlich der Magnetzug und die Reaktionskraft der mit Kniehebelwirkung gedrückten Kohlesäule *C* in der einen und die Kraft der Feder *D* in der anderen Richtung. Der Kräfteausgleich wird durch eine Steuerung des Federkraft-Abstandes vom Ankerdrehpunkt herbeigeführt mittels eines Kurvenstückes *R*, an das sich das Federzugband *S* im Verlaufe der Ankeranziehung nach und nach anlegt. Die Kurvenform ist so gewählt, daß in jeder Ankerstellung die Federkraftachse *S* in einen solchen Abstand vom Ankerdrehpunkt *T* gelangt, daß das von der Feder ausgeübte Drehmoment gleich der Summe der Drehmomente der beiden anderen Kräfte ist.

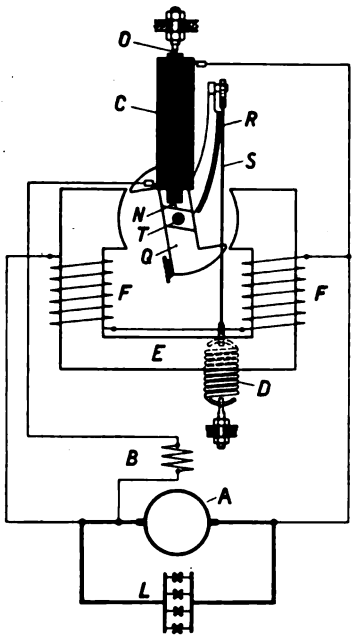


Abb. 3. Kräfteausgleich-Vorrichtung des Reglers.

Zur Vermeidung von Spannungspendelungen, die wegen der Massenträgheit des Reglers und als Folge der Selbstinduktion der mitwirkenden Magnetspulen unweigerlich eintreten würden, dient ein Luft- oder Flüssigkeitsdämpfer.

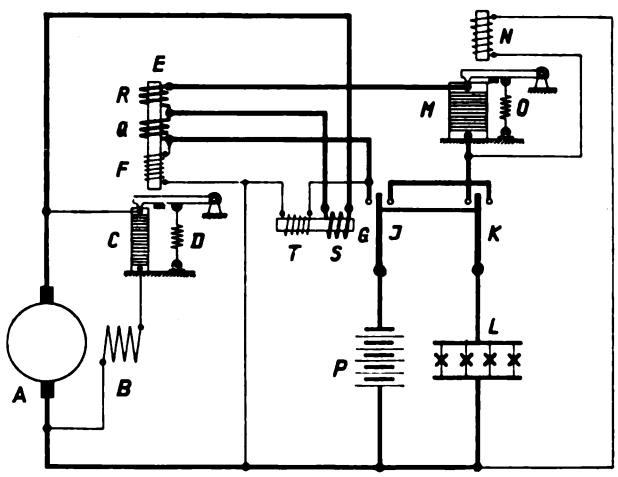


Abb. 4. Schaltung der Kohledruckregler beim Zugbeleuchtungssystem Pintsch.

Die beschriebene Anordnung gestattet theoretisch die Erreichung einer mathematisch genauen Regelung. In der Praxis stehen dem jedoch einige störende Einflüsse entgegen, nämlich die Mechanismusreibung, die Koerzitivkraft des magnetischen Eisenpfades (remanenter Magnetismus), die Längenausdehnung der Kohlesäule und des Reglergestelles durch die Wärme und die Spulenwiderstandsveränderung bei verschiedenen Temperaturen. Die Unschädlichmachung der Reibung und der Spulenwiderstandsveränderung gelingt ohne weiteres durch Anwendung von Schneiden, Kugellagern u. dgl. und durch Vorschaltung eines genügend großen unveränderlichen Widerstandes. Die Koerzitivkraft des Eisens, die bewirkt, daß bei ein und derselben Ankerstellung zur Herbeiführung des Gleichgewichtes bei steigender Magneterregung ein stärkerer Erregerstrom (d. h. ein höherer Wert der geregelten Spannung) notwendig ist als bei fallender Erregung, muß durch die Anwendung verhältnismäßig großer magnetischer Luftwege in ihrer Wirkung gehemmt werden. Die Längenausdehnungen durch Wärme spielen nur bei Präzisionsreglern eine Rolle und äußern sich in einer unrichtigen Reaktionskraft der Kohlesäule. Um denselben Betrag, um den der Säulenrückdruck in einer bestimmten Ankerstellung infolge von Längenänderungen größer oder kleiner geworden ist als die Rückdruckkraft, die bei der Bestimmung der Leitkurvenform vorhanden war, muß der Magnet weniger oder mehr ziehen, um wieder Gleichgewicht herbeizuführen, und dies ist mit einem entsprechenden Spannungsfehler verbunden. Diesem Einfluß kann durch eine nicht eindeutig feste Anordnung der Gegendruckplatte der Kohlesäule (Widerlagerpunkt *O* in Abb. 3) begegnet werden. Diese Platte ist an dünnen Metallbändern, die in geringem Abstand parallel zur Kohlesäule verlaufen, angehängt und steht unter dem Druck von starken Federn, die die Bänder gespannt erhalten. Der Ausdehnungskoeffizient der Metallbänder bzw. die Metallsorte und der Bandabstand sind so gewählt, daß bei warmer Säule beide Längenausdehnungen ungefähr gleich werden. Die geringe Bandmasse bürgt für ein rasches Nachfolgen der Metalltemperatur. Die praktische Ausführung ist aus den Abb. 7 und 8 ersichtlich. Die an der oberen Gegenplatte angreifenden Druckfedern sind in den beiden Hohlsäulen untergebracht.

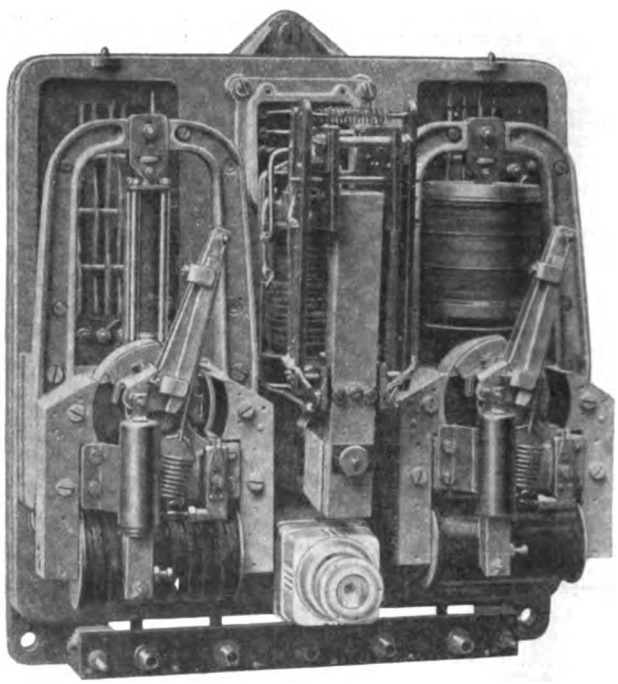


Abb. 5. Kohledruckregler des Einheits-Zugbeleuchtungssystems der Deutschen Reichsbahn.

Eine frisch aufgeschichtete Kohlesäule verkürzt sich durch die Druckwirkungen des Betriebes im Anfang um einen gewissen Betrag, weil die einzelnen Scheiben, die zuerst nur mit den Spitzen ihrer mikroskopisch feinen Unebenheiten aufeinander aufliegen, mit der Zeit sich besser aneinander anschmiegen. Dieser Vorgang bewirkt wegen des Ausfalles an Säulenreaktionskraft eine geringe Erhöhung der geregelten Spannung. Zur Vermeidung dieses Übelstandes wird jede frisch aufgeschichtete Kohlesäule nach ihrem Einbau vorübergehend einem verstärkten intermittierenden Druck ausgesetzt, wodurch in ganz kurzer Zeit die endgültige Säulenlänge herbeigeführt wird, die sich nachher nicht mehr ändert. Je stärker übrigens die Magnet- und die Federkraft gewählt werden, die beide unveränderlich bleiben, um so mehr verschwindet der Einfluß einer nicht ganz richtigen Säulenlänge.

Mit den Reglern der beschriebenen Bauart kann ohne besondere Schwierigkeit eine dauernde Regelungsgenauigkeit von ± 0,5 % erreicht werden, und noch höhere Genauigkeitsgrade sind möglich. Der Hauptvorzug der

Digitized by Google

Kohledruckregler liegt in der Vermeidung von Kontakten, die geöffnet und geschlossen werden müssen, und in der einfachen und nur sehr geringen Mechanismusbewegung, die keine Abnutzung hervorruft. Die Betriebsicherheit der Apparate ist daher eine außerordentlich hohe, wie auch die praktische Erfahrung bestätigt.

B. Anwendung.

Die Kohledruckregler finden vielerlei Anwendungsmöglichkeiten. Ein Hauptgebiet ist die elektrische Zugbeleuchtung. Abb. 4 zeigt ihre Wirkungsweise beim Zugbeleuchtungsystem Pintsch, wo sie die Aufgabe haben, die Spannung des von der Wagenachse aus angetriebenen Stromerzeugers unabhängig von der Antriebsgeschwindigkeit konstant zu halten, und ferner die Aufgabe, den Überschuß der höheren Batterieladespannung über die niedrigere Lichtspannung zu vernichten. Die Generatorregelung vollzieht sich mit Hilfe der Kohlesäule *C* auf die bei Abb. 2 beschriebene Art, und zur Konstanthaltung der Lichtspannung dient die Kohlesäule *M*,

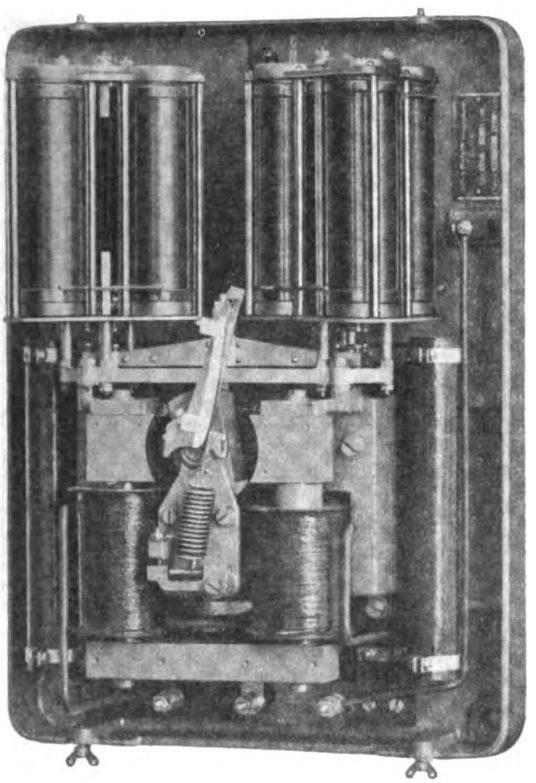


Abb. 6. Kohledruckregler für die Beleuchtung elektrischer Bahnen von der Fahrleitungspannung aus.

deren regelnder Magnet *N* von der Lichtspannung erregt wird. Der Säulenwiderstand stellt sich stets auf eine solche Ohmzahl ein, daß unabhängig von der Höhe der Maschinenspannung und der Lichtstromgröße für die Lampen die richtige Spannung übrigbleibt. Die zusätzlichen Spulen *Q* und *R* auf dem Maschinenspannungsregler dienen zur Beeinflussung der Batterieladespannung durch den Lade- und den Lichtstrom. In der ersten erzeugt der Ladestrom positive Amperewindungen und zwingt dadurch (zur Erfüllung der Gleichgewichtsbedingung) die Spannungspule *F* bzw. die zu regelnde Maschinenspannung zu einer entsprechenden Erniedrigung der Grundamperewindungszahl. Fließender Ladestrom drückt also die Maschinenspannung herunter und begrenzt dadurch sich selbst auf einen bestimmten Höchstwert zum Schutz der Maschine vor Überlastung. Umgekehrt wirkt der Lichtstrom mittels der Spule *R* in schwächendem Sinn auf den Reglermagnetkreis und veranlaßt so den Generator bei eingeschalteten Lampen zu einer Spannungserhöhung. Der so bei Tage vorhandene etwas geringere Ladespannungswert hat, hauptsächlich in den Sommermonaten mit ihrer kurzen Beleuchtungszeit, eine erhebliche Batterieschonung zur Folge. Durch den Magnetschalter *G* werden die Batterie und die Lampen bei Stillstand unmittelbar miteinander verbunden und bei Fahrt nach Erreichung einer gewissen Generatorspannung voneinander getrennt und einzeln an die Maschine angeschlossen. Abb. 5 zeigt die mechanische Ausführung des Reglers. Die Deutsche Reichsbahn und andere Bahnen haben dieses Zugbeleuchtungsystem als Normalsystem angenommen. Die in Betrieb befindlichen Anlagen, über 13 000,

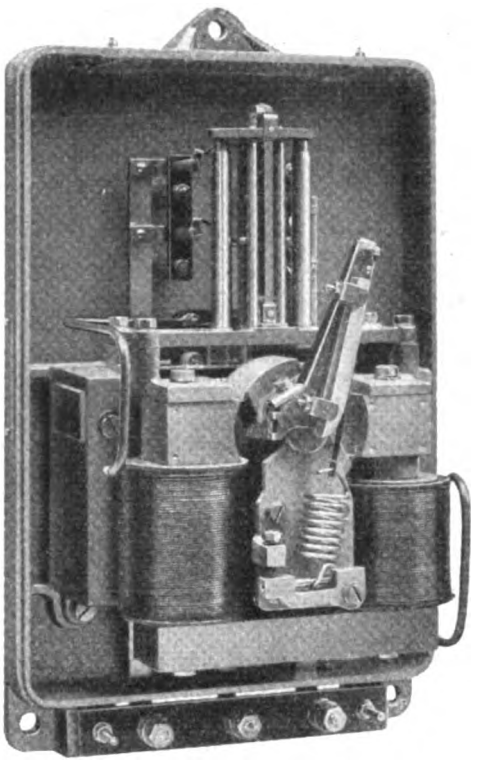


Abb. 7. Kohledruckregler zur Nebenschlußregelung eines Umformers

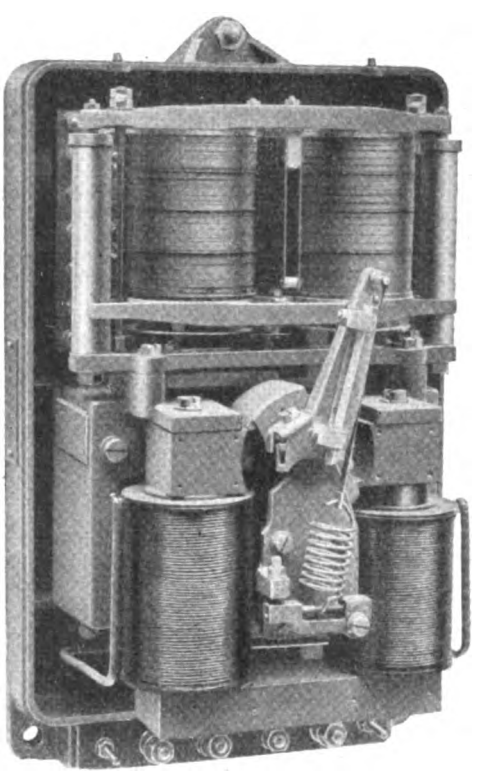


Abb. 8. Kohledruckregler zur Regelung der Heizspannung von Verstärkerröhren.

beweisen die außerordentlich hohe Betriebsicherheit und Zuverlässigkeit der Spannungsregelung durch Kohledruck-Widerstände.

Sehr wertvolle Dienste leisten die Kohledruckregler auch bei der Beleuchtung elektrischer Bahnen von der schwankenden Fahrleitungspannung aus.

Digitized by Google

Die Widerstandsäulen werden in diesem Falle dem Lichtnetz vorgeschaltet und vernichten stets den Überschuß der Fahrleitungspannung über den Sollspannungswert des Lichtnetzes, der etwas niedriger als die niedrigste vorkommende Betriebspannung gewählt wird. Abb. 6 zeigt die Reglerausführung, wie sie bei der Berliner Stadt- und Ringbahn in Anwendung ist. Die Lichtnetzspannung (5 in Reihe geschaltete Lampen) beträgt 550 V und die Fahrleitungspannung schwankt zwischen 1000 und 600 V bei einem Lichtstromverbrauch jedes Wagens von 2,7 bis 1,6 A. Jeder Wagen besitzt seinen eigenen Regler. Wegen der Höhe der zu vernichtenden Spannung und wegen des beträchtlichen Energieumsatzes in den Kohlewiderständen sind hier 6 Säulen notwendig.

Erhebliche Vorteile bietet die Anwendung von Kohledruckreglern ferner auf dem Gebiet der Röhrentechnik für Sende- und Verstärkerzwecke. Sie eignen sich sehr gut zur Konstanthaltung der Heiz- und der Anodenspannung entweder durch Nebenschlußregelung des stromliefernden Generators oder durch Veränderung eines Vorschaltwiderstandes im Nutzstromkreis. Die Deutsche Reichstelegraphenverwaltung rüstet ihre gesamten Verstärkerämter zur Konstanthaltung der Heiz- und der Anodenspannung mit Kohledruckreglern aus und andere Verwaltungen folgen nach. Bei den Heizspannungsreglern wird eine Regelungsgenauigkeit von ± 2 % verlangt und bei der Anodenspannungsregelung ± 1 %. Im Senderöhrenbetrieb wird ein Fehler von höchstens ± 5 % zugelassen, weil die Heizspannung, besonders bei Kurzwellensendern, die Wellenfrequenz beeinflußt.

Bei der Energielieferung durch eine knapp bemessene Batterie ist ein möglichst geringer Eigenstromverbrauch des Reglers von Bedeutung. Auch in dieser Hinsicht genügen die Kohledruckregler allen Anforderungen. Die Abb. 7 zeigt einen Umformer-Nebenschlußregler für 25 V (Regelungsgenauigkeit ± 0,5 %) und für eine Erregerstromänderung von 2 ... 5 A mit einem Eigenverbrauch von 8 W in den Spulen und 29 W im Vorschaltwiderstand; Abb. 8 zeigt einen Heizkreisregler für 9 V ± 2 %, 10 ... 70 A und eine zugeführte Spannung von 14,1 ... 11 V mit einem Eigenverbrauch von je 9 W in den Spulen und im Vorschaltwiderstand.

Auf Grund der beschriebenen Eigenschaften finden die Kohledruckregler ein weites Anwendungsgebiet in den Sendestationen von Schiffen, Luftschiffen, elektrischen Zentralen usw. und sind für diese Betriebe auch darum besonders geeignet, weil sie, im Gegensatz zu Tirrill-Reglern, infolge ihrer gänzlichen Funkenlosigkeit den Nachrichtenempfang nicht stören. Dazu kommt noch der verhältnismäßig niedrige Preis der Regler, der von den Präzisionsreglern mit Metallwiderständen kaum erreicht werden dürfte.

Es besteht kein Zweifel, daß Kohledruckregler auch zur Steuerung von Großkraftwerken geeignet sind. Grundsätzlich lassen sich auch für beliebig große Energieumsätze berechnete Kohlesäulen durch Reglermagnete noch steuern, und die hierbei notwendige nur geringe Mechanismusbewegung ermöglicht ohne Pendelungsgefahr die Erreichung hoher Regelungsgeschwindigkeiten.

Die Energiewirtschaft der Welt in Zahlen.

In der energiewirtschaftlichen Literatur, die im Zusammenhang mit der Zweiten Weltkraftkonferenz 1930 wertvollen Zuwachs erfahren hat, darf die unter obigem Titel vom deutschen Institut für Konjunkturforschung[1] herausgegebene Schrift besonderes Interesse beanspruchen. Als die für die Energieversorgung wichtigsten Kraftquellen werden darin die natürlichen Brennstoffe Kohle, Erdöl und Gas sowie die Wasserkräfte behandelt. Daneben findet die aus ihnen gewonnene Elektrizität die ihr im Zeitalter dieser Energieform gebührende Berücksichtigung.

Der wesentlichste Teil der Energieversorgung der Welt baut sich auf der Kohle auf. Nach den Ermittlungen des XII. Internationalen Geologenkongresses, Toronto 1913, die, für derartige Betrachtungen immer noch maßgebend, inzwischen vom Verein für die bergbaulichen Interessen in Essen aber ergänzt und berichtigt wurden, belaufen sich die sicheren Kohlenvorräte — Braunkohle in Steinkohle umgerechnet — auf rd. 992 Mrd t. Davon kommen rd. 522 Mrd t, d. s. 52,6 %, auf Steinkohle, 470 Mrd t (= 1,17 Bill t effektiv) oder 47,4 % auf Braunkohle.

Nach Zahlentafel 1 entfallen von den gesamten sicheren Kohlenschätzen der Welt (Kohle inges. in Steinkohlenwert) 70,4 % auf Amerika — davon 51,6 % auf die Vereinigten Staaten und 18,6 % auf Kanada —, 27,2 % auf Europa — davon 14,3 % auf Großbritannien, 8,9 % auf das Deutsche Reich und 1,1 % auf Polen —, 2 % auf Asien — davon 1,9 % auf China — und schließlich 0,3 % auf Ozeanien und 0,1 % auf Afrika. Die gesamten sicheren europäischen Kohlenvorkommen befinden sich zu über 50 % in England und etwa 30 % in Deutschland, doch sind hier die sicheren und wahrscheinlichen fast ebenso hoch wie dort, die sicheren Steinkohlenvorräte allein jedoch jenseits des Kanals um über 56 Mrd t größer als bei uns. Dagegen verfügt aber Deutschland noch über rd. 9,3 Mrd t sichere Braunkohle, von der den größten Anteil in Europa die Tschechoslowakei (11,85 Mrd t) hat. Besonders reich an sicheren Kohlenlagern ist Amerika. Dort finden wir 45,8 % aller Steinkohlen und 97,8 % der gesamten Braunkohlenreserven der Welt. Während in allen anderen Erdteilen die Steinkohlenvorräte diejenigen an Braunkohle weit übertreffen — in Europa z. B. um rd. 91 % —, entfallen in Amerika auf die Braunkohle etwa zwei Drittel der vorhandenen Kohlenvorräte (in Steinkohlenwert).

Infolge der zunehmenden Verwendung von Verbrennungsmaschinen, namentlich für den Verkehr, aber auch für industrielle und gewerbliche Zwecke kommt dem zweitwichtigsten Energieträger, dem Erdöl, stetig wachsende Bedeutung zu. Die gesamte Weltreserve an Erdöl wird

[1] Vierteljahrshefte zur Konjunkturforschung, Sonderheft 19. Verlag von Reimar Hobbing, Berlin 1930. Preis kart. 6,50 RM.

1. Die Kohlenvorräte der Welt[2].

Erdteile und Länder	Sichere und wahrscheinliche Vorräte Mill t		davon sichere Vorräte Mill t			
	Steinkohle	Braunkohle	Steinkohle	Braunkohle	Kohle insgesamt[4]	In % der Erdteilvorräte
Europa	634 269	43 032	260 159	24 407	269 971	—
davon						
Großbritannien	189 533	—	141 499	—	141 499	52,4
Deutsches Reich	175 436	13 352	85 031	9 283	88 763	32,9
Polen	150 140	131	10 483	35	10 497	3,9
Tschechoslowakei	8 787	12 434	2 265	11 852	7 030	2,6
Spanien	8 001	767	5 826	394	5 984	2,2
Frankreich	16 751	1 632	5 003	301	5 124	1,9
Niederlande	5 000	—	3 165	—	3 165	1,2
Belgien[3]	11 000	—	6 600	—	6 600	2,5
Amerika	2 302 701	2 814 097	239 320	1 141 358	698 146	—
davon						
V. S. Amerika	1 986 408	1 863 479	207 381	756 386	511 448	73,3
Kanada	283 695	950 614	29 852	384 972	184 611	26,4
Asien	672 824	13 690	20 205	297	20 324	—
davon						
China	217 058	568	18 666	—	18 666	91,8
Japan und Korea	7 246	805	909	72	938	4,6
Ozeanien	134 157	35 268	2 504	1 569	3 135	—
davon						
Australien	132 909	32 633	2 070	219	2 158	68,8
Afrika	56 785	1 054	345	154	407	—
Welt	3 800 736	2 907 147	522 533	1 167 785	991 983	—

auf etwa 6,2 Mrd t geschätzt, das ist (in Steinkohlenwert) also nicht einmal 1 % des gesamten sicheren Kohlenvorrats. Über die Hälfte davon (50,6 %) entfällt auf Amerika, 44,6 % auf asiatische Länder. Die Anteile am Weltvorkommen betragen je zwischen 16 und 13 % in den V. S. Amerika, im nördlichen Südamerika einschl. Peru, in den asiatischen Gebietsteilen Rußlands einschl. Sibirien und Kaukasus, ferner in Persien einschl. Mesopotamien, zwischen 10,5 und 7 % in Mexiko, im südlichen Südamerika einschl. Bolivien und in Ostindien.

Die Schätzungen der vorhandenen Wasserkräfte zeigen besonders große Abweichungen. Jedoch wurden ähnlich wie vom U. S. Geological Survey auch von der Federal Power Commission, Department of the Interior U. S. A. (Commerce Yearbook II 1928) die auf der Welt verfügbaren Wasserkräfte mit nicht ganz 0,5 Mrd PS angenommen (Zahlentafel 2).

[2] Bis 2000 m Teufe.
[3] Geschätzt.
[4] Braunkohle auf Steinkohle umgerechnet (1 t Braunkohle = 0,402 t Steinkohle).

Digitized by Google

2. Die Wasserkräfte der Welt 1926.

Erdteile und Länder	Wasserkräfte 1000 PS vorhanden	Wasserkräfte 1000 PS ausgebaut	Erdteile und Länder	Wasserkräfte 1000 PS vorhanden	Wasserkräfte 1000 PS ausgebaut
Europa	58 094	13 099	Nordamerika	65 800	16 838
davon			davon		
Norwegen	9 500	1 900	V. S. Amerika	35 000	11 721
Schweden	8 000	1 350	Kanada	18 250	4 556
UdSSR	8 425	275	Mexiko	6 000	300
Frankreich	5 400	2 000	Südamerika	53 600	751
Spanien	4 000	1 000	davon		
Italien	3 800	2 300	Brasilien	25 000	500
Jugoslawien	3 000	180	Argentinien	5 000	25
Schweiz	2 500	1 850	Peru	4 500	55
Deutsches Reich	2 000	1 100	Kolumbien	4 000	25
Finnland	1 800	220	Chile	2 500	114
Österreich	1 660	325	Asien	69 200	2 068
Rumänien	1 600	30	davon		
Polen	1 400	90	Indien	27 000	200
Bulgarien	1 200	18	China	20 000	2
Tschechoslowakei	1 000	155	Japan	4 500	1 750
Afrika	190 950	14	Sibirien	8 000	91
			Ozeanien	16 650	243
			Welt	454 000	33 012

Somit entfallen von den insgesamt vorhandenen Wasserkräften der Welt auf Afrika 42,0 %, Asien 15,2 %, Nordamerika 14,5 %, Europa 12,8 %, Südamerika 11,8 %, Ozeanien 3,7 %. Die in Europa wahrscheinlich verfügbaren 58 Mill PS verteilen sich zu 30,2 % auf Schweden und Norwegen, 14,5 % auf Europäisch-Rußland, 9,3 % auf Frankreich, 6,9 % auf Spanien, 6,5 % auf Italien; es folgen Jugoslawien und die Schweiz, während Deutschland rd. 2 Mill PS[5], d. s. über ein Dreißigstel der europäischen Wasserkräfte, zur Verfügung stehen.

Aus diesen Ziffern und unter Zugrundelegung des gegenwärtigen Jahresverbrauchs folgert das Institut für Konjunkturforschung, daß, während die Wasserkraftenergie von ewiger Dauer ist, die Erdölreserven der Welt vermutlich bereits in einigen Jahrzehnten aufgebraucht sind. Die sicheren Steinkohlenvorräte dürften in den V. S. Amerika, Großbritannien und Deutschland noch 4 bis 5 Jahrhunderte lang ausgebeutet werden können, in Frankreich weniger als 100 Jahre und in Jugoslawien, Ungarn und Japan vermutlich nur noch wenige Jahrzehnte. Der deutsche Vorrat an Braunkohle ist auch unter Berücksichtigung der wahrscheinlichen Lagerstätten in rd. 80 Jahren erschöpft. Dagegen verringert sich die ungeheure Braunkohlenreserve in den V. S. Amerika nur wenig, weil dort nennenswerte Mengen gegenwärtig nicht gefördert werden. Auch für andere Energiearten sind, wie im folgenden gezeigt wird, die wichtigsten Vorratsländer vielfach nicht zugleich auch die Hauptproduktionsländer.

3. Die Kohlenförderung der Welt 1929.

Erdteile und Länder	Steinkohle	Braunkohle	Steinkohle und Braunkohle in Steinkohlenwert	in % der Erdteile
	Mill t			
Europa	636,8	222,1	698,1	
davon				
Großbritannien	260,8	—	260,8	37,4
Deutsches Reich einschl. Saargebiet	177,0	174,5	215,8	30,9
Frankreich	53,7	1,2	54,1	7,7
Polen	46,2	.	46,3	6,6
UdSSR (europ. Teil)	33,7	2,1	34,4	4,9
Tschechoslowakei	16,8	22,6	30,0	4,3
Belgien	26,9	—	26,9	3,9
Niederlande	11,6	0,2	11,6	1,7
Amerika	561,5	3,6	562,7	—
davon				
V. S. Amerika	546,1	—	546,1	97,0
Kanada	12,3	3,6	13,5	2,4
Asien	93,8	0,9	94,1	—
davon				
Japan	32,0	—	32,0	34,0
Britisch-Indien	23,5	—	23,5	25,0
China	18,3	—	18,3	19,4
Afrika	13,8	0,5	13,9	—
davon				
Südafrikanische Union	12,6	—	12,6	90,6
Australien	13,4	2,7	14,3	—
davon				
Neusüdwales	9,6	—	9,6	67,1
Welt	1319,2	229,8	1383,1	—

[5] In anderen Schätzungen wird die Leistung der im Deutschen Reich ausgebauten und noch ausbauwürdigen Wasserkräfte mit 4,5 bis 5 Mill kW angegeben.

Die gesamte Energiegewinnung betrug 1928

			% der Weltproduktion
Steinkohle	1 248 Mill t	Steinkohlenwert, das sind	71,7
Braunkohle	60 „ „	„ „ „	3,4
Erdöl	288 „ „	„ „ „	16,5
Wasserkraft	146[6] „ „	„ „ „	8,4
Zusammen	1 742 Mill t	Steinkohlenwert.	

In der Weltkohlenförderung kommt der Braunkohle also nur geringe Bedeutung zu; lediglich 3,4 % der gesamten Energiegewinnung entfallen auf diesen Brennstoff. Zahlentafel 3 läßt erkennen, daß an der gesamten Braunkohlenproduktion der Welt Deutschland mit 76 %, die Tschechoslowakei mit 10 %, andere europäische Länder mit 11 % und Kanada mit 1,5 % beteiligt sind.

Von der gesamten Steinkohlenförderung entfallen auf Europa 48,3 % (davon Großbritannien 19,8 %, Deutschland 13,4 %, Frankreich 4,1 %, Polen 3,5 %), auf Amerika 42,6 % (davon V. S. Amerika 41,4 %), auf Asien 2,4 % und der Rest ungefähr zu gleichen Teilen auf Afrika und Australien.

Die Erdölgewinnung der Welt hat sich seit 1924 von 1,01 auf 1,49 Mrd Barrels = 206,6 Mill t erhöht. Der Anteil der Vereinigten Staaten ist überragend; er betrug 1929 nach Zahlentafel 4 66,7 % der Weltproduktion. Von der europäischen Ölgewinnung (9,6 % der Weltproduktion) entfielen rd. zwei Drittel auf Rußland und ein Viertel auf Rumänien; Asien war mit 6,8 % beteiligt.

4. Die Erdölgewinnung der Welt 1929.

Erdteile und Länder	1000 t	Erdteile und Länder	1000 t
Europa	19 843	Amerika	172 535
davon		davon	
UdSSR	14 114	V. S. Amerika	137 865
Rumänien	4 860	Venezuela	20 363
Polen	670	Mexiko	6 780
Deutschland	104	Kolumbien	2 911
		Peru	1 774
Asien	13 991	Argentinien	1 279
davon			
Persien	6 072	Afrika (Ägypten)	272
Niederl.-Indien	5 395		
Britisch-Indien	1 189	Welt	206 645

Die ausgebauten Wasserkräfte nach Erdteilen und Ländern sind in Zahlentafel 2 mit den überhaupt vorhandenen zusammen aufgeführt. Danach hat man von den insgesamt vermutlich vorhandenen 454 Mill PS bis 1926 rd. 33 Mill PS bzw. 7,3 % verwertet. Auch in dieser Beziehung steht Amerika an erster Stelle. Von sämtlichen nutzbar gemachten Wasserkräften der Welt verfügt Nordamerika über 16,8 Mill PS bzw. 51 %, u. zw. die Union über 11,7 Mill PS oder 35,5 % und Kanada über 4,6 Mill PS bzw. 13,8 %. Europa hat sich 13,1 Mill PS, d. s. 39,7 % der Weltleistung, dienstbar gemacht. Der Anteil der Länder an den in Europa ausgebauten Wasserkräften betrug für Italien 17,6 %, Frankreich 15,3 %, Norwegen 14,5 %, die Schweiz, die schon rd. 74 % der dort überhaupt vorhandenen zur Arbeit herangezogenen hat, 14,1 %, Schweden 10,3 % und Deutschland 8,4 %. Die gewaltigen Wasserkräfte Afrikas, Südamerikas und Asiens liegen hinsichtlich der wirtschaftlichen Verwertung noch fast brach.

Faßt man die hier behandelten wichtigsten Energieträger zusammen, indem man die Erzeugung jeweils in Steinkohlenwert ausdrückt, so stellt sich die Gewinnung der Brennstoffe und Ausnutzung der vorhandenen Wasserkräfte nach Erdteilen und den wichtigsten Ländern folgendermaßen:

5. Verteilung der Gesamtenergie auf Erdteile und Länder 1928.

Erdteile und Länder	gesamte Energieerzeugung (in Steinkohlenwert)	davon Kohle insgesamt	davon Erdöl	davon Wasserkraft
	Mill t	in % des Gebietes		
Europa	730	88,5	3,6	7,9
Großbritannien	242	99,6	—	0,4
Deutsches Reich	206	97,6	.	2,4
Frankreich	61	85,2	.	14,8
Rußland	50	62,0	36,0	2,0
Amerika	859	62,7	28,3	9,1
V. S. Amerika	769	68,0	25,2	6,8
Kanada	34	41,2	.	58,8
Asien	124	76,6	16,1	7,3
Japan	42	81,0	.	19,0
Britisch-Indien	26	88,5	7,7	3,8
China	18	100,0	—	.
Australien	15	93,3	—	6,7
Afrika	14	100,0	.	.
Welt	1742	75,1	16,5	8,4

[6] Berechnet aus der im Jahre 1926 installierten Leistung unter Zugrundelegung einer theoretischen Benutzungsdauer von 6000 h.

Digitized by Google

Unter den übrigen, hier nicht genannten Energieträgern wird die Weltgewinnung von Holz auf etwa 400 Mill t, von Windkraft, Torf, Erdgas u. a. auf rd. 100 Mill t in Steinkohlenwert geschätzt. Bei Erdgas allein betrug sie 1928 46,9 Mrd m³, von denen 94,7 % auf die V. S. Amerika entfielen, wo das Erdgas für gewerbliche Zwecke eine größere Rolle spielt als künstlich produziertes Gas. In den Rest teilen sich Kanada, Rumänien, Niederländisch-Indien, Polen und Rußland.

Zahlentafel 6 zeigt, daß die wichtigsten Kohlenförderungsländer auch in bezug auf den Kohlenverbrauch, der unter Berücksichtigung des Einfuhr- bzw. Ausfuhrüberschusses festgestellt werden kann, an der Spitze stehen:

6. Kohlenförderung und -verbrauch 1928.

Länder	Förderung[7]	Verbrauch[8]	Einfuhr- (+) bzw. Ausfuhr- (—) Überschuß	Verbrauch je Kopf der Bevölkerung
	Mill t			t
Belgien	27,6	34,3[9]	+ 6,7	4,17
V. S. Amerika	522,6	499,9	— 22,7	4,16
Großbritannien	241,3	168,9	— 72,4	3,81
Kanada	13,6	29,8	+ 16,2	3,09
Deutsches Reich	187,7	157,3	— 30,4	2,47
Australien	12,6	13,6	+ 1,0	2,16
Frankreich	51,7	84,9[10]	+ 20,1[10]	2,03
Tschechoslowakei	26,6	27,0	+ 0,4	1,87
Niederlande	10,8	11,5	+ 0,7	1,50
Südafrikanische Union	12,2	9,0	— 3,2	1,16
Polen	40,6	27,7	— 12,9	0,92
Japan	33,9	31,2	— 2,7	0,50

Während der Kohlenbedarf der Gaswerke im Verhältnis zum Gesamtverbrauch in den meisten Ländern gering ist, beträgt der Anteil der Wärmekraftwerke zur Erzeugung elektrischer Arbeit in Deutschland 15,5 %, in den Vereinigten Staaten 10,6 %, in Großbritannien 9,2 % und in Frankreich 8,3 %.

Die gesamte Welterzeugung elektrischer Arbeit belief sich im Jahr 1928 auf 255,6 Mrd kWh. Davon entfielen auf Amerika 134,8 oder 52,7 %, auf Europa 105,2 Mrd kWh bzw. 41,2 %, der Rest auf die übrigen drei Erdteile. Die Möglichkeit, gewaltige Kräfte mit wirtschaftlichem Erfolg auf weite Entfernungen zu übertragen und zu verteilen, hat in allen Kulturstaaten eine überaus rasche Entwicklung der Stromversorgung zur Folge gehabt. Gegenüber dem Jahr 1925 erfuhr die Weltstromerzeugung eine 37prozentige Steigerung, die europäische eine Zunahme um 34,5 %. Die wichtigsten Stromgewinnungsländer der Welt sind in Zahlentafel 7 aufgeführt, die — soweit feststellbar — auch Angaben über den Anteil der öffentlichen Werke und der gewerblichen Eigenanlagen an der Gesamtproduktion und die installierte Leistung enthält.

7. Die Elektrizitätserzeugung der Welt 1928.

Erdteile und Länder	Leistungsfähigkeit gesamt	Stromerzeugung gesamt	Eigenanlagen	öffentliche Werke
	1000 kW	Mill kWh		
Europa	.	105 203	.	.
davon				
Deutschland	11 102	27 871	14 146	13 725
Großbritannien	8 860	14 960	9 750	5 210[11]
Frankreich	6 850[12]	13 100	13 100	
Italien	3 850	10 000	8 442	1 558
Norwegen	1 686	8 400	8 400	
Schweiz	1 577	5 300	4 000	1 300
Rußland	2 130	4 500	2 278	2 222
Schweden	.	4 410	3 100	1 310
Belgien	1 511	3 725	1 465	2 260
Polen	.	2 406	1 053	1 353
Österreich	.	2 400	1 350	1 050
Spanien[13]	906	1 849	1 849	
Tschechoslowakei	.	1 600	500	1 100
Niederlande	761	1 502	1 502	
Amerika	.	134 784	.	.
davon				
V. S. Amerika	.	113 000	87 850	25 150
Kanada	4 048	17 531	15 931	1 600
Mexiko	.	1 500	1 500	
Argentinien[14]	.	702	702	
Asien, Afrika, Australien	.	15 635	.	.
davon				
Japan	.	11 000	11 000	
Australischer Bund	.	2 195	2 195	

[7] Steinkohle und Braunkohle in Steinkohlenwert. — [8] Braunkohle, Briketts und Koks auf Steinkohlenwert umgerechnet. — [9] Einschl. Luxemburg. — [10] Einschl. Saargebiet. — [11] Einschl. Bahnkraftwerken. — [12] Davon nur 4,5 Mill kW verfügbar. — [13] Nur Werke über 3000 kW. — [14] Unvollständig, nur größere Werke.

Diese absoluten Ziffern, die zeigen, daß Deutschland 1928 mit einem Anteil von 11 % der Welterzeugung und 26,5 % der europäischen Gewinnung an der Spitze der Staaten Europas bzw. an zweiter Stelle der Welt rangierte, sind für den Stromverbrauch eines Landes weniger charakteristisch als die in Zahlentafel 8 genannten Erzeugungsbeträge je Kopf der Bevölkerung:

8. Stromerzeugung einzelner Länder je Kopf der Bevölkerung und nach dem Anteil der Wasserkraft- und Wärmekraftwerke.

Länder	Jahr	Stromerzeugung je Kopf der Bevölkerung	von der Gesamterzeugung entfallen auf Wasserkraftwerke	Wärmekraftwerke
		kWh	%	
Norwegen	1927	2 859	100,0	.
Kanada	1928	1 815	98,6	1,4
Schweiz	1928	1 817	95,0	5,0
V. S. Amerika	1928	942	39,5	60,5
Schweden	1928	724	75,0	25,0
Deutschland	1929	480	11,6	88,4
Belgien	1928	466	.	100,0
Österreich	1927	357	66,2	33,8
Australischer Bund	1928	349	.	.
Großbritannien	1928	337	.	100,0
Frankreich	1928	319	41,6	58,4
Neuseeland	1926	256	76,9	23,1
Südafrikanische Union	1926	245	.	.
Italien	1928	244	97,9	2,1
Niederlande	1928	194	.	100,0
Finnland	1927	191	.	.
Japan	1928	172	88,0	12,0

Den höchsten Stromkonsum je Einwohner haben natürlich die über die billigen Wasserkräfte verfügenden Länder Norwegen, Kanada und die Schweiz. Auch in Schweden und in den V. S. Amerika spielt die Stromerzeugung in Wasserkraftwerken eine bedeutende Rolle. Deutschland nimmt mit 480 kWh je Kopf der Bevölkerung den sechsten Platz ein.

Der Austausch elektrischer Arbeit zwischen benachbarten Ländern betrug 1928 zwar nur rd. 5,5 Mrd kWh, zeigt aber im Lauf der letzten Jahre stark steigende Tendenz. Die hauptsächlichsten Stromausfuhrländer waren im genannten Jahr Kanada mit rd. 1,7 und die Schweiz mit 1,1 Mrd kWh, während die V. S. Amerika 1,7 Mrd kWh importiert haben. Dr. C. Albrecht.

Gleislose elektrische Bahn in England[1].

In Wales-Pontypridd wurde am 18. IX. 1930 eine Oberleitungs-Omnibuslinie mit 7 Wagen eröffnet, die von der englischen Electric Co. Ltd. gebaut sind und als besonderes Merkmal die Übertragungen zwischen dem 60 PS-, 500 V-Elektromotor zu den beiden hinteren Triebachsen durch Kardan und drei Differentialgetriebe verzeichnen. Die Verbindung zwischen den beiden Antriebsachsen geschieht durch das erste Ausgleichgetriebe, und jede Achse besitzt für ihre beiden Triebräder ebenfalls einen Differentialausgleich. Man will damit größte Reibungsausnutzung erreichen, sowohl für den Antrieb als auch für die Bremsung. Doch es ist gerade das Gegenteil der Fall, weil der Radschlupf aller vier Räder freies Spiel bekommt und das Schleudern bei schlüpfriger Fahrbahn begünstigt wird. Die Schalt- und Bremsvorrichtungen werden ausgiebig beschrieben, ohne etwas Neues zu berichten. Die Stromabnahme erfolgt nach dem Zweistangensystem mit gemeinsamer Drehachse auf dem Wagendach. Die Wagen haben Mitteleinstieg, ähneln im Äußeren den Wagen auf der deutschen Linie Mettmann—Gruiten[2] und fassen 32 bequeme Sitzplätze bei 7 m Länge und 4½ m Achsstand. Die Hand- und Fußbremsen sind neben der Luftbremse als Klotz- und elektrische Bremsen vorgesehen. *M. S.*

[1] The Electrician Bd. 105, S. 417.
[2] Vgl. ETZ 1930, S. 1595.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Leitungen.

Die Bedeutung des Bleimantels beim Hochspannungskabel-Durchschlag. — Beaver setzt sich zu der vorherrschenden Ansicht der Hochspannungskabel-Fachleute, daß der Bleimantel beim Kabeldurchschlag eine bedeutsame Rolle spiele, in schroffen Gegensatz. Vorwiegend geht bekanntlich die Vorstellung über das Verhalten des Bleimantels dahin, daß er sich unter dem Einfluß des mit der Erwärmung des Dielektrikums entstehenden Innendrucks ausdehnt, bei nachfolgender Abkühlung jedoch nicht auf das ursprüngliche Maß zusammenzuziehen vermag, da ihn hieran die Plastizität des Bleis hindert. Die Folge dieser nicht rückgängig zu machenden Aufweitung des Bleimantels ist vor allem nach den Ansichten von Emanueli sowie von Höchstädter und Barrat[1] die Entstehung von Hohlräumen unter dem Bleimantel im Laufe des Betriebes und damit die erhöhte Neigung zu Durchschlägen.

Beaver glaubt nun aus seinen Untersuchungen den Schluß ziehen zu dürfen, daß bei den in Betracht kommenden Temperaturen der Innendruck auf den Bleimantel keineswegs Werte erreiche, durch welche die Elastizitätsgrenze des Bleis überschritten werden könnte. Kabeldurchschläge sind nach ihm nur auf die Vereinigung von vornherein vorhandener bzw. durch Dissoziationsvorgänge entstandener Gasblasen zurückzuführen. Rein theoretische Erörterungen der Ausdehnungsbewegungen im verseilten Leiter und innerhalb der im Kabelquerschnitt spiralig liegenden Schichten des Dielektrikums hält Beaver für undurchführbar und unmaßgeblich, der Betrag der durch Erwärmung bewirkten radialen Ausdehnung lasse sich keineswegs mit genügender Sicherheit errechnen. Seine Ansicht, daß der wesentliche Bestandteil des Dielektrikums, das Papier, eine nicht zu vernachlässigende Kompressibilität habe, stützt er auf die Untersuchungen von Junius über die Zusammenhänge zwischen der Kapazität und der Tränkungsdauer[2].

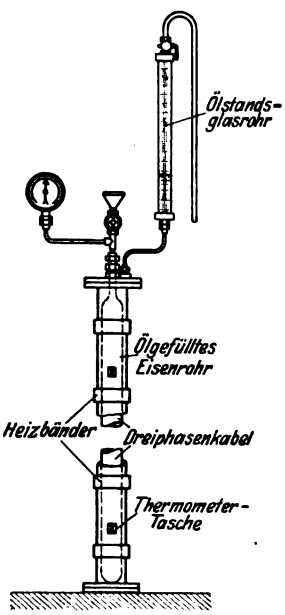


Abb. 1. Versuchsanordnung zur Prüfung des Verhaltens des Kabelbleimantels bei Erwärmung und Abkühlung.

Außerdem hängt nach seiner Ansicht die radiale Druckverteilung weitgehend von der Zähigkeit der Tränkmasse ab.

Zum experimentellen Beweis seiner Ansicht über das Verhalten des Bleimantels bediente sich Beaver der folgenden, in der Abb. 1 dargestellten Versuchsanordnung. In einem etwa 1,5 m langen, unten verschlossenen Rohr aus Eisen befand sich ein papierisoliertes Dreiphasenkabel. Der Zwischenraum zwischen Bleimantel und Rohr war mit Öl angefüllt; an einem oben angebrachten Glasrohr mit Skala konnte der Ölspiegel beobachtet werden. Mittels bandförmiger Heizkörper am Außenmantel des Rohres ließ sich das Rohr samt Inhalt erwärmen; durch abwechselndes Erwärmen und Abkühlen in Verbindung mit Nachfüllen von Tränkmasse wurden die bei der Herrichtung des Kabels unvermeidlichen Tränkmasseverluste wieder ausgeglichen und damit entstandene Hohlräume wieder ausgefüllt. Das bei Erhitzung des Kabels aus dem zylindrischen Hohlraum in das Ölstandsrohr eintretende Öl ist ein Maß für die Volumenvergrößerung des Bleimantels und des Öls; verschwindend klein bleibt bei den hier in Betracht kommenden Temperaturen die Ausdehnung des Eisenrohres selbst. Wenn nun nach Abkühlung auf die Ausgangstemperatur auch der ursprüngliche Ölstand wiederhergestellt ist, hat keine dauernde Volumenänderung stattgefunden, woraus auf ein elastisches Verhalten des Bleimantels zu schließen ist. Die Abmessungen der Versuchsanordnung waren derart, daß eine Durchmesservergrößerung des Bleimantels um 0,025 mm den Ölspiegel im Glasrohr um 25 mm gehoben hätte. Es wurden Kabel verschiedener Bau- und Tränkungsweise untersucht, u. zw. bis auf 60 ° erwärmt, also auf eine Übertemperatur gebracht, die höher als die allgemein im Dauerbetrieb zugelassene liegt, wobei die Beheizung von außen ungünstigere Bedingungen schafft als die im Betriebe tatsächlich stattfindende Erwärmung vom Leiter her, bei welcher zufolge des Temperaturgradienten der Bleimantel stets auf geringerer Temperatur gehalten wird als der Leiter.

Ein Prüfstück wurde während 5 Wochen einer dauernden Erwärmung auf 60 ° ausgesetzt; dabei stellte sich jedesmal derselbe Innendruck ein; darauf wurde es täglichen Erwärmungszyklen bei 60, 76,5 und 82 ° ausgesetzt. Erst bei dieser letzteren Temperatur wurde die Elastizitätsgrenze überschritten, der Bleimantel wies eine bleibende Aufweitung auf. Es handelte sich hierbei um ein Dreiphasenkabel mit Gürtelisolation. Ein Versuch an einem ölgetränkten H-Kabel lieferte schon nach der Erwärmung auf 60 ° eine schwache bleibende Ausdehnung des Bleimantels, doch nahm diese bei weiteren Erwärmungszyklen auf 60 ° nicht mehr zu. Bei Steigerung auf 71 ° trat eine erneute Aufweitung ein, die abermals konstant blieb. Bezüglich der weiteren Schlüsse, die Verfasser aus seinen Versuchsergebnissen hinsichtlich des inneren Druckes, der Bedeutung der verschiedenen Bauweise usw. zieht, sei auf die Originalarbeit verwiesen; wieweit sie berechtigt sind, wird die weitere experimentelle Forschung auf diesem gewiß auch für die Betriebspraxis recht bedeutsamen Sondergebiet lehren. Es muß Beaver jedenfalls darin zugestimmt werden, daß die endgültige Klärung der Frage nach der Bedeutung des Bleimantels und seines physikalischen Verhaltens für die Entwicklung eines Kabeldurchschlages im Laufe des Betriebes nicht so sehr durch theoretische Erörterungen als durch experimentelle Untersuchungen herbeigeführt werden kann. (C. J. Beaver, El. Review Bd. 104, S. 142.)

Eg.

Elektromaschinenbau.

Die Wirkungsgrade der Tauchpumpen. — Unter Tauchpumpen versteht H. Sauveur Maschinensätze, die aus einem Drehstrommotor mit direkt gekuppelter Pumpe bestehen und die zwecks Förderung aus Schächten geschlossen ziemlich tief unter den Flüssigkeitspiegel versenkt werden[1]. Er unterscheidet die geschützte Bauart Abb. 2, 3, 4, bei welcher entweder das Motorinnere unter Gasdruck steht oder der Motorraum während des Laufens gelenzt

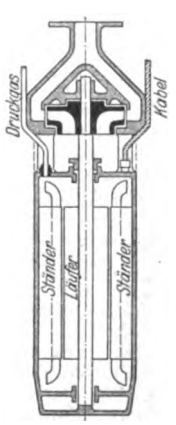


Abb. 2. Geschützte Tauchpumpe mit Motorraum unter Gasdruck.

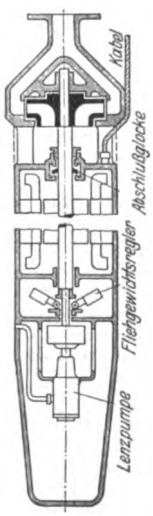


Abb. 3. Geschützte Tauchpumpe mit eingebauter Lenzpumpe.

Abb. 4. Geschützte Tauchpumpe mit abgeschlossenem Ständerraum.

[1] ETZ 1928, S. 1302.
[2] ETZ 1928, S. 604.

[1] Vgl. a. ETZ 1923, S. 712.

Digitized by Google

wird oder der Ständerraum gegen die Förderflüssigkeit durch einen dünnen, dichten zylindrischen Mantel abgeschlossen ist, der Läufer sich aber in der Flüssigkeit dreht. Bei der ungeschützten Tauchpumpe wird der Motor mit einer so niedrigen Spannung gespeist, daß die Isolation ohne Schaden mit der Flüssigkeit in Berührung kommen kann. Die Herabsetzung der Spannung erfolgt in einem unterhalb das Motors eingebauten Transformator (Abb. 5). Der Motorraum wird vor dem Versenken der Pumpe mit reinem Wasser gefüllt, und ein sehr enges Filter gestattet den Druckausgleich zwischen Motorraum und Außenflüssigkeit, verhindert aber das Eindringen und die Ablagerung von Schmutz zwischen Ständer und Läufer.

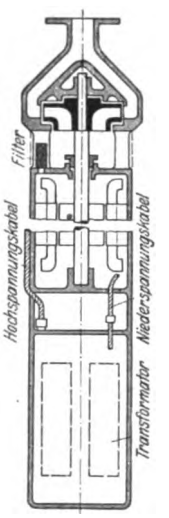


Abb. 5. Ungeschützte Tauchpumpe mit eingebautem Transformator.

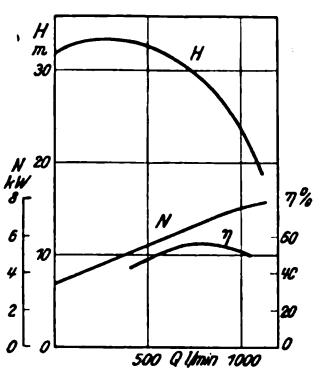


Abb. 6.

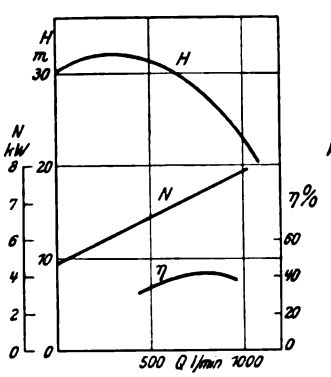


Abb. 7.

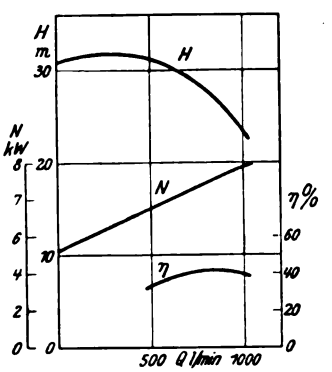


Abb. 8.

Zur Feststellung der Wirkungsgrade haben die Garvenswerke, Wülfel, Versuche angestellt, bei denen 3 Motoren verwandt wurden, die ungefähr gleiche Leistung abgaben. Der grundverschiedene elektrische Aufbau der Motoren hatte freilich zur Folge, daß ihr Schlupf nicht der gleiche war. Um sonstige Abweichungen auszuschalten, setzte man dieselbe Versuchspumpe nacheinander auf die drei verschiedenen Motoren. In den Schaulinien Abb. 6, 7, 8 erscheint als Wirkungsgrad nur das Verhältnis der zugeführten elektrischen Leistung zu der gewonnenen Wasserleistung hinter der Pumpe, wobei die Druckhöhen durch Drosselung eingestellt wurden.

Den guten Wirkungsgrad der mit Gasüberdruck arbeitenden Pumpe (Abb. 6), die zur Zeit von der Firma bis 95 kW (η beinahe 70 %) ausgeführt wird, muß man durch Anschaffung und sorgfältige Überwachung der Überdruckanlage erkaufen. Der Wirkungsgrad von überdrucklosen Pumpen (Abb. 7) leidet einmal wegen der Reibung des Läufers in der Flüssigkeit; sodann verursacht das Vorhandensein des Schutzzylinders im Luftspalt zusätzliche magnetische und elektrische Verluste. Beim eingebauten Transformator (Abb. 8) ergibt sich zunächst der Transformatorenverlust. Die Flüssigkeitsreibung des Läufers macht sich ebenso wie bei der Bauart mit Schutzmantel bemerkbar, während die Abführung der Wärme hier die beste ist. Den Wirkungsgrad der überdrucklosen Pumpe dadurch verbessern zu wollen, daß man den Raum zwischen Ständer und Läufer während des Betriebes durch Absaugen o. dgl. entleert, empfiehlt sich nicht, da dadurch einmal die einfache Bauart beeinträchtigt wird, dann aber auch die Gefahr eines Eindringens von Förderflüssigkeit in den Spaltraum besteht. Beim Stillsetzen der Pumpe muß ein Wiederauffüllen des Spaltraumes folgen, so daß sich Fremdteile zwischen Ständer und Läufer ablagern können. (H. Sauveur, Z. VDI Bd. 47, S. 530.) *Ka.*

Auswahl der Transformatorenschaltung in Kraftübertragungsnetzen. — W. A. Taylor empfiehlt, mehr als bisher die zukünftige Entwicklung bei der Auswahl von Transformatorenschaltungen zu berücksichtigen. Nebenbei tadelt er als Verbraucherspannung im Lichtnetz 230 V und meint, die halbe Spannung sei, insbesondere für Lampen, ökonomischer und für das Publikum weniger gefährlich. Die zukünftige Entwicklung verlangt Vergrößerung der übertragenen Leistungen und Erhöhung der Übertragungspannungen. Bei seinen Betrachtungen geht Taylor von der in den V. S. Amerika vorkommenden Dreieckschaltung aus mit Erdung einer Phasenmitte. Er glaubt, durch Serienschaltung mit 2 Einphasentransformatoren für halbe Netzspannung in einfacher Weise Spannung und Leistung der Anlage um 50 % erhöhen zu können. Der früher benutzte Erdungspunkt wird nun Systemmittelpunkt (*A*-Schaltung), wodurch die Isolierung der Leitungen beibehalten werden kann. Aus dem Aufsatz geht nicht deutlich hervor die Art der Primärschaltung, doch scheint er dabei Sternschaltung im Auge zu haben. Hier befindet er sich offensichtlich im Irrtum, weil bei dieser Schaltung und Dreileitersystem das gewünschte Spannungsbild durch Hinzufügen von nur zwei Wicklungen sich nicht erreichen läßt. Beim Vierleitersystem wird bei symmetrischer Sekundärlast der Nulleiter belastet, was für die Generatoren ungünstig ist. Bei Dreieck-Dreieck-Schaltungen besteht die Möglichkeit der Umänderung einer Dreieckschaltung in die *A*-Schaltung mit Hilfe von zwei Einphasentransformatoren. Die Wicklungen bei den unteren Zweigen vom *A* müssen bemessen werden in genau derselben Weise wie bei einer normalen *V*-Schaltung. Als Vorteil der *A*-Schaltung soll die Spannungs- mit gleichzeitiger Leistungserhöhung gelten ohne Änderung der bestehenden Gruppen. Außerdem empfiehlt Taylor die Verwendung der *A*-Schaltung für Zweiphasennetze[1]. (W. A. Taylor, The Electrician Bd. 103, S. 215 u. 351.)

E. Klein.

Meßgeräte und Meßverfahren.

Verhalten von Stromwandlern bei Belastungsstößen. — Bei Kurzschlüssen und Schaltvorgängen treten kurzzeitige Belastungen der Wandler auf, die ein Vielfaches ihrer Nennstromstärke betragen können und meist unsymmetrisch verlaufen. Es ist deshalb von Interesse, wie weit der Stromwandler solche Stromstöße getreu auf die Sekundärseite überträgt, bzw. welche Anforderungen an einen Wandler zu stellen sind, damit er für die oszillographische Aufnahme solcher Vorgänge geeignet ist. Hierüber bringen Marshall und Langguth eine theoretische und experimentelle Untersuchung. Der unsymmetrische Überstrom enthält eine Gleichstromkomponente, die den Wandler stark vormagnetisiert. Es ist deshalb wechselstromseitig ein großer Magnetisierungstrom erforderlich, um den Wechselfluß bzw. die EMK zu erzeugen, die für den Sekundärstrom nötig ist. Der große Magnetisierungstrom bedingt große Fehler, u. zw. werden bei Wandlern mit großer Sekundärstreuung die Stromfehler groß, während der Einfluß auf die Fehlwinkel gering ist; umgekehrt bei Wandlern mit kleiner Streuung. Es müssen daher für die Aufnahme solcher Vorgänge Wandler mit kleiner Streuung verwendet werden. Der große Fehlwinkel ist in der Regel belanglos, da es sich nur um die Aufnahme der Größe und des Verlaufes des Stromes mit einer Oszillographenschleife handelt. Es liegen hier ähnliche Verhältnisse vor wie bei der Messung im Anodenkreis von Gleichrichtern über Stromwandler, wo ebenfalls Gleichstrom-Vormagneti-

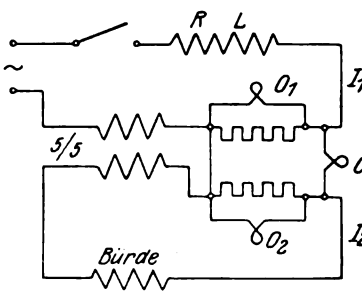


Abb. 9. Schaltung zur oszillographischen Untersuchung von Stromwandlern.

[1] Der Berichter hat die Schaltung für Drehstrom-Zweiphasenumformung bereits vor Erscheinen des Aufsatzes bei der AEG eingeführt (DRP. 494 236).

Digitized by Google

sierung eintritt[1]. Ferner muß man die Bürde klein wählen, um die EMK klein zu halten, und wird Wandler verwenden, die normal mit geringer Induktion arbeiten, damit bei der Überlastung die Sättigung nicht so bald erreicht wird. Bei sehr großen Stromspitzen läßt sich natürlich die Überschreitung der Sättigungsgrenze nie vermeiden. Versuche haben aber gezeigt, daß bei günstiger Wahl der Wandler und kleiner Bürde die Fehler in der Wiedergabe nur gering sind. Nur bei sehr ungünstigen Verhältnissen kann der Fehler bei der ersten Amplitude 50 % betragen. Die Versuche wurden in Schaltung nach Abb. 9 vorgenommen. Primärstrom I_1 und Sekundärstrom I_2 werden durch die Schleifen O_1 und O_2, die an induktionsfreien Widerständen liegen, aufgenommen. Der Differenzstrom $I_1 - I_2 = I_m$, der gleich dem Magnetisierungstrom ist, wird von Schleife O_m, die zwischen diesen Widerständen liegt, aufgenommen. Der Widerstand von O_m selbst ist sehr groß, so daß diese Schleife keine Störung der Stromverteilung verursacht. Oszillogramm Abb. 10 zeigt die Netzspannung U und die Ströme I_1, I_2, I_m. Ferner werden Formeln zur Berechnung des maximalen, für die Fehler maßgebenden Magnetisierungstromes angegeben, deren praktischer Wert aber dahingestellt sein mag. (Marshall u. Langguth, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 48, S. 884.) *Be.*

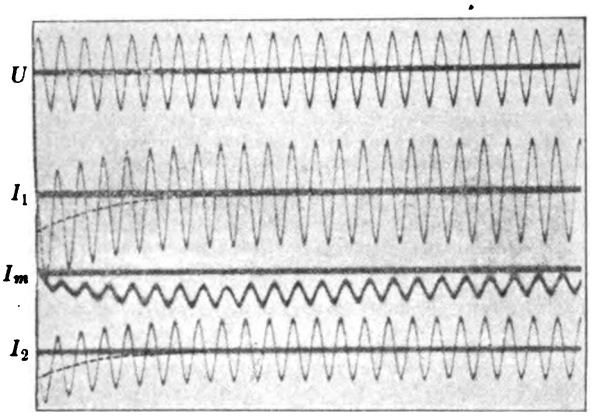


Abb. 10. Wiedergabe eines primärseitigen Stoßkurzschlußstromes auf der Sekundärseite eines Stromwändlers.

Beleuchtung.

Beleuchtung im Nachtflughafen Denver. — Die elektrischen Beleuchtungsanlagen des Nachtflughafens in Denver werden mit Dreiphasenstrom von 2300/4000 V gespeist; die Zuleitung erfolgt durch unterirdisch verlegte Vierfachkabel. Durch drei 50 kW-Transformatoren wird die Spannung auf 115/199 V umgeformt. Die Schaltung ist zentralisiert und leicht übersehbar angeordnet. Rote Kontrollampen leuchten auf der Hauptschalttafel auf, wenn die Anlage sich in Betrieb befindet. Die Platzumrandungsfeuer liegen in Serie an zwei 6,6 A-Leitungen. Es sind 60 Lampen zu 600 Lumen und 8 Lampen zu 1000 Lumen vorhanden. Als Landebahnleuchte dient bei Südwind ein BBT-Scheinwerfer von 180 ° Streuung, der in einem besonderen Gebäude untergebracht ist. Bei anderen Windrichtungen treten 8 auf der entgegengesetzten Seite des Platzes befindliche Scheinwerfer mit 32 V-, 3000 W-Lampen in Tätigkeit. Diese Scheinwerfer werden durch einen 25 kVA-Transformator für 2300/32 V gespeist. (F. S. Peterson, El. World Bd. 96, S. 259.) *F. Bn.*

Eine 50 000 W-Glühlampe. — In der Kinoaufnahmetechnik verbesserte man in letzter Zeit das Filmmaterial in dem Sinne, daß es auch für längere Wellen empfindlicher wird und daher rote wie blaue Farben tonecht wiedergeben kann. Aus diesem Grunde ist man nicht mehr auf Lichtquellen angewiesen, die reicher an blauen als an gelben und roten Strahlen sind, und man beginnt, große Nitra- und Projektionslampen anstatt der Bogenlampen und Quecksilberdampfröhren zu verwenden. Auch für die nächtliche Beleuchtung von Flugzeug-Landungsplätzen kommen 10 000 W- und wohl bald 20 000 W-Lampen in Frage. Der Osram-Gesellschaft ist es neuerdings gelungen, eine 50 000 W-Glühlampe herzustellen, die einen Gesamtlichtstrom von 1 100 000 Hefner-Lumen erzeugt. Auf einem Kugelkolben von 38 cm Dmr. sitzt oben ein Dom zur Aufnahme der beim Brennen freiwerdenden Schwärzung. Die Sockelhülse, deren Unterteil zum Einspannen in eine Schelle o. dgl. dient, führt aber keine Spannung. Die Stromzuführung wird durch zwei starke mit Isolationsperlen versehene Kabel bewirkt. Die ganze Lampe, die stehend brennt, ist 90 cm hoch und wiegt 7,25 kg. Wichtige Operationen bei der Fußherstellung sind mehrfache Reinigungen aller Elektroden- und Halterteile, der Nirostaplatte und der Porzellan-Isolationsringe. Da alle dem Leuchtkörper benachbarten Teile beim Brennen der Lampe auf helle Glut kommen, muß die Reinigung so vollständig sein, daß keine schädlichen Stoffe in der Hitze frei werden. Vor dem Auspumpen wird noch ein Reinigungspulver eingefüllt, damit, wenn beim Betrieb der Lampe die unvermeidliche Schwärzung aus zerstäubtem Wolframmetall sich an Kolben abzusetzen beginnt, ein Hin- und Herdrehen der Lampe genügt, um durch das im Innern entlanggleitende Pulver die Schwärzung abzuscheuern. (Osram-Nachr. Bd. 12, S. 209.) *Ka.*

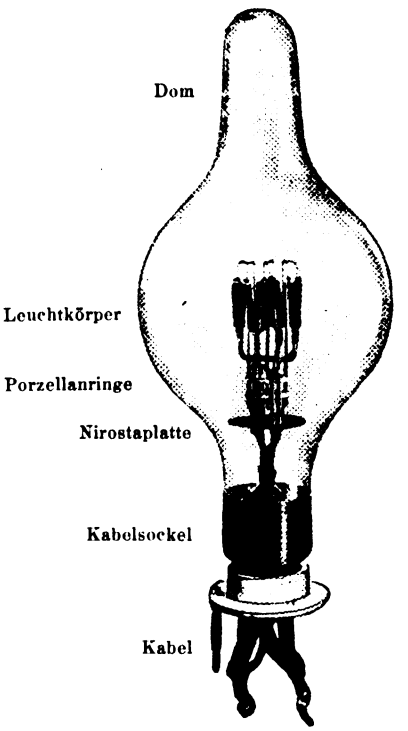
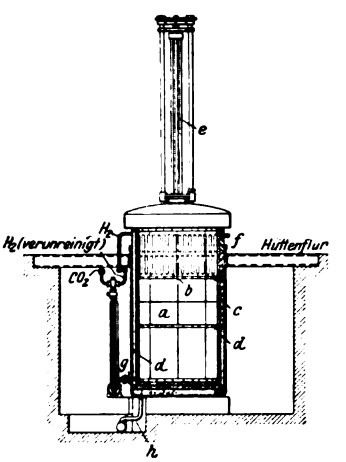


Abb. 11. 50 000 W-Lampe (Maßstab: rd. 1 : 11).

Heizung. Öfen.

Elektrische Blank- und Schwarzglühanlage. — In St. u. E. wird ein elektrischer Blankglühofen (Abb. 12) beschrieben, der eine Anschlußleistung von 110 kW und eine Heizwicklung aus 29prozentigem Nickelstahl besitzt, die sich durch einen Umschalter in Stern und Dreieck schalten läßt. Der Ofendeckel taucht zwecks gasdichter Abschließung mit seinem Rand in eine Flüssigkeitstasse. Künftig soll bei diesen Öfen nur eine einfache Sternschaltung vorgesehen werden, da diese eine kürzere und kräftigere Wicklung als die Dreieckschaltung hat; außerdem wird hierdurch die Anlage verbilligt und vereinfacht. Bei Inbetriebsetzung wird der Ofen von unten mit Kohlensäure gefüllt, die Luft hierdurch verdrängt und dann Wasserstoff von oben eingeführt. Die Einschaltung erfolgt nach Füllen des Ofens mit Wasserstoff. Während der Glühung wird ständig Wasserstoff durch den Ofen gespült. Der Wasserstoff wird gereinigt und dem Ofen wieder zugeführt, so daß er in einem ständigen Kreislauf begriffen ist. Die Glühungen werden mit rd. 0,5 ... 1 m³ Wasserstoff



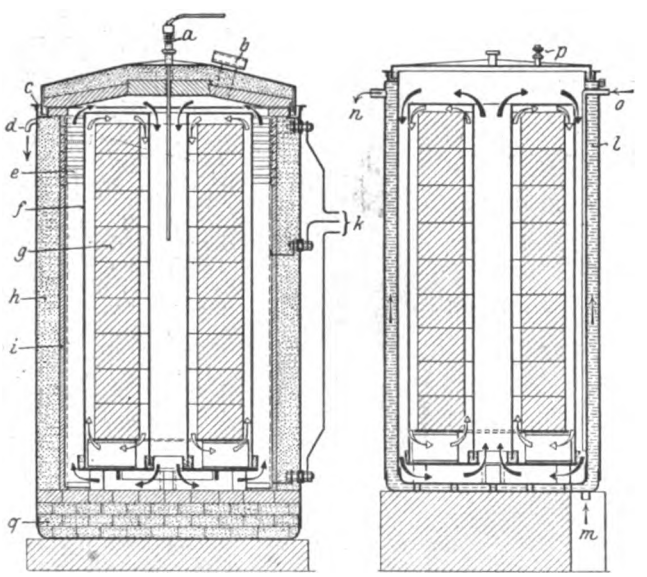
a Glühraum
b Wicklung
c Schamottemauerung
d Isollerung
e Innenkühlung
f Stromzuführung
g Gasaustritt
h Kühlwasserabfluß

Abb. 12. Blankglühofen.

[1] Über diese Verhältnisse siehe Beetz, Beitrag zur Messung der Energie im Anodenkreis von Quecksilberdampf-Gleichrichtern, El. u. Maschinenb. Bd. 45, S. 921 (1927).

Digitized by Google

auf 1 t Glühglut durchgeführt. Die Herstellung des Wasserstoffs selbst erfolgt in einer elektrischen Wasserstoff- und Sauerstofferzeugungsanlage; der dabei entstehende Sauerstoff findet beim Schweißen Verwendung. Die höchste Erzeugung eines Ofens im Monat betrug 52 t, der Glühguteinsatz durchschnittlich 2440 kg. Es besteht die Möglichkeit, Monatsleistungen von 60 bis 65 t zu erreichen. Die Glühtemperaturen betragen 650 °; unter dieser Voraussetzung machte der Stromverbrauch auf 1 t Einsatz 186,5 bis 224,5 kWh je nach der Beschaffenheit des Einsatzes aus, der Wirkungsgrad des Ofens beträgt 48 ... 60 %. Die Stromzuführungsleitungen zu den Wicklungen im Ofen dürfen bei Gegenwart von Wasserstoff nicht aus Kupfer hergestellt sein, da Kupfer sich in diesem Falle nicht bewährt; vielmehr hat man es durch Armco-Eisen ersetzt, das bisher keinen Grund zu Beanstandungen gab.



a	Thermoelement	*f*	Haube	*l*	Kühlwasser
b	Beobachtungsglas	*g*	Glühgut	*m*	Kühlwassereintritt
c	Dichtungstasse	*h*	Isollerung	*n*	Kühlwasseraustritt
d	zur Gas-Sammelleitung	*i*	Schamottesteine	*o*	Gaseintritt
e	Heizwicklung	*k*	elektr. Anschluß	*p*	Entlüftungsstutzen

Abb. 13. Glühofen und Kühlbehälter der Schwarzglühanlage.

In derselben Anlage wurde ferner ein elektrischer Glühofen zum Dunkelglühen, der sogenannte Schwarzglühofen (Abb. 13), aufgestellt, dessen Innenraum ungefähr die gleichen Abmessungen hat wie der Blankglühofen. Hier besteht die Wicklung aus Chromnickel, die in Stern geschaltet ist. Bei diesem Ofen ist neben einem guten Wärmeschutz auch auf eine möglichst geringe Wärmespeicherung Wert zu legen, wodurch man erreicht: schnelles Abkühlen und schnelles Aufheizen, Stromersparnis beim Aufheizen nach Instandsetzungen sowie beim Aus- und Einsetzen von Glühgut, schließlich eine größere Leistung. Die geringe Wärmespeicherung läßt sich durch geringe feuerfeste Innenausmauerung erreichen. Während elf Blankglühöfen vorhanden sind, verfügt die Schwarzglühanlage über 6 Öfen, von denen je zwei einem Schalttafelfeld zugeordnet sind. Die Öfen eines Schalttafelfeldes arbeiten vollkommen unabhängig voneinander; jedem Glühofen ist ein doppelwandiger Kühlbehälter zugeordnet. Zwecks Abkürzung der Glüh- und Abkühlzeit enthält die Glühhaube, unter der das Glühgut in den Ofen eingesetzt wird, innen ein Rohr, das durch den freien Raum des Glühgutes geführt wird, um einen möglichst lebhaften Gasumlauf im Glühofen und später auch im Abkühlbehälter zu gewährleisten. Die Dichtung zwischen Glühhaube und Stapeluntersatz wird mit Gußspänen vorgenommen. Das Glühgut wird im warmen Zustand aus dem Glühofen in den benachbarten Kühlbehälter übergesetzt. Die Anschlußleistung eines Schwarzglühofens beträgt 150 kW, der Stromverbrauch auf 1 t Einsatz 158 ... 192,5 kWh, der Wirkungsgrad der Öfen 56 ... 71 %. Voraussichtlich wird man mit einem Ofen eine Monatserzeugung von 200 t erreichen. Falls es gelingt, in dem Abkühlbehälter die Wärme des abzukühlenden Glühgutes zum Vorwärmen des zu glühenden Gutes auszunutzen, würden sich 25 ... 30 kWh/t ersparen lassen.

Ein Vergleich einer Blankglühe und einer Schwarzglühe mit gleicher Erzeugungshöhe läßt folgende Unterschiede hervortreten: Die Anlagekosten einer Blankglühe mit Wasserstofferzeugungsanlage, Wasserstoffumlaufanlage, Transformator, Schaltanlage usw. sind nur 70 bis 100 % höher als diejenigen einer Schwarzglühe, die Betriebskosten bis 25 % höher als die der Schwarzglühe. Der Unterschied kann geringer werden und zugunsten der Blankglühe ausfallen, wenn billiger Nachtstromtarif besteht und nur oder größtenteils während der Nacht geglüht wird. Die mechanischen Eigenschaften des in Wasserstoff geglühten Werkstoffs, ebenso die elektrischen sind bekanntlich dem im kohlegefeuerten Topfglühofen behandelten Werkstoff überlegen. Wieweit der Wasserstoff die Werkstoffverbesserung verursacht, ist noch nicht einwandfrei geklärt. Die Oberfläche des in Wasserstoff geglühten Werkstoffs ist der Luftatmosphäre und verdünnten Säuren gegenüber widerstandsfähiger als jene des in der Schwarzglühe behandelten Werkstoffs. In der beschriebenen Wasserstoff-Blankglühanlage lassen sich auch Glühungen in Stickstoff, Leuchtgas usw. vornehmen.

Die elektrischen Glühanlagen sind den kohle- oder gasgefeuerten Glühanlagen vorzuziehen, wenn der Strompreis niedrig, wenn hochwertiger oder gleichmäßig und schwierig zu glühender Werkstoff zu behandeln ist oder wenn ein Stromlieferungsvertrag vorliegt, der bei größerem Strombezug, günstiger Belastung, Nachtstrom oder günstigerem cos φ Ermäßigung gewährt. (Th. Stassinet, St. u. E. Bd. 49, S. 1509.) *Kp.*

Hochspannungstechnik.

Löschdrossel mit Gleichstrom-Vormagnetisierung. — In Hochspannungsnetzen, welche mit Erdschlußspulen ausgerüstet sind, macht sich oft eine unangenehme Nebenwirkung bemerkbar. Infolge unvermeidbarer kleiner Netzunsymmetrien erfährt der Generatorsternpunkt schon des ungeschützten Netzes eine gewisse Verlagerung gegen Erde. Ist nun die Löschdrossel gut auf die Netzkapazitäten abgestimmt, so arbeitet diese Unsymmetriespannung auf den Resonanzkreis, welcher durch die Reihenschaltung der Löschdrossel mit den Netzkapazitäten gebildet ist, und erregt an der Drossel eine dauernde Sternpunktsverschiebung, welche weit über die ursprüngliche Unsymmetriespannung hinausgeht. Man kann diese Erscheinung mildern, indem man die Löschdrossel mit hoch gesättigtem Eisenkern ausrüstet. Hierbei muß man den magnetischen Kreis so bemessen, daß die Drosselinduktivität bei Erregung der Drossel mit der normalen Phasenspannung des Netzes Resonanz mit der Erdkapazität des Netzes ergibt, denn dann erhält man bei Erdschluß gerade die zur Löschung notwendige Stromresonanz. Der Spannungs-Resonanzkreis, auf welchen die Unsymmetriespannung des Generators arbeitet, ist aber infolge der vergrößerten Drosselinduktivität verstimmt, so daß die resonanzhafte Vergrößerung der ursprünglichen Unsymmetriespannung unterbunden wird. Diese Verhältnisse lassen sich an Hand der Abb. 14 quantitativ übersehen,

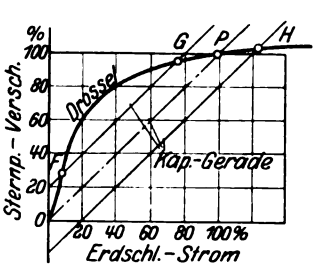


Abb. 14. Löschwirkung und Sternpunktsverschiebung bei hoch gesättigter Eisendrossel.

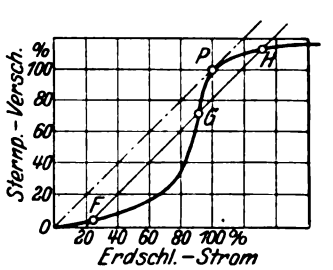


Abb. 15. Löschwirkung und Sternpunktsverschiebung bei vormagnetisierter Eisendrossel.

wobei die resultierende Sternpunktsverschiebung in bekannter Weise als Schnitt der Drosselcharakteristik mit der Erdkapazitätsgeraden bestimmt ist[1]. Man erkennt, daß bei Innehaltung mäßiger Sättigungsgrade der Drossel dabei immer noch erhebliche Sternpunktsverschiebungen auftreten können. Wendet man nun Gleichstrom-Vormagnetisierung der Drossel an, so erhält man eine magnetische Wechselstromcharakteristik der in Abb. 15 gezeichneten Form[2], welche sich durch einen anfangs überaus flachen Verlauf auszeichnet. Auch hier läßt sich die resultierende Sternpunktsverlagerung des Netzes durch Einzeichnen der Erdkapazitätsgeraden finden, wobei man

[1] Vgl. F. Noether, ETZ 1921, S. 1478.
[2] Schunck u. Zenneck, Jahrb. drahtl. Tel. Bd. 19, S. 117 (1922).

Digitized by Google

aber ersichtlich infolge der flachen Charakteristik nur einen sehr kleinen Wert der Verlagerung erhält. Gleichzeitig gestattet diese Anordnung eine verhältnismäßig einfache Anzeige des dauernden Erdschlusses. Man läßt hierzu den Strom der Drosselspule auf ein Relais einwirken, welches die Gleichstrom-Vormagnetisierung verstellt und damit die Spule verstimmt. Es fließt nunmehr in der kranken Leitung ein kräftiger Erdschlußstrom, der in irgendeiner der bekannten Arten zur selektiven Abschaltung des beschädigten Netzteiles herangezogen werden kann. — Trotz dieser unleugbaren theoretischen Vorteile der Anordnung wird man vor einem abschließenden Urteil Versuchsergebnisse abwarten müssen, welche zeigen, daß trotz der technischen Komplikation der Anlage und der zusätzlich erregten Oberwellen der Spannung keine Betriebsnachteile entstehen. (M. Terada, Selected papers from the J. Inst. El. Engs. Japan, Nr. 16, Juli 1928.) *Oldff.*

Allgemeiner Maschinenbau.

Elektrisch geschweißte Druckrohrleitung. — Die vom Wasserschloß des italienischen Kraftwerks Terni-Galleto abgehende Druckrohrleitung hat 4 m, die Zweigleitungen zu den Turbinen haben 1,5 m Dmr., das Gefälle beträgt 190 m. Die Blechstärken der Rohre bewegen sich entsprechend dem vorhandenen Druck und der Festigkeit

Abb. 16. Einlaufkrümmer vor der Verstärkung.

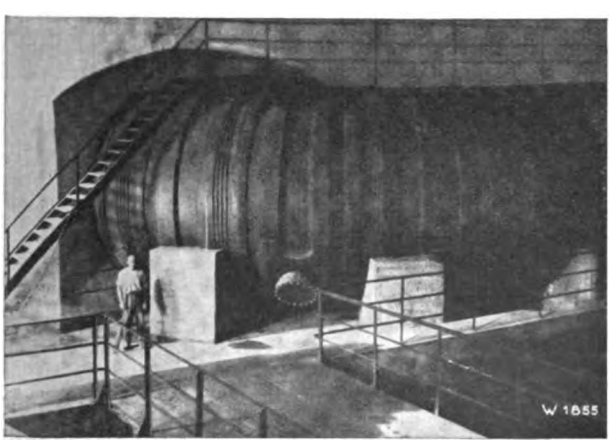


Abb. 17. Einlaufkrümmer nach der Verstärkung.

des Felsens, in den sie gebettet sind, zwischen 10 und 31 mm; die Stutzenteile der Zweigstücke sind aus Stahlguß hergestellt. Während man bisher Rohre für hohen Druck von solchen Abmessungen mit Hilfe der Wassergasschweißung herstellte, hat die Firma Escher Wyß & Cie., Zürich, im vorliegenden Falle die elektrische Lichtbogenschweißung mittels umhüllter Arcos-Elektroden angewandt. Die Druckleitung wurde in Blechschüssen von 2 m Länge ausgeführt, wobei 2 Schüsse schon in der Werkstatt zu einem Rohr von 4 m Länge vereinigt wurden. Die Rundnähte sind überlappt, die Längsnähte stumpf geschweißt und mit Doppellaschen verstärkt. Die 4 m-Längen wurden an Ort und Stelle fortlaufend eingeschweißt. Die Verteilungsleitung stellte man in der Werkstatt provisorisch zusammen und zerlegte sie für den Transport; im Maschinensaal des Kraftwerks wurde sie fertig montiert und geschweißt. Stücke bis 60 t Gewicht wurden dann in das Kellergeschoß hinuntergelassen, an die Baustelle transportiert und eingeschweißt. Die Stahlguß-Schweißstücke sind mit den zylindrischen Rohrteilen durch Schrumpfringe von 300 × 200 mm verbunden. Die größten dieser Ringe von 4 m Dmr. wurden zweiteilig geschmiedet und durch eine elektrisch geschweißte Verzahnung verbunden. Nach dem Warmaufziehen der Ringe wurde das ganze Verteilstück fertig verschweißt. Weil beim Schweißen großer Querschnitte u. U. Spannungen auftreten, die zu Rissen in der Schweißung führen können[1], macht die Firma Escher Wyß & Cie. von der Vorwärmung der Werkstücke Gebrauch, um einem zu raschen Erstarren der Schweißung und damit der Rißbildung zu begegnen. Die Druckprobe wurde mit 1½fachem Betriebsdruck vorgenommen. Da hierbei an einzelnen Stellen, die sich infolge der Formgebung der Rechnung mehr oder weniger entziehen, höhere örtliche Spannungen gemessen wurden, nahm man eine nachträgliche Verstärkung der Verteilleitung sowie des oberen Kniestückes im Druckschacht durch Rundbandagen vor (Abb. 16 u. 17); auch wurde in den Krümmern die Innenseite der Ecklaschenverbindungen durch elektrisch angeschweißte einseitige Höhnsche Stücklaschen verstärkt. Es ergab sich, daß die elektrische Schweißung die nachträgliche Verstärkung einzelner Teile in recht bequemer und einwandfreier Weise auszuführen gestattet, was bei einem genieteten Gefäß solcher Abmessungen in ähnlicher Weise direkt unausführbar gewesen wäre. (Sonderegger, Escher Wyß-Mitt. Bd. 2, S. 159.) *Ka.*

Verschiedenes.

Neue Normblätter des DNA. — Bauwesen: DIN 272 Steinholz für Fußböden, Begriff, Dicke, Eigenschaften, Prüfverfahren (Nov. 30). — 1988 Technische Vorschriften für Bau und Betrieb von Wasserversorgungsanlagen für Grundstücke (Aug. 30).

Eisenbahnwagenbau: DIN WAN 214 (DIN 571, Auswahl) Sechskant-Holzschrauben (Okt. 30).

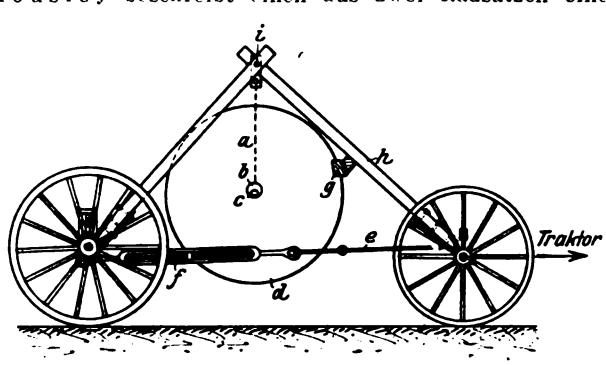
Maschinenbau, allgemein: DIN 708 Geteilte Stellringe, Raumbedarf (Nov. 30).

Straßenbahnwagenbau: DIN VDV 251 Rollenachslager bei oberer Tragfeder, Zusammenstellung (Sept. 30). — VDV 252 Rollenachslager bei oberer Tragfeder, Gehäuse (Sept. 30). — VDV 253 Rollenachslager bei unterer Tragfeder, Zusammenstellung (Sept. 30). — VDV 254 Rollenachslager bei unterer Tragfeder, Gehäuse (Sept. 30). — VDV 255 Rollenachslager, Deckel (Sept. 30). — VDV 256 Rollenachslager, Labyrinthringe, Schenkelabstandringe, Gehäuseabstandringe (Sept. 30). — VDV 257 Rollenachslager und Gleitachslager, Verschleißbleche (Sept. 30). — VDV 258 Rollenachslager, Dichtringe, Dichtstreifen (Sept. 30).

Handwerkzeuge: DIN 5112 Hammerstiele für Vorhämmer und Kreuzschlaghämmer usw. (Sept. 30).

Die Normblätter können vom Beuth-Verlag, Berlin, bezogen werden.

Ein einfacher Kabeltransportwagen. — J. Elmer, Housley beschreibt einen aus zwei Radsätzen eines



a, e Ketten *c* Rohr *f* Spannschloß *h* Holzstrebe
b Ring *d* Kabeltrommel *g* Anschlagklotz *i* Gelenk

Abb. 18. Kabeltransportwagen.

gewöhnlichen Bauernwagens zusammengestellten Kabeltransportwagen (Abb. 18), der sich im Betrieb der Tallas-

[1] Vgl. Escher Wyß-Mitt. Bd. 1, S. 100 (1928).

Digitized by Google

see Power Co., Alcoa, beim Transport von Kabeltrommeln (1524 mm Dmr. und 1360 kg Gewicht) durch unwegsame gebirgige Gegenden bewährt hat. An jeder Radachse sind zwei Vierkanthölzer *h* befestigt, deren andere Enden durch einen Gelenkbolzen *i* zusammengehalten werden, so daß sie paarweise ungefähr einen rechten Winkel bilden. Der Bolzen *i* trägt 2 Ketten, an denen die Kabeltrommel hängt. Die beiden Radachsen werden durch eine weitere Kette mit Spannschloß in der erforderlichen Entfernung gehalten. Geringes Gewicht sowie einfaches Auf- und Abladen werden als besondere Vorzüge des Wagens erwähnt. Mit vorgespanntem Traktor wurden Steigungen bis zu 40 % bewältigt. Die Trommel, die unten nur 300 mm Abstand vom Boden hat, kann beim Auftreffen der Räder auf einen größeren Widerstand zurückschwingen, wodurch das Überwinden des Hindernisses erleichtert wird. (J. Housley, El. World, Bd. 95, S. 495.) *Ka.*

Energiewirtschaft.

Wirtschaftliches über Wasser- und Dampfkraft. — Man kann den Höchstwert der in einem Lande durch Wasserkraft zu erzeugenden Leistung finden, wenn man die Gesamtregenmenge unter Berücksichtigung der Höhenlage, auf der sie fällt, ermittelt und davon die notwendigen Abzüge für Unausnutzbarkeit, Verdunstung, Pflanzenbedarf und Versickerung macht. Führt man für die V. S. Amerika eine solche Rechnung durch, wie es das United States Institute of Geological Survey gemacht hat, so kommt man auf eine Höchstzahl von 20,7 Mill kW mit jährlich 90prozentiger Ausnutzung oder 32,8 Mill kW mit 50prozentiger Verwertung. Das ergibt also eine Erzeugung von insgesamt 163 oder 144 Mrd kWh. Installiert waren 1928 in Wasserkraftwerken aber nur 9 Mill kW, die eine Jahreserzeugung von 34 Mrd kWh (1929 trotz Vergrößerung der Anlagen fast genau die gleiche Zahl) brachten. Die Ausnutzung ist also bedeutend ungünstiger als oben angenommen, und bei vollem Ausbau aller Wasserkräfte, ohne Rücksicht auf die Kosten, wäre keine höhere Erzeugung zu erwarten als 120 Mrd kWh. Die steigenden Ausbaukosten schränken aber auch diese Ziffer noch ein. Von den bisher gebauten Anlagen hat die billigste 60 $, die teuerste 425 $/kW erfordert, die Ausbaukosten verschiedener neu projektierter Werke überschreiten aber bereits 600 $. Ein erfahrungsmäßiger Durchschnittswert für Betriebskosten ist 2,60 $/kW und Jahr, ein entsprechender Wert für die Fortleitungskosten 2 $, beides bezogen auf das Maximum. Daraus und aus dem Kapitaldienst lassen sich die voraussichtlichen Erzeugungskosten ermitteln. Bei Dampfkraftwerken rechnet man mit einem Anlagekapital von 100 $/kW, obgleich auch da Schwankungen zwischen 50 $ und 250 $ vorgekommen sind. Hierauf muß man einschließlich Tilgung wegen etwaiger Heimfallrechte 15 % Kapitaldienst rechnen; für Betriebskosten und Unterhaltung hat sich ein Durchschnittswert von 0,15 cts/kWh als richtig erwiesen. Die einzige schwankende Größe ist der Kohlenpreis, der aber verhältnismäßig wenig ausmacht. Während ein trockenes Jahr die Kosten einer Wasser-kWh um 100 % hinauftreiben kann, vermag eine 100prozentige Kohlenpreiserhöhung die Selbstkosten einer Kilowattstunde um nicht mehr als etwa 30 % zu erhöhen. Darin ist die steigende Überlegenheit der Dampfkraftwerke begründet, zugleich zeigt die eingangs durchgeführte Rechnung, daß selbst in einem so reichlich mit großen, gut ausbaufähigen Wasserkräften gesegneten Lande, wie die V. S. Amerika es sind, deren Leistungsfähigkeit nur noch kurze Zeit genügen wird, die steigenden Ansprüche der Verbraucher zu decken. Die ständig verbesserte Wärmewirtschaft tut ein übriges, auch die zunehmende Verwendung großer Maschinen von mehr als 100 000 kW verschiebt das Schwergewicht zugunsten der Dampfkraftwerke, da sie die mit 0,15 cts angenommenen Betriebskosten auf 0,008 cts/kWh zu senken gestatten. Große Maschinen in Wasserkraftwerken haben diese Wirkung nicht. Abb. 1 gibt die Erzeugungskosten für Dampf- und Wasserkraftwerke bei verschiedenen Kohlenpreisen für jene und verschiedenen Baukosten für diese in Abhängigkeit von Benutzungsstundenzahl und Belastungsfaktor im logarithmischen Maßstabe wieder. Links vom Schnittpunkt der Geraden für ein Wasserkraftwerk mit bestimmten Ausbaukosten mit einer der Kurven für ein Dampfkraftwerk mit bestimmten Kohlenkosten liegen die Benutzungsstundenzahlen, bei denen ein Dampfkraftwerk wirtschaftlich überlegen ist, während rechts vom Schnittpunkt die Überlegenheit der Wasserkraft gegeben ist. (G. A. Orrok, Power Bd. 71, 1930, S. 148. Bericht an den Weltingenieurkongreß in Tokio 1929.) *Ha.*

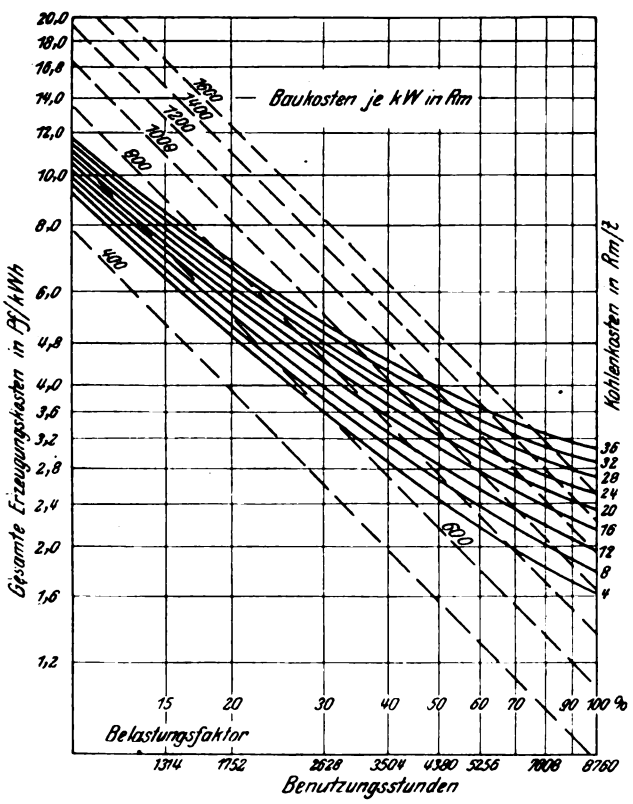


Abb. 1. Erzeugungskosten von Dampf- und Wasserkraftwerken bei verschiedenen Kohlenpreisen bzw. Baukosten in Abhängigkeit von Benutzungsdauer und Belastungsfaktor.

Aus der deutschen Elektrizitätswirtschaft[1]. — Das Rheinisch-Westfälische Elektrizitätswerk AG., Essen[2], hat 1929/30 ohne die Main-Kraftwerke AG. (105,265 Mill kWh), die Braunkohlen-Industrie AG. Zukunft (199,297 Mill kWh) und die Paderborner Elektrizitätswerk und Straßenbahn AG. (23,960 Mill kWh) 2 782,147 Mill kWh nutzbar abgegeben, also über 34 % mehr als im Vorjahr (2 067,212 Mill kWh), u. zw. 2 637,808 für Kraft (1 935,259 i. V.) und 144,339 für Licht (131,953 i. V.). Insgesamt ist die Lieferung des Konzerns von rd. 2,7 auf über rd. 3,5 Mrd kWh gestiegen. Der innere Zusammenschluß des Absatzgebiets hat sich durch Erwerb bzw. Übertragung der Verteilungsunternehmen der Landkreise Simmern und Aachen fortgesetzt. Der Demarkationsvertrag mit den VEW wurde durch den Ausbau einer gemeinsamen 220 kV-Doppelleitung von Hattingen über Herdecke nach Bielefeld ergänzt. Die Entwicklung des Höchstspannungsnetzes geht nunmehr ihrem Ende entgegen; die 220/380 kV-Leitung nach Bludenz zum Anschluß an die Wasserkraftanlagen der Vorarlberger Illwerke AG., Bregenz, ist fertig, und die 220 kV-Stationen und -Leitungen — Anlagen ohne geerdeten Nullpunkt — kamen etappenweise in Betrieb, ebenso die Nordleitung über Wesel nach Ibbenbüren. Im April 1930 erfolgte zum erstenmal die Parallelarbeit zwischen den Wasserkraftwerken in Vorarlberg mit den Zentralen des rheinisch-westfälischen Industriebezirks, wo inzwischen das Goldenbergwerk auf eine Gesamtleistung von 0,5 Mill kW gebracht war. Auch das Pumpspeicherwerk Herdecke hat den Dienst aufgenommen; sein Zusammenarbeiten mit dem 220 kV-System (etwa 800 km Länge) wie die ganze Betriebsführung des letzteren vollziehen sich anstandslos. Der Regulierungsfrage, namentlich bezüglich des Emporschnellens der Spannung bei plötzlicher Entlastung und Leerlauf der Leitung, hat man von vornherein in der Weise Rechnung getragen, daß dafür erstmalig die Art der Telephonpupinisierung auf Hochspannungsleitungen durch Einbau automatisch gesteuerter Drosselspulen übertragen wurde. Zudem ist hinter jedem 220 kV-Transformator auf der Niederspannungseite noch ein Reguliertransformator eingebaut. Am Ende des Geschäftsjahres verfügte die Gesellschaft über rd. 4300 km Drehstromleitungen von 220 und 100 kV sowie über 49 Höchstspannungsstationen für dieselben Spannungen, von denen sich 12 mit 220 kV in Be-

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 1630.
[2] Vgl. ETZ 1929, S. 1597; 1930 S. 1692.

Digitized by Google

trieb befinden. Im laufenden Geschäftsjahr begann auch der Bau der 220/330 kV-Leitung von Herbertingen nach Tiengen bei Waldshut für den Zusammenschluß mit den Kraftwerken Häusern und Eichholz der Schluchseewerk AG. und der Oberrhein-Wasserkräfte. Das Rheinkraftwerk Albbruck-Dogern AG., Waldshut, an dem die Berichterstatterin mit 77 % beteiligt ist, hat für den Ausbau der Kraftstufe eine Anleihe von 40 Mill schw. Fr abgeschlossen, für die das RWE mit dem Aargauischen Elektrizitätswerk AG. und dem Kraftwerk Laufenburg die Baubürgschaft übernahm und deren Verzinsung und Tilgung durch die mit dem RWE als Abnehmer vereinbarten Strompreise gedeckt sind. Zwecks Beteiligung an der Aarewerke AG. (Kraftstufen Klingnau und Wildegg-Brugg) mit 30 % sowie an der Vorarlberger Elektrizitäts-Leitungs-G. m. b. H., Bregenz, wurde mit befreundeten schweizerischen Gesellschaften in Aarau die Finelectra Finanzgesellschaft für Elektrizitätsbeteiligungen AG. mit 30 Mill schw. Fr gegründet. Wenn trotz bedeutender Neuanschlüsse ein Jahresabsatz von 3 Mrd kWh nicht ganz erreicht worden ist, so lag das an dem einsetzenden Konjunkturrückgang in der ganzen Wirtschaft während der zweiten Hälfte des Geschäftsjahres. Der Einschränkung auch der Lichtverbraucher hat die Gesellschaft weiter durch Vergünstigung ihres Haushalttarifs entgegengewirkt, indem sie, wie in der ETZ 1930, S. 24, schon mitgeteilt worden ist, bei Abnahme von 100 kWh monatlich für Haushaltzwecke zum Preis von 8 bzw. 9 Pf mit 50 Pf Zählergebühr je Monat nunmehr für das ganze Jahr den Lichtstrom zum normalen Kraftstrompreis von 15¾ bzw. 18½ Pf/kWh berechnet, so daß auch der kleinste Haushalt zu einem Durchschnittspreis von etwa 9 Pf/kWh und einer nicht unerschwinglichen absoluten Ausgabe für den Monat Wärme-, Kraft- und Lichtstrom beziehen kann. Die wirtschaftliche Lage der Pachtbahnen und der vom RWE betriebenen Kraftwagenlinien hat sich in Anbetracht der allgemeinen Wirtschaftskrise weiter verschlechtert, die Gasabgabe betrug 12,245 Mill m³ (11,690 i. V.). Betriebsgewinne und Zinsen: 72 083 924 RM (60 667 209 i. V.), Überschuß: 26 482 658 RM (20 325 882 i. V.), Dividende: wieder 10 % auf nunmehr 243 Mill RM Aktienkapital.

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Einladung

zur ordentlichen Sitzung am Dienstag, dem 16. Dezember 1930, 7½ Uhr abends, in der Aula der Technischen Hochschule zu Charlottenburg.

Tagesordnung:

1. Geschäftliche Mitteilungen.
2. Vortrag des Herrn Reichsbahnrat Draeger über das Thema: „Energieversorgung der Berliner Stadtschnellbahn".

Inhaltsangabe:

1. Grundsätzliche Anordnungen.
2. Strombelieferung.
3. Lastverteilerstellen.
4. Hochspannungskabel.
5. Schaltanlagen.
6. Fernsteuerung.
7. Gleichrichter.

Die Mitglieder werden gebeten, ihre Mitgliedskarten beim Eintritt vorzuzeigen. Gastkarten für einzuführende Gäste bitten wir vor der Sitzung bei der Geschäftstelle abzufordern.

Ohne Karten kein Zutritt.

Nachsitzung im „Grand Hotel am Knie", Charlottenburg, Bismarckstr. 1.

Elektrotechnischer Verein e. V.

Der Vorsitzende:

Dr.-Ing. Feyerabend.

Filmvorführungen.

Am Mittwoch, dem 17. Dezember 1930, 8 Uhr abends pünktlich, findet

a) eine Vorführung des Tonfilms „Aus den Forschungstätten der AEG-Transformatorenfabrik" von 8 Uhr bis 8.50 Uhr abends,

b) eine Vorführung des Films „Bau der Bayrischen Zugspitzbahn" von 9 Uhr bis 9.45 Uhr abends

im Vortragsaal der Ausstellung der Fabriken der AEG, „Haus der Technik", Berlin N 24, Friedrichstr. 110—112, statt.

Treffpunkt: Vorraum des „Hauses der Technik".

Verkehrsverbindungen:

Untergrundbahn bis Oranienburger Tor;

Straßenbahnlinien Nr. 1, 2, 25, 27, 28, 32, 128, 132;

Autobus Nr. 5, 25, 29.

Auch Damen können teilnehmen.

Um pünktliches Erscheinen wird gebeten.

Nachsitzung im Kasino der genannten Ausstellung.

Voranzeige.

Der Elektrotechnische Verein beabsichtigt in Gemeinschaft mit dem Außeninstitut der Technischen Hochschule nach Neujahr folgende **Vortragsreihe** zu veranstalten:

„Die Übertragung elektrischer Leistung auf große Entfernung."

Vortragsfolge:

12. I. 1931	Einführung. Aufbau der Übertragungsleitungen. Wirk- und Blindstromverteilung.
19. I. 1931	Leitungstheorie. Kreisdiagramme. Praktische Berechnungen.
26. I. 1931	Verhalten der Maschinen und Transformatoren. Stabilität bei Belastung und Kurzschluß.
2. II. 1931	Kompensierung der Leitung und ihre Regelung. Vergleich von Freileitung und Kabel.
9. II. 1931	Störungen der Übertragung. Gewitter. Überstrom- und Überspannungsschutz. Erdschlußlöschung. Schwachstromstörungen.
16. II. 1931	Gleichstromübertragung. Verhalten der Leitungen, Maschinen und Vakuum-Umformer.
23. II. 1931	Regelung der Kraftwerke beim Zusammenschluß. Technische und wirtschaftliche Gesichtspunkte.

Änderungen vorbehalten.

Die Bekanntmachung mit genauen Angaben über die Vortragsreihe erfolgt rechtzeitig.

Elektrotechnischer Verein.

Der Generalsekretär:

Dr. Schmidt.

Digitized by Google

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker

(Eingetragener Verein).

Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 7 Pallas 7286.
Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 213 12.

Bekanntmachung.

Kommission für Bahnwesen.

Die bei dem Zentralverband der deutschen elektrotechnischen Industrie mit Normungsarbeiten des Bahnwesens beschäftigte Normgruppe „Bahnen" hat folgende Normblattentwürfe aufgestellt:

DIN VDE 3131 Technische Lieferbedingungen für Fahrleitungsteile aus warm gepreßtem Messing,
DIN VDE 3135 Technische Lieferbedingungen für gegossene Fahrleitungsteile aus Nichteisen-Metallen,
DIN VDE 3148 Keil-Endklemmen,
DIN VDE 3152 Beidrahtklemme für 2 Fahrdrähte *Ri* von 50 ... 150 mm² Querschnitt.

Die Entwürfe werden in der Zeitschrift „Die Verkehrstechnik", Heft 50 vom 12. Dezember 1930 mit einer Einspruchsfrist bis zum 20. Januar 1931 veröffentlicht werden.

Einsprüche gegen diese Entwürfe sind in doppelter Ausfertigung an die Geschäftstelle des VDE zu richten.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

Bezug von Einbanddecken für den Jahrgang 1930 der ETZ.

Wir werden mit Abschluß des Jahres 1930 wiederum den Beziehern der ETZ Einbanddecken zur Verfügung stellen.

Die Preise sind die gleichen wie im Vorjahr und werden 2,20 RM für den Halbjahr-Band einschließlich Versandkosten betragen.

Bestellungen erbitten wir schon jetzt aufzugeben, damit rechtzeitige und pünktliche Lieferung gesichert ist.

Die Bestellung kann erfolgen durch Einzahlung auf unser Postscheckkonto, Berlin 213 12 (Versandanschrift genau aufgeben, ebenso Vermerk beifügen „ETZ-Einbanddecke") oder durch schriftliche Bestellung. In letzterem Falle erfolgt der Versand durch die Verlagsabteilung des VDE, Berlin W 57, Potsdamer Str. 68, unter Nachnahme.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Berlin W 57, Kurfürstenstraße 15/16.

Bekanntmachung.

Es befinden sich Bügeleisenuntersätze „Wunderrost" im Handel, welche die Bezeichnung „Ausschalter" und das dem Verband Deutscher Elektrotechniker gesetzlich geschützte Zeichen mit dem Zusatz „Schalter" tragen.

Zur Vermeidung von Irrtümern wird ausdrücklich darauf hingewiesen, daß die Genehmigung zur Anbringung des VDE-Zeichens auf diesen Bügeleisenuntersätzen von der VDE-Prüfstelle nicht erteilt worden ist. Es wird gebeten, der VDE-Prüfstelle Mitteilung über das Auftauchen solcher mit dem VDE-Zeichen versehenen Bügeleisenuntersätze zu machen.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.
Zimmermann.

AEF

Ausschuß für Einheiten und Formelgrößen.

Zuschriften mit dem Bemerk „Betrifft AEF" sind zu richten an die Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins, Berlin W 35, Potsdamer Straße 118a II, Fernspr. Amt Kurfürst 9697.

Einheit der Frequenz.

Das Deutsche Kommittee der Internationalen Elektrotechnischen Kommission hatte für die skandinavische Tagung der IEC den Antrag gestellt, als Einheit der Frequenz das Hertz, Zeichen Hz, anzunehmen; 1 Hertz (Hz) = 1 Periode je Sekunde.

Dieser Antrag ist mangels genügender Zustimmung seitens der anderen Nationalen Kommittees nicht angenommen, sondern zu weiterer Behandlung an den zuständigen Unterausschuß zurückverwiesen worden (vgl. ETZ 1930, S. 1350, rechts C, b).

Hiernach bleibt die Lage für Deutschland dieselbe, wie sie vor der Tagung der IEC gewesen ist. Innerhalb Deutschlands und des deutschen Sprachgebiets kann das Hertz weiterverwendet werden; für den Verkehr mit dem anderssprachigen Ausland gilt als Einheit der Frequenz die „Periode je Sekunde", Zeichen p/s.

Berlin, im November 1930. Wallot.

SITZUNGSKALENDER.

Elektrotechn. Verein Breslau. 16. XII. 1930, abds. 8 h, Elektrotechn. Inst. der T. H.: Vortrag Obering. Jacobi, „Neuerungen im Bau von Drehstrommotoren insbes. von Kurzschlußankermotoren".

Elektrotechn. Verein Chemnitz. 11. XII. 1930, abds. 7½ h, Staatl. Akademie für Technik, Hörsaal 199, Eing. vom Hauptbahnhof: Hauptversammlung.

Elektrotechn. Verein des Bergischen Landes, Elberfeld. 16. XII. 1930, abds. 8 h, Hotel Union, Wuppertal-Elberfeld, Schloßbleiche: Hauptversammlung.

Elektrotechn. Gesellschaft Halle a. S. (zus. mit dem Thür. Bezirksverein Dt. Ing. und der ADB). 11. XII. 1930, abds. 8¼ h, Stadtschützenhaus: Vortrag Reg.-Baumstr. a. D. Kothe, „Wirtschaftl. Erfolg durch Zusammenarbeit im Betrieb".

Elektrotechn. Verein Hamburg. 17. XII. 1930, abds. 7½ h, Aula der Techn. Staatslehranstalten: a) Vortrag Dr.-Ing. Haake, „Die Werkzeugmaschine der spanlosen Formgebung"; b) Filmvortrag „Die Elektrotechnik auf der Leipziger Messe".

Elektrotechn. Gesellschaft Hannover. 16. XII. 1930, abds. 8 h, Hörsaal 42 der T. H.: Lichtbildervortrag Prof. Dr.-Ing. G. Dettmar, „Elektrotechnik in China".

Elektrotechn. Verein Leipzig. 9. XII. 1930, abds. 8 h, gr. Vortragsaal des neuen Grassimuseums, Rabensteinplatz: Lichtbildervortrag Obering. Schilling, „Der heutige Stand der Rundfunktechnik".

Elektrotechn. Gesellschaft zu Nürnberg. 12. XII. 1930, abds. 8 h, Vortragsaal der SSW, Frauentorgraben 35: Vortrag Dr. Wintergünther, „Die Grundvorstellungen der modernen Elektrizitätslehre".

Elektrotechn. Verein Stuttgart. 20. XII. 1930, nachm. 6 h, Rundfunkvortrag „Rundfunk-Empfangsgeräte für Netzanschluß und ihre Behandlung" (ein Zwiegespräch zw. Frl. Maria Bass und Herrn Tel.-Dir. O. Streich).

Deutsche Physikalische Gesellschaft zu Berlin. a) 12. XII. 1930, nachm. 5½ h, Gr. Hörsaal des Physikal. Inst. der Universität, Reichstagsufer 7/8: 1. Vortrag R. Becker, „Der Einfluß elastischer Spannungen auf den Verlauf der Magnetisierung"; 2. Vortrag G. Hertz, „Trennung von Gasgemischen durch Diffusion"; b) 19. XII. 1930, abds. 7½ h, gr. Hörsaal des Physikal. Inst. der T. H.: Vortrag F. Schröter, „Neuere Formen lichtelektr. Zellen".

Südwestdeutsche Lichttechn. Gesellschaft, Karlsruhe. 16. XII. 1930, abds. 8 h, gr. Hörsaal des Chem. Techn. Inst. der T. H.: Vortrag Dipl.-Ing. H. Klein, „Über den Bau von Geleuchten, insbes. von spiegelnden Reflektoren".

Digitized by Google

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

H. v. Glinski. — Herr Regierungs- und Baurat a. D. Hermann v. Glinski, bis zur jüngst vollzogenen Durchführung der Fusion zwischen der Poege-E.-AG. und der Sachsenwerk-AG. technisches Vorstandsmitglied der Poege-E.-AG., hat sich auf Grund langjähriger Tätigkeit im Eisenbahn-Maschinendienst vorwiegend bei der elektrischen Zugförderung und auf Grund der technischen Leitung der Poege-E. AG. während fast 11 Jahren als beratender Ingenieur für technische und wirtschaftliche Fragen besonders des Verkehrswesens und der Elektrowirtschaft einschließlich aller einschlägigen Probleme in der Industrie in Chemnitz 1, Agricolastraße 27, niedergelassen.

F. Springer. — Am 3. Dezember d. J. vollendete Herr Dr.-Ing. E. h. Fritz Springer, Seniorchef der Verlagsbuchhandlung Julius Springer in Berlin, sein 80. Lebensjahr. Der Verlag, der u. a. während eines halben Jahrhunderts Besitzer und Herausgeber der Elektrotechnischen Zeitschrift gewesen ist, genießt dank der zielbewußten und unermüdlichen Mitarbeit des Jubilars auf der ganzen Welt ein hohes Ansehen. Die Wissenschaften, darunter die Technik und vor allem die Elektrotechnik, haben ihm ein gut Teil ihres Aufschwunges zu verdanken. Herr Dr. Fritz Springer erfreut sich unverändert einer beneidenswerten körperlichen Frische und nimmt auch noch heute an allen Vorgängen des Verlages, dessen Leitung im Laufe der Zeit in die Hände seines Sohnes und seines Neffen übergegangen ist, unausgesetzten Anteil.

BRIEFE AN DIE SCHRIFTLEITUNG.

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Schriftleitung und ohne deren Verbindlichkeit.)

Temperaturanstieg in elektrischen Maschinen.

Zu dem in ETZ S. 1166 veröffentlichten Aufsatz von H. JEHLE, mit dessen Ausführungen ich restlos einverstanden bin, möchte ich folgendes bemerken:

Dasselbe Problem habe ich für zwei Körper schon im Jahre 1923 gelöst und unter dem Titel „Beitrag zur Theorie der Erwärmung elektrischer Maschinen" in der Zeitschrift Elektrotechnický Obzor Jahrgang 1923, Seite 215, veröffentlicht. Mit dem in Frage stehenden Problem haben sich später V. KARAPETOFF (Parameters of Heating Curves of Electrical Machinery, J. Am. Inst. El. Engs., Januar 1926) und H. OTT (Kritische Bemerkungen zur Erwärmungsgleichung unter Berücksichtigung der Temperaturabhängigkeit von Wärmeabgabe und spezifischem Widerstand sowie der Inhomogenität des Körpers, El. u. Maschinenb. 1927, Seite 317) befaßt. In der Diskussion machte ich beide Autoren auf meinen früher veröffentlichten Aufsatz aufmerksam (J. Am. Inst. El. Engs. 1926, S. 683, El. u. Maschinenb. 1927, S. 554).

Im Jahre 1927 habe ich in der Zeitschrift Elektrotechnický Obzor, S. 329 eine weitere Arbeit, Das Erwärmungsproblem eines Dreikörpersystems, veröffentlicht, in welcher der Erwärmungsverlauf eines aus drei verschiedenen Körpern zusammengesetzten Systems gelöst wird (z. B. im Falle eines Transformators Eisenkern, Wicklung und Ölkühlung). Ein Auszug aus meinen vorstehenden Arbeiten wurde von dem tschechoslowakischen IEC-Ausschusse an der IEC-Tagung in Bellagio (September 1927) vorgelegt (Critique des essais d'échauffement dans les machines électriques, Document 2 Tchécoslovaquie 102).

Zuletzt mache ich noch auf einen Versuch aufmerksam, die Theorie der Erwärmung eines Mehrkörpersystems zur Feststellung der Enderwärmung aus kurzzeitigen Erwärmungsproben anzuwenden. Diesen Versuch habe ich gemeinsam mit Dr. J. BAŠTA im Aufsatze Heating of Windings determined from Tests of short Duration (J. Am. Inst. El. Engs. 1927, S. 1399) veröffentlicht.

Mähr.-Ostrau, 21. VIII. 1930. Fabinger.

Erwiderung.

Für die verschiedenen Hinweise möchte ich Herrn FABINGER bestens danken.

Daran anschließend darf ich noch bemerken, daß ich das Problem so auffassen wollte: Wie kann man aus gegebenen oder leicht schätzbaren Daten heraus den ungefähren Verlauf der Temperatur bei kurzen Überlastungen bestimmen? Die Näherungsrechnungen lieferten das schon vorherzusehende Ergebnis und präzisierten es näher, daß nämlich, grob gesprochen, bei Überlastungen die Eigen-Zeitkonstante des inneren, kleinen, hochbelasteten Maschinenteils die Schnelligkeit des Temperaturanstiegs daselbst angibt. Schon beim Zweikörper-System treten Schwierigkeiten dahingehend auf, daß die Erfassung der erforderlichen Konstanten nicht immer genau möglich ist. Eine Durchrechnung nach dem Dreikörper-Problem kann dagegen wegen der Unbekanntheit der dabei auftretenden Konstanten keinen allgemeinen Überblick verschaffen, jedoch besteht der besondere Wert solcher mathematisch genaueren Berechnungen darin, daß oft durch spezielle Versuche (z. B. J. Am. Inst. El. Engs. 1927, S. 1399) gewünschte Werte errechnet werden können.

Ferner möge noch darauf hingewiesen sein, daß für Erwärmungsprobleme von nicht elektrischen Maschinen und Apparaten dieselben Rechnungen und Näherungen meist direkt übertragbar sind.

Berlin-Charlottenburg, 7. XI. 1930.

Herbert Jehle.

LITERATUR.

Besprechungen.

Erläuterungen zu den Vorschriften für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebspannungen unter 1000 V. Herausg. v. Dr. C. L. Weber†, Geh. Regierungsrat. I. A. des VDE nach dem Stande vom 1. I. 1930 neubearb. v. R. Zaudy. 17. Aufl. Mit VII u. 129 S. in 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1930. Preis kart. 6 RM.

Die Erläuterungen zu den sogenannten Errichtungsvorschriften des VDE sind eine wichtige und wesentliche Ergänzung der Vorschriften selbst, weil sie durch Eingehen auf die Entstehung und die Begründung der Bestimmungen deren Verständnis und richtige Anwendung erst wirksam ermöglichen. Zaudy, der nach Geheimrat Webers Tode sich der Abfassung dieser Erläuterungen unterzog, ist durch seine langjährige Mitarbeit in den maßgeblichen Kommissionen des VDE und durch seine große Erfahrung auf dem Gesamtgebiet der Installationstechnik der berufene Kommentator. Die Trennung des Vorschriftenwerkes in gesonderte Arbeiten für Spannungen bis 1000 V, über 1000 V und in Betriebsvorschriften und die vollständige Neugestaltung zahlreicher Abschnitte machten eine grundlegende Umarbeitung des Buches erforderlich, wobei das System der früheren Auflagen, die Erläuterungen als Anlagen dem Vorschriftentext unmittelbar anzufügen, beibehalten wurde.

Auf den trotz gedrängter Form reichen Inhalt des Buches im Rahmen einer Besprechung näher einzugehen, ist nicht möglich. Die Sonderbestimmungen, die sich auf Maschinen, Apparate, Geräte, Leitungen usw. beziehen, wurden in weitestem Umfange berücksichtigt, die Ergebnisse der Beratungen des sogenannten Referenten-Ausschusses an vielen Stellen verwertet und schließlich auch eine Fülle eigener Erfahrungen nutzbar gemacht, so daß das Buch auch in der neuen Auflage der großen Zahl derer, die für die Ausführung, Abnahme und Instandsetzung elektrischer Anlagen verantwortlich sind, ein unentbehrlicher und zuverlässiger Ratgeber sein wird. Apt.

Kraftstoffe, Verbrennung und Schweröl-Vergasermotoren. Von A. E. Thiemann. Mit 119 Abb. u. 182 S. in gr. 8°. Verlag Richard Carl Schmidt & Co., Berlin 1928. Preis geb. 15 RM.

Das Buch ist insofern eine wertvolle Bereicherung der einschlägigen Literatur, als es seinen Leser in einfacher, leicht verständlicher Form, ohne wissenschaftliche Kenntnisse der chemischen und physikalischen Zusammenhänge vorauszusetzen, über die wissenswerten Eigenschaften der verschiedenen für Verbrennungsmotoren in Betracht kommenden Kraftstoffe, ihr Verhalten im Motor, ihre Herkunft und Gewinnung unterrichtet. Der Verfasser behandelt außerdem das Wesen der Verbrennung in ihren verschiedenartigen Formen auf der Grundlage der heutigen Erkenntnisse und geht dann auf Art und Wirkung der Antiklopfmittel bei Vergasermotoren ein, um hierauf die Schwerölverwendung in Vergaser- und auch Dieselmotoren zu besprechen. Aus der Gesamtheit seiner Darlegungen zieht er in einem besonderen Kapitel Schlußfolgerungen, denen man im wesentlichen beipflichten kann, wenn auch einzelne von dem Verfasser vertretene Ansichten, wie z. B. sein ziemlich ablehnendes Verhalten gegen den „schnellaufenden Dieselmotor", heute nicht mehr berechtigt sind. Alles in allem ein Buch, das lesenswert ist, wenn es auch hier und da zu Widerspruch reizt. W. Laudahn.

Digitized by Google

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Die N.-E.-Metallwirtschaft im Jahr 1929[1]. — Wie die Metallgesellschaft AG., Frankfurt a. M., in der Einleitung zu ihren „Statistischen Zusammenstellungen" für 1929, denen wir die folgenden Zahlen entnommen haben, sagt, sind die Produktions- und Verbrauchsziffern der Nichteisenmetalle im Berichtsjahr weiter gestiegen, der Konsum in der jüngsten Zeit allerdings nicht mehr so schnell wie die Gewinnung. Am auffallendsten und verhältnismäßig auch am größten war diese Bewegung in den letzten Jahren bei Aluminium, dessen Erzeugung 1929 rd. 0,265 Mill t erreichte gegenüber rd. 50 000 t im Jahresdurchschnitt 1909/13 und einer Kupfergewinnung von rd. 1,9 Mill t, die vor dem Krieg rd. 0,94 Mill t ausmachte. Die Mengenrelation zwischen beiden Metallen von 1 : 19 im Mittel der Jahre 1909/1913 war im Berichtsjahr 1 : 7, also dem Aluminium wesentlich günstiger.

N.-E.-Metalle	Bergwerksproduktion		Hüttenproduktion		Rohmetallverbrauch	
	1929	1928	1929	1928	1929	1928
	1000 t					
Aluminium[2]	—	—	264,4	243,2	268,8	233,0
Blei	1657,9	1595,4	1738,0	1642,7	1667,7	1610,2
Kupfer	1937,4	1724,1	1907,9	1696,5	1790,4	1733,4
Zink	1669,4	1544,2	1463,0	1407,6	1452,6	1412,5
Zinn	198,7	184,6	198,4	183,5	188,4	174,9
Länder	Kupfer					
Europa	171,8	145,2	190,8	167,3	788,5	839,7
Spanien	58,0	54,2	[3] 28,5	[3] 27,8	26,1	22,3
Deutschland	26,0	26,8	53,6	48,5	216,4	253,7
Afrika	164,3	137,7	152,0	127,2	[4] 3,5	3,5
Amerika	1500,7	1354,1	1476,2	1326,1	910,3	795,1
V. S. Amerika	908,5	828,2	987,9	893,8	881,3	772,5
Chile	316,0	289,9	303,2	277,5	[5] 2,0	[5] 2,0
Kanada	112,5	91,9	72,7	56,6	23,0	18,7
Mexiko	86,6	65,5	57,9	45,9	[5] 0,5	[5] 0,5
Asien	86,1	75,6	76,3	66,0	78,6	89,2
Japan	74,6	66,0	74,6	66,0	70,4	79,9
Australien	14,5	11,5	12,6	9,9	9,5	5,9

Gemessen an dem genannten Fünfjahresdurchschnitt betrug die Produktionssteigerung 1929 bei Aluminium 433, Kupfer 103, Zinn und Zink je 64 und bei Blei 50 %. Letzteres ist nunmehr mengenmäßig vom Kupfer, Zinn vom Aluminium überholt worden. Im Durchschnitt der Jahre 1925/29 waren mit Ausnahme von Aluminium, bei dem außerordentliche Umstände vorlagen, die jährlichen Gewinnungs- und Konsumerhöhungen wesentlich größer als in der Vorkriegszeit; sie betrugen bei Blei in der Produktion 6,2 %, im Verbrauch 5,5 %, bei Kupfer 7,2 % bzw. 6,4 %, bei Zink 7,8 % bzw. 7,1 %, bei Zinn 7,9 % bzw. 6,9 % und bei Aluminium 9,3 % bzw. 9,7 %. Das Zurückbleiben der jährlichen Verbrauchszunahme hinter dem entsprechenden Anwachsen der Produktion (Aluminium ausgenommen) zeigt sich vor allen Dingen merklich bei Zinn und Kupfer, während bei Aluminium (Altaluminium ließ sich in der Berechnung nicht ganz ausschalten) die Konsumziffern stärker zugenommen haben. Dieses relative Nachhinken der jährlichen Verbrauchserhöhung ist charakteristisch für das Jahr 1929 und wird sich vermutlich noch in verschärftem Maß auch für 1930 ergeben, in dessen erstem Halbjahr die Hüttenproduktion von Kupfer mit 19 % den größten Rückgang gegen die gleiche Periode von 1929 aufweist, während für Blei und Zinn 2 % genannt werden. Da der Verbrauch der Metalle in diesen sechs Monaten gegenüber der vorjährigen Parallelzeit wesentlich stärker gesunken ist als die Produktion, kann man nach dem Bericht der Metallgesellschaft annehmen, daß der Weltkonsum im ersten Halbjahr 1930 schwächer war als in denselben Monaten von 1929, u. zw. bei Kupfer um rd. 25 %, bei Zinn um rd. 18 %, bei Blei um rd. 10 % und bei Zink nach vorläufig nur aus den V. S. Amerika vorliegenden Angaben dort um etwas über 20 %. Was die Preise betrifft, so sind diese seit 1926 für Aluminium, Zink und Zinn beständig gesunken, bei Blei nach einem Anziehen im Jahr 1929 erneut im ersten Halbjahr 1930, während die Kupfernotierungen erst im Vorjahr ihren Höhepunkt erreichten, um dann während der ersten sechs Monate von 1930 wesentlich abzuflauen. Setzt man die Preise für 1909/13 gleich 100, so ergeben sich für 1929 und das erste Halbjahr 1930 (letzteres in Klammern) folgende Indices: Blei 153 (127), Aluminium 132 (132), Kupfer 130 (96), Zinn 114 (89), Zink 104 (77). Nach einer starken Aufwärtsbewegung bei Kupfer in den Jahren 1925/26 bzw. 1929 sind die Metallpreise im ersten Halbjahr 1930 den letzten Baissesätzen von 1921/22 wieder stark nahegekommen, haben diese teilweise sogar schon unterschritten. Somit zeigen Mengen- und Preisentwicklung der N.-E.-Metalle typische Symptome der Depression; bei einer Beurteilung der Zukunft ist aber, so bemerkt die Metallgesellschaft, „zu bedenken, daß infolge der sehr engen Verflechtung der metallerzeugenden Industrie mit einer Reihe wichtiger anderer Industriegruppen, wie der metallverarbeitenden Industrie, der Elektroindustrie, der Bau- sowie der Fahrzeugindustrie usw. eine Erholung der Metallmärkte auf die Dauer nur im Rahmen einer Besserung der allgemeinen wirtschaftlichen Lage möglich sein wird. Eine Reihe Produzenten hat bereits durch Stillegung der Betriebe die Konsequenzen aus der gegenwärtigen Marktlage gezogen, und eine größere Zahl der Bergbau- und Hüttenunternehmungen befindet sich vor der Rentabilitätsgrenze der Betriebsführung." Im Jahresdurchschnitt betrug der Kupferpreis 1929 für:

Standard cash,	London	in £/l ton	75. 9. $7^{3}/_{7}$
Best selected	„	„ „	79. 17. $5^{2}/_{21}$
Electrolyt	„	„ „	85. 8. $0^{7}/_{8}$
„	New York	in cts/lb	18,107
„	Berlin	„ Rm/kg	1,739.

Englands elektrotechnischer Außenhandel[1]. — Im Oktober 1930 war die Einfuhr um 211 339 £ (31 %) größer als im Vormonat (682 538 £), aber um 113 546 £ (11 %) geringer als im Parallelmonat von 1929. Die Ausfuhr ist weiter zurückgegangen, u. zw. im Vergleich zum September (1 747 000 £) um 198 622 £ (11 %), gegenüber dem Oktober des Vorjahres um 376 302 £ (19,5 %). Das Ergebnis des Außenhandels in den abgelaufenen zehn Monaten zeigt gegen die gleiche Periode von 1929 eine Erhöhung des Imports um 697 396 £ (10,6 %) und eine Verringerung der Ausfuhr um 439 686 £ (rd. 3 %).

Erzeugnisse	Einfuhr in £		Ausfuhr in £	
	1930	1929	1930	1929
	Oktober			
Maschinen	159 233	193 454	567 741	551 037
Waren u. Apparate	734 644	813 969	981 537	1 374 543
	893 877	1 007 423	1 549 278	1 925 580
	Januar/Oktober			
Maschinen	1 518 062	1 541 285	5 312 750	5 245 384
Waren u. Apparate	5 770 048	5 049 429	10 243 342	10 750 394
	7 288 110	6 590 714	15 556 092	15 995 778

Japans Elektroeinfuhr. — Nach einem von El. Review[2] auszugsweise wiedergegebenen Bericht des Department of Overseas Trade betrug der Wert der von Japan eingeführten elektrischen Maschinen 1927: 5,742, 1928: 6,416 und 1929: 6,832 Mill Yen. Auf diese Erzeugnisgruppe entfiel in den letzten drei Jahren rd. die Hälfte des gesamten elektrotechnischen Imports. Die Monate Januar bis einschl. April 1930 ergaben für elektrische Maschinen einen Einfuhrwert von 1,197 Mill Yen. Die drei hauptsächlichsten Lieferländer waren an diesen Zufuhren mit folgenden Werten in Mill Yen beteiligt:

Lieferland	1928	1929	1930 Januar/April
V. S. Amerika	4,274	3,984	0,416
Deutschland	1,599	1,468	0,418
Großbritannien	1,011	1,187	0,124
			A. Fr.

[1] Nach El. Review. Vgl. ETZ 1929, S. 1868; 1930, S. 1604.
[2] Bd. 107, 1930, S. 704.

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1468.
[2] Produktion und Verbrauch. — [3] Nur Elektro- und Blisterkupfer. — [4] Jetzt ohne Halbfabrikate. — [5] Geschätzt.

Bezugsquellenverzeichnis.

Die Anfragen sind an die Schriftleitung der ETZ Berlin W 9, Linkstr. 23/24, zu richten. Anfragen ohne Rückporto bleiben unbeantwortet.

Frage 55: Wer baut Starkstromkondensatoren für Motoren von 1 ... 100 PS?

Frage 56: Wer stellt Graviersticfte mit Motorantrieb her?

Abschluß des Heftes: 6. Dezember 1930.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 18 200 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Grenzturbinen für 3000 U/min.

Mitteilung der AEG.

Die Einheitsleistungen von Kondensationsturbinen sind während der letzten Jahre in besonders starkem Maße gestiegen. Konstruktive Verbesserungen, Verwendung hochwertiger Baustoffe und besonders die Auflösung einer Einheit in mehrere Teilturbinen gaben die Grundlage für das Anwachsen der Turbinenleistungen.

Unter den Großturbinen spielt die sogenannte Grenzturbine eine besondere Rolle. Grenzturbine nennt man eine Turbine größten zur Zeit herstellbaren Auslaßquerschnittes bei einer bestimmten Drehzahl. Ein und dieselbe Grenzturbine wird natürlich, je nach der Größe des Wärmegefälles, das ihr verfügbar ist, und dem Druckbereich, in dem sie zu arbeiten hat, insbesondere je nach dem Kondensatordruck, eine verschieden hohe Grenzleistung haben. Die AEG hat stets in erster Linie danach gestrebt, zur Verbilligung der Maschinen die ausführbare Turbinenhöchstleistung bei den üblichen Drehzahlen hinaufzudrücken. In Abb. 1 sind die höchsten Leistungen der in den einzelnen Jahren seit 1921 tatsächlich von der AEG ausgeführten einflutigen und zweiflutigen Kondensationsturbinen für 3000 und 1500 U/min aufgetragen. Aus diesen Kurven geht das allgemeine Streben nach Erhöhung der Grenzleistung hervor. Da das Gewicht gleichwertiger, gleichgebauter Turbinen verschiedener Drehzahl sich umgekehrt proportional mit dem Kubus der Drehzahl verändert, die Leistung jedoch nur umgekehrt proportional mit dem Quadrat, so ist der Preis der Maschinen, auf die Einheit der Leistung bezogen, z. B. für 3000 U/min geringer — theoretisch halb so groß — wie für die Maschine mit 1500 U/min. Hierin liegt die wirtschaftliche Begründung für das Streben nach immer höheren Grenzleistungen.

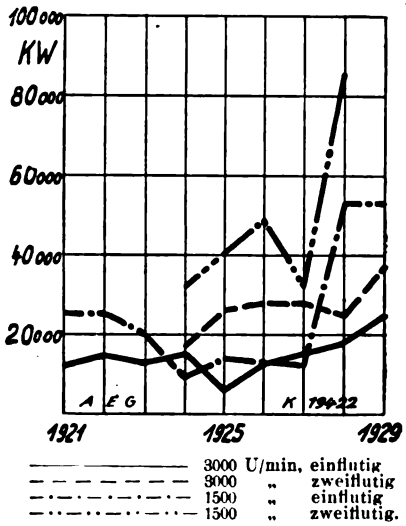


Abb. 1. Ausgeführte AEG-Grenzturbinen 1921 bis 1929.

Die einfachste eingehäusige Großturbine besteht aus einer Anzahl von Gleichdruckrädern steigenden Durchmessers auf einer Welle (Abb. 2). Die Leistungsgrenze wird durch die Abmessungen der letzten Stufe, des letzten Rades, bestimmt. Die jüngsten Untersuchungen, Berechnungen und Entwürfe der AEG befassen sich mit einem Auslaßquerschnitt von rund 2,5 m². Sie erwiesen, daß eine derartige Radscheibe so gebaut werden kann, daß sie die Forderung genügender Sicherheit erfüllt.

Die Gestaltung des Abdampfstutzens erfordert für derartige Grenzkonstruktionen gleichfalls besondere Maßnahmen. Im allgemeinen sind die Abdampfstutzen so ausgebildet, daß der aus der letzten Stufe austretende Dampf mit möglichst geringen Strömungsverlusten in den Kondensator übergeführt wird. Angestrebt wird ferner, durch eine Art von Diffusorwirkung die Auslaßenergie des Dampfes durch Rückverwandlung seiner Geschwindigkeit in Druck ganz oder teilweise zurückzugewinnen.

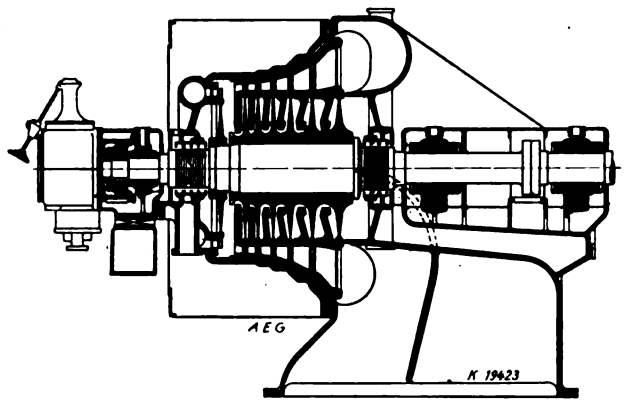


Abb. 2. Eingehäusige, einflutige Grenzturbine für 3000 U/min mit Scheibenläufer. Leistung bis 30 000 kW.

Mit einer ähnlich der in Abb. 2 dargestellten Turbine wird man je nach den Dampf- und Kühlwasserverhältnissen verschieden hohe Grenzleistungen bewältigen können. Als Anhaltswerte können für Frischdampf von rund 30 atü 400° und 0,04 ata hinter der Turbine 15 000 bis 22 000 kW, bei 0,07 ata 22 000 bis 30 000 kW gelten.

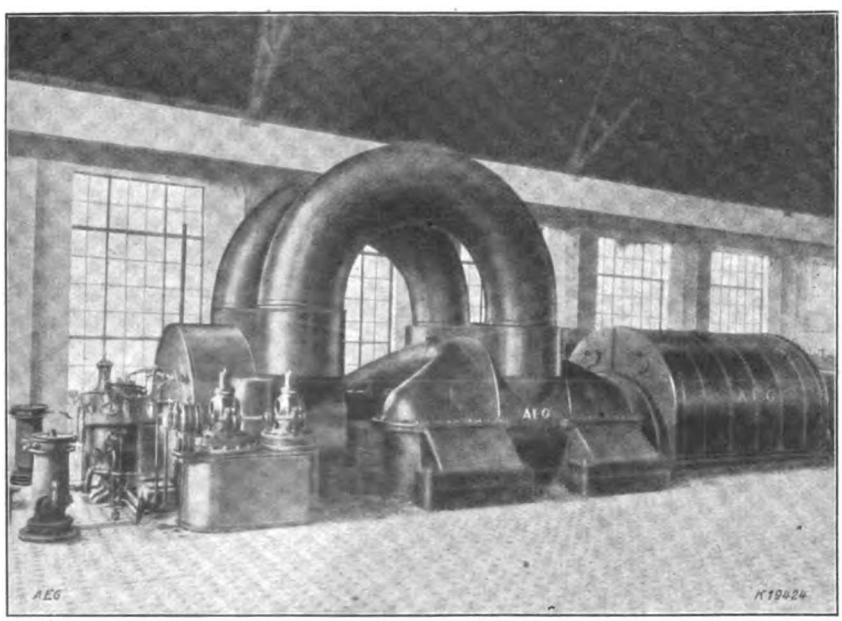


Abb. 3. Zweigehäusige, zweiflutige Grenzturbine für 3000 U/min mit Scheibenläufer im ND-Teil. Leistung bis 50 000 kW.

Die Frage der Vergrößerung des Auslaßquerschnittes, d. h. der Grenzleistung von Turbinen, kann auch dadurch gelöst werden, daß entweder die ganze Turbine oder doch der ND-Teil verdoppelt wird. Von dieser Möglichkeit hat die AEG bereits frühzeitig Gebrauch gemacht, meist in der Weise, daß der Dampf, nachdem er in den ersten HD-Stufen Arbeit geleistet hat, in zwei Teilströme zerlegt wird, die jeder für sich in zwei parallel arbeitenden, in einem besonderen, symmetrisch ausgeführten ND-Gehäuse untergebrachten Gruppen von ND-Stufen arbeiten (Abb. 3). Bei reiner Scheibenbauart wird die Leistungsgrenze etwa doppelt so hoch sein wie die der in Abb. 2 gezeigten Eingehäuseturbine.

Digitized by Google

In allen Fragen der
Aluminium-Verwendung und -Bearbeitung
steht Ihnen die
Aluminium-Beratungsstelle
Berlin W8 Französische Straße 50,
jederzeit kostenlos zur Verfügung.

Wofern die Bedeutung des Objektes dies rechtfertigt und eine genaue Einsichtnahme in die Betriebsverhältnisse erforderlich ist, kann auf Antrag eine Beratung durch Fachspezialisten an Ort und Stelle erfolgen.

PORZELLANFABRIK ZU KLOSTER VEILSDORF

Veilsdorf (Werra)

Gegründet 1765, Aktiengesellschaft seit 1884

Werke in Kloster Veilsdorf, Eisfeld, Brattendorf und Meuselwitz i. Th.

Veilsdorfer Porzellan

Isolatoren für Hoch- und Niederspannung
Montage- und Installationsporzellan
Technisches Porzellan aller Art

Digitized by Google

Engineering Library
JAN 7 1931

E T Z

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

Inhalt von Heft 51 der ETZ

Kosten, Raumbedarf und Betriebsergebnisse des Kraftwerkes Piessa des Elektrizitätsverbandes Gröba. Von F. Ohlmüller. 1733

Zur Frage der Mindestleistung der Meßwandler. Von G. Keinath. 1738

Stromverdrängung in Statorwicklungen als Wirkung des Stirnstreufeldes. (2. Bericht.) Von R. Pohl. 1739

Isolatoren aus Kieselsäureglas (Quarzisolatoren). Von F. Skaupy. 1745

Der 6. Deutsche Physiker- und Mathematikertag in Königsberg i. Pr., 4. bis 7. IX. 1930. Von E. Lübcke.

Mitt. der PTR. Nr. 289. 1750

Rundschau.

Abschirmung elektrischer Meßgeräte. 1749
Dieselmotoren als Spitzenmasch. in Elektrizitätswerken. 1751
Überschläge an Isolatoren. 1751
Öltransformat. f. 1 Mill. V gegen Erde in einer Stufe. 1751
Neue optische Gesamtstrahlungspyrometer. 1752
Sicherheitskocher 1752
Der el. Nachrichtendienst der Luftfahrt. 1752
Ausbau des deutschen Rundfunksendernetzes. 1753
Über die Druckabhängigkeit der Durchschlagspann. b. dielektrischen Flüssigkeiten. 1753
Deutsche Ges. f. Metallkunde. 1754
Elektrot. Neuerungen. 1754
Energiewirtsch. 1754
Rechtspflege. 1755
Vereinsnachrichten. 1757. **Bekanntmachung des VDE.** 1758
Sitzungskalender. 1761
Persönliches: J. Epstein †, G. Liss †. 1761
Briefe a. d. Schriftl.: A. Matthias, K. Faye-Hansen / K. Müller-Lübeck. 1762
Literatur: H. Fein, A. Sommerfeld, K. Dantscher u. C. Reindl, Eingegang. Doktordissertat. 1763
Geschäftliche Mitteilungen. 1764

Inhalt des neuesten Heftes des Archiv f. Elektrotechnik

(Bd. 24, H. 5): Janssen, Über die Oxydation der Transformatorenöle. — Walter, Zur Theorie der elektrischen Heizung. — Krutzsch, Der Einfluß der Gestalt der Meßwandler auf ihre Fehler. — Ollendorff, Einheitliche Theorie der Drehfeldmaschinen an Hand eines Modells. 2. Teil. — Müller, Die Beanspruchung des Ölschalters im Abschaltvorgang. — Schneider, Die Messung der magnetischen Verluste an Eisenblechstreifen bei homogener Sättigung. — Rogowski, Durchschlag von Gasen und Raumladung. — Rogowski u. Rühlemann, Das Braunsche Rohr als Lichtquelle.

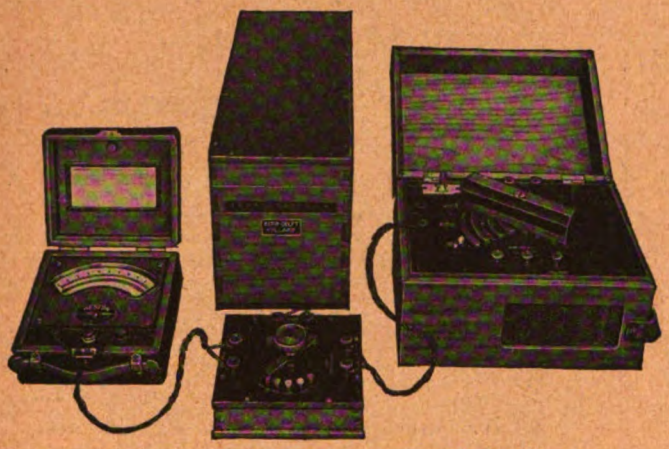
Des Weihnachtsfestes wegen muß der Anzeigenteil des Heftes 52 schon am 20. Dezember, vorm. 8 Uhr, abgeschlossen werden

51. HEFT · 51. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9
(1733—1764) 18. DEZEMBER 1930

Digitized by Google

Thermo-Watt-Ampere-Voltmeter

System Prof. Brückmann



Vereinigtes Watt-Ampere-Voltmeter mit Weston-Millivoltmeter Mod. 322 und tragbarem Spiegelgalvanometer

für Messungen bei niedrigem Leistungsfaktor

für Hochfrequenzmessungen

für dielektrische Verlustbestimmungen

Man verlange Druckschrift 51

GENERALVERTRIEB

Dipl. Ing. D. Bercovitz & Sohn

BERLIN-SCHÖNEBERG

Neuer Verzinkungsanlagen Verzinnungsanlagen Verbleiungsanlagen

nach dem Schleuderverfahren

Patent **Miele**

50% Materialersparnis gegenüber dem früheren Tauchverfahren.

Besonders geeignet für kleinere Gegenstände wie: Klein-Eisenwaren, Schrauben, Muttern, Nägel, Stanzteile, Jnstallationsmaterial, Drahtwaren, Schiffsartikel, Fittings u.s.w.

Mielewerke A.G.
Gütersloh/Westfalen

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

51. Jahrgang | Berlin, 18. Dezember 1930 | Heft 51

Kosten, Raumbedarf und Betriebsergebnisse des Kraftwerkes Plessa des Elektrizitätsverbandes Gröba*.

Von Dipl.-Ing. F. Ohlmüller, Berlin.

Übersicht. Nach einer kurzen Beschreibung des Werkes werden die Kosten und zu deren Beurteilung die prozentuale Verteilung auf die einzelnen Bauteile sowie die spezifischen Raumzahlen angegeben. Diese Zahlen sowie die Verbrauchszahlen des Werkes zeigen, daß auch ein kleines Werk sehr wirtschaftlich gestaltet werden kann.

Der Elektrizitätsverband Gröba ließ im Jahre 1926 in Plessa nahe bei Elsterwerda ein Kraftwerk errichten, das im Endausbau eine installierte Leistung von 34 000 kW aufweist. Die Ausführung erfolgte nach Anregungen des Herrn Direktor Korff und in engster Zusammenarbeit mit diesem durch die Siemens-Schuckertwerke. Zuerst wurde ein Kesselhaus mit drei Kesseln von je 28 t größter Dampferzeugung nebst allem Zubehör sowie das Maschinenhaus für zwei Maschinen ausgebaut. Beim ersten Ausbau wurde nur die erste Maschine mit 8000 kW Leistung aufgestellt, die zweite Maschine von 10 000 kW folgte im zweiten Ausbau. Schließlich wurde 1929 das Maschinenhaus verlängert und mit der dritten und letzten Maschine von 16 000 kW versehen sowie das Kesselhaus für weitere 2 Kessel von je 60 t größter Dampferzeugung erweitert. Vorläufig wurde nur ein Kessel dieser Größe aufgestellt. Der letzte, fünfte Kessel fehlt zwar noch, jedoch sind die mit seiner Aufstellung verbundenen Kosten eindeutig zu berechnen, so daß sich nunmehr fast vollständig an Hand von Abrechnungen ein einwandfreies Bild über die Kosten der Anlage geben läßt. Ferner sind Abnahmeversuche an den Maschinen, Kesseln und Nebeneinrichtungen und ein längerer Betriebsversuch gemacht worden, an Hand derer man die Wirtschaftlichkeit beurteilen kann.

I. Aufbau und Betriebsweise des Kraftwerkes.

In dem Kraftwerk wird Rohbraunkohle mit etwa 1800 kcal aus dem unmittelbar benachbarten Tagebau der Plessaer Braunkohlenwerke verbrannt. Im Hinblick auf die niedrigen Rohbraunkohlenkosten wurde als wirtschaftlichster Dampfdruck in den Kesseln 24 at gewählt. Höherer Druck hätte höhere Kesselkosten zur Folge gehabt, denen keine genügenden Ersparnisse durch erhöhte themische Ausnutzung der Kohle gegenüberstehen. Die Kessel erhielten sowohl Ekonomiser als auch Lufterhitzer für die Verbrennungsluft. Das Speisewasser wird teilweise durch die Ekonomiser und teilweise durch Anzapfdampf aus den Turbinen bzw. ausnahmsweise durch Frischdampf vorgewärmt. Das Dampfschaltbild zeigt Abb. 1.

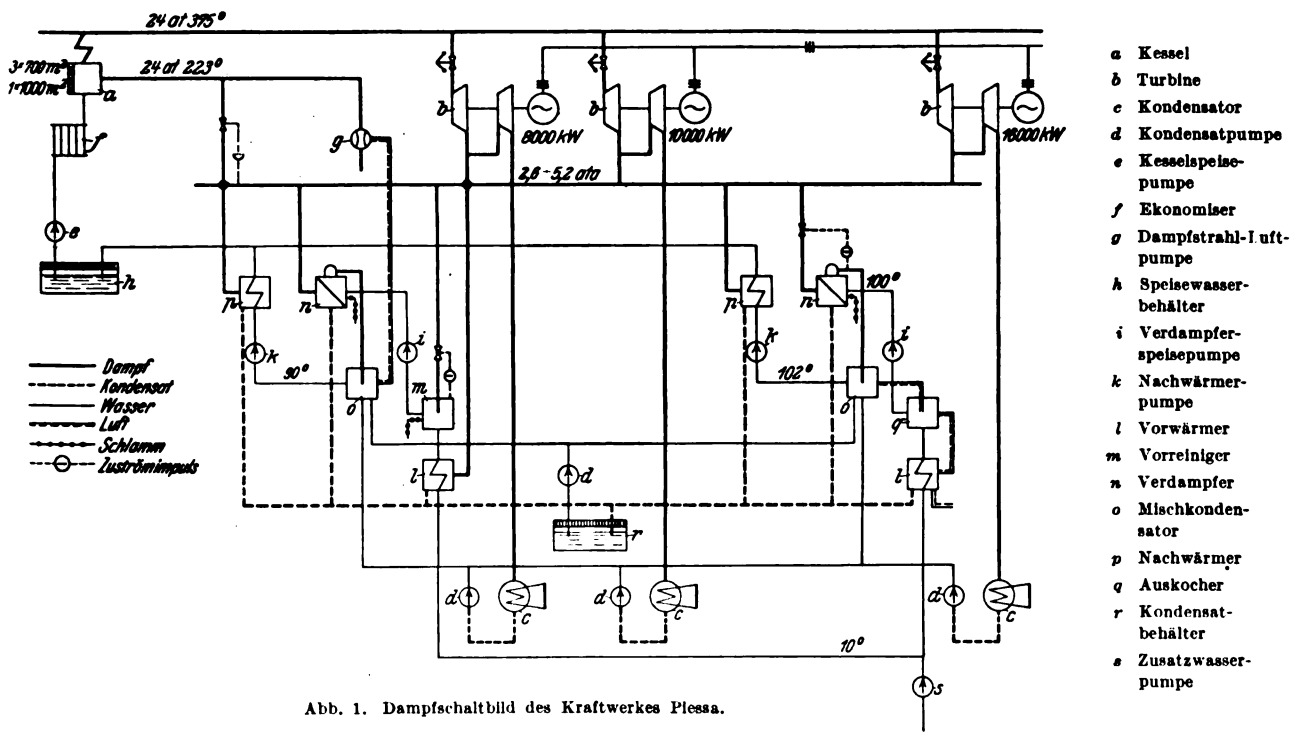


Abb. 1. Dampfschaltbild des Kraftwerkes Plessa.

Die Kohle wird in Kohlenzügen mit Bodenentleerung von der Grube angefahren. Der ganze Zug wird gleichzeitig in einen Tiefbunker entleert, der ursprünglich beim ersten Ausbau für 4 Wagen ausreichend war und bei einer Länge von 34,5 m ein Fassungsvermögen von 235 t

* Der Verfasser ist Herrn Direktor Korff des Elektrizitätsverbandes Gröba zu großem Dank verpflichtet, daß er die Veröffentlichung der Gestehungskosten und der Betriebswerte des Werkes gestattet hat.

Digitized by Google

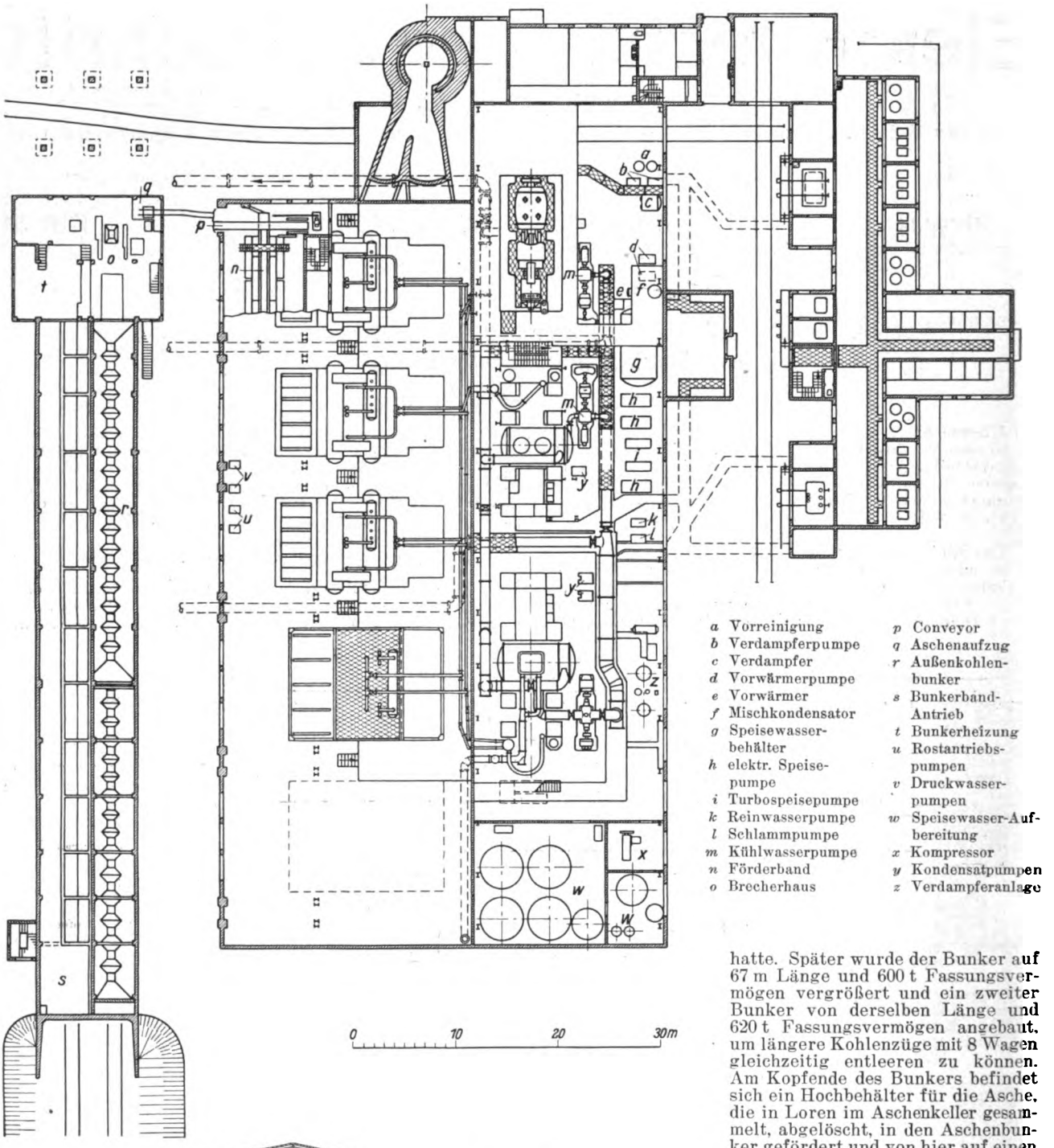


Abb. 2 und 3. Grundriß und Querschnitt des Kraftwerkes Plessa.

hatte. Später wurde der Bunker auf 67 m Länge und 600 t Fassungsvermögen vergrößert und ein zweiter Bunker von derselben Länge und 620 t Fassungsvermögen angebaut, um längere Kohlenzüge mit 8 Wagen gleichzeitig entleeren zu können. Am Kopfende des Bunkers befindet sich ein Hochbehälter für die Asche, die in Loren im Aschenkeller gesammelt, abgelöscht, in den Aschenbunker gefördert und von hier auf einen Bahnwagen zur Grube verladen wird.

Die Kohlenförderanlage umfaßt ein Plattenband bzw. einen Entnahmewagen unter den beiden Tiefbunkern, ferner zwei Förderanlagen zur Förderung auf die Höhe der Kohlenhochbunker und ein Transportband zur Verteilung über den Hochbunkern. Die Hochbunker haben 1800 t Fassungsvermögen.

Der Kesselzug wird durch einen gemauerten Schornstein von 115 m Höhe und 4,3 m oberer lichter Weite erzeugt.

Die Wasserreinigung besteht aus zwei Verdampferanlagen von je 3 t/h Leistung für das Speisezusatzwasser. Das gesamte Kondensat und das Zusatzwasser werden entgast. Ferner wird das Zusatzkühlwasser in einer Kalk-Soda-Anlage von 100 m³/h Leistungsvermögen gereinigt. Das

Digitized by Google

Kühlwasser für die Turbinen, Luftkühler und Transformatoren wird durch Kühltürme zurückgekühlt, da das Werk nicht genügend nahe an einen Fluß gelegt werden konnte. Die Elster fließt 2 km vom Werk entfernt. Hier ist ein Entnahmebauwerk für das zu ersetzende Kühl- und Speisewasser mit Reinigung und Enteisenung für 75 m³/h Wasser errichtet, ferner besitzt das Werk eine Tiefbrunnenanlage, der rd. 60 m³/h Wasser entnommen werden können. Die Generatoren erzeugen Drehstrom mit 6,3 kV, welcher für die Belieferung des Netzes auf 65 kV umgespannt wird. An der 6,3 kV-Sammelschiene liegt die Eigenversorgung des Werkes sowie ein Anschluß zur Versorgung der benachbarten Brikettfabrik. Die Schaltanlage und das Aufspannwerk sehen drei abgehende Freileitungen vor, von denen nur zwei ausgebaut sind.

Das Gelände, auf dem das Kraftwerk steht, war nahezu ebenes Ackerland. Der Untergrund ist gut, so daß keine besonderen Kosten für schwierige Gründungen aufgewandt werden mußten. Das Gleis für die Kohlenanfuhr sowie eine kurze Zufahrtstraße mußten angelegt werden. Am Kopfende des Maschinenhauses wurden einige wenige Büroräume, eine Werkswohnung und eine Werkstatt mit Gleisanschluß zu den Transformatoren und zur Werksbahn geschaffen. Die Gebäude sind in Eisenfachwerk mit einer Verblenderschicht außen gebaut. Die Innenausstattung ist einfach und zweckentsprechend gehalten.

Weitere Daten der Einrichtungen für das vollausgebaute Werk, also einschließlich des fünften, noch nicht aufgestellten Kessels, gibt die nachfolgende Aufstellung an.

Maschinenleistung des ganzen Werkes			34 000 kW
Kesselleistung des ganzen Werkes (5 Kessel) max.			204 t/h
Kesselanzahl und Größe			3 · 700 m² + 2 · 1000 m²
		700 m²	1000 m²
Kesselleistung	normal	21 t	40 t
	maximal dauernd	28 t	60 t
	„ vorübergehend	—	70 t
Ekonomiser-Heizfläche		800 m²	1683 m²
Lufterhitzer-Heizfläche		880 m²	1740 m²
Rostfläche		27 m²	53,36 m²
Kessel, Fabrikate		700 m² Linke-Hofmann-Werk	
		1 · 1000 m² Hanomag	
Rost, Fabrikat		Fränkel-Viebahn-Muldenrost	
Kohlenheizwert			1800 kcal
Kohlenfeuchtigkeit			59 %
Aschengehalt			8,5 %
Kesseldruck			24 at
überhitzter Dampf			375°
Speisewassertemperatur, Eintritt Ekon.			100°

Die Vorwärmung auf diese Temperatur erfolgt in der Verdampfer- und Vorwärmeranlage durch Anzapfdampf.

Druck der Anzapfstufe	1,6 at
Anzapfdampfmenge	6000 ... 12 000 kg/h
Speisewassertemperatur, Austritt Ekon.	180°
Siedetemperatur	223°
Lufttemperatur, Austritt Lufterhitzer	120°
Rauchgastemperatur, Austritt Lufterhitzer	rd. 185°
Leistung der Verdampferanlagen zusammen	6 m³/h
Speisewasserbehälter	90 m³
Speisepumpen (elektr. betrieben)	275 m³/h
Reservespeisepumpen (Turbinenantrieb)	275 m³/h
Reinigungsanlage f. d. Zusatzkühlwasser im Werk	100 m³/h
Enteisenungsanlage f. d. Elsterwasser und Leistung dieser Wasserversorgungsanlage	75 m³/h
Kühltürme, 2 mit je einer Leistung von	3600 m³/h
Leistung der Kohlenförderanlagen	160 t/h
Leistung der drei Turbosätze (Bauart GMA-SSW)	8 000 kW
	10 000 kW
	16 000 kW
cos φ	0,75
Drehzahl	3000 U/min
Drehstromspannung	6,3 kV
Frequenz	50 Hz
Eintrittsdruck	20 at
Eintrittstemperatur	350 ... 375°
Kühlwassertemperatur im Mittel	27°
Kühlwasserpumpen elektr. angetrieben m. selbsttätig anspringender Hilfsturbine	11 000 m³/h

Turbinen zweigehäusig m. einer			
Stufenzahl	8000 kW	10 000 kW	16 000 kW
im Hochdruckzylinder	9	9	9
im Niederdruckzylinder	4	4	4

Transformatoren, 2 Stück 6,3 65 kV	10 000 und 15 000 kVA
Doppelsammelschienen-System	
Eigenbedarfsanlage direkt an die Generatoren angeschlossen	6,3 kV
mit Niederspannungstransformatoren für	380/220 V
abgehende Freileitungen 65 kV	3
Werksgelände	15 000 m²

Den Grundriß der Anlage zeigt Abb. 2, den Querschnitt Abb. 3.

Das Maschinenhaus steht parallel Wand an Wand neben dem einreihigen Kesselhaus. Die Speisewasseranlage, Speisepumpen, Verdampfer und Kondensatbehälter befinden sich längs der Maschinenhauswand in der Maschinenhalle auf dem ebenerdig gelegenen Kondensatorflur. Der Maschinenflur nimmt nur etwa die halbe Breite des Maschinenhauses ein, so daß von hier aus die unten liegenden Speisewassereinrichtungen sehr gut zu übersehen sind. Am Ende des Maschinenhauses ist die Anlage zur Reinigung des Kühl- und Zusatzwassers untergebracht. Das Kesselhaus konnte dadurch einreihig ausgeführt werden, daß im Verhältnis zu den Maschinen große Kesseleinheiten aufgestellt wurden. Dies bedeutet eine Verbilligung gegenüber der früher üblichen Wahl einer größeren Zahl von Kesseln mit kleinerer Heizfläche. Der Zusammenbau des Maschinenhauses mit dem Kesselhaus wurde durch die Lage des Schornsteins am Kopfende ermöglicht, die deshalb zulässig war, weil eine Erweiterung über die jetzt ausgebaute Größe nicht mehr geplant wird.

Das Aufspannwerk ist, durch einen Hof getrennt, parallel zum Maschinenhaus angeordnet. In der Mitte liegen die Räume für die Eigenbedarfsanlage. Ein Übergang zum Maschinenhaus dient zugleich zur Aufnahme der Schaltwarte.

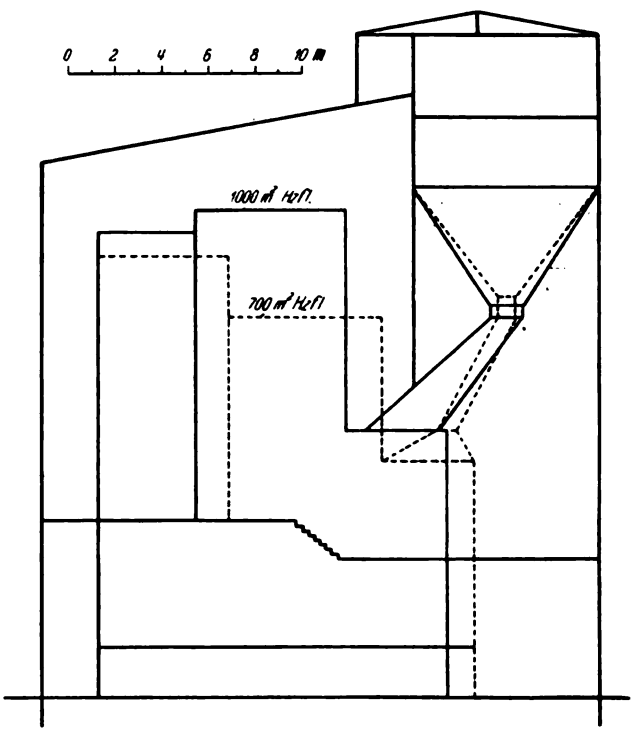


Abb. 4. Platzbedarf der beiden Kesselgrößen im Kesselhausquerschnitt

An der Seite des Kesselhauses stehen außer den Kohlentiefbunkern jenseits derselben die beiden Kühltürme. Die Kühlleitungen gehen zwischen den Kesseln unterirdisch zu den Kühlwasserpumpen im Maschinenhaus hindurch. Abb. 4 zeigt nochmals den Querschnitt des Kesselhauses zum Vergleich der durch den Einbau zweier Kesselgrößen in den gleichen Querschnitt geschaffenen Raumverhältnisse. Man sieht, daß man im zweiten Ausbau die 1000 m²-Kessel ohne Beengung in demselben Raum untergebracht hat wie vorher die 700 m²-Kessel. Dies drückt sich in den später noch angegebenen spezifischen Raumzahlen aus.

II. Die Kosten des Kraftwerkes.

Bei der nachfolgenden Kostenaufstellung ist zu berücksichtigen, daß das ganze Werk sehr einfach gehalten wurde. Die eigentlichen Baukosten sind der dortigen Gegend und der Zeit entsprechend als niedrig anzusprechen. Kostspielige Gründungsarbeiten kamen nicht in Frage. Die Anfuhr erfolgte durch ein neben der Baustelle liegendes Staatsbahngleis. Auf eine besondere Innenausstattung wurde verzichtet. So wurden die Gebäude innen, z. B. im Maschinen-, Kessel- und Schalthaus nicht geputzt, sondern nur hell gestrichen. Schließlich ist nur wenig Nebenraum für Bürozwecke usw. vorgesehen.

Digitized by Google

Die Zahlentafel 1 gibt die Kosten der einzelnen Teile des Werkes bei den verschiedenen Ausbauten an.

Zahlentafel 1.

	I 1. Ausbau 8000 kW, Platz für 2. Maschine 3 Kessel	II 2. Ausbau 8000 + 10000 kW, sonst wie vor	III 3. Ausbau 8000 + 10000 + 16000 kW, 1000 m² Kessel, Platz für 5. Kessel	IV Endausbau wie vor, 5. Kessel
Jahr der Bestellung . .	1926	1927	1929	
1. Bauarbeiten				
a) Gebäude m. Bunker, Schornstein, Kessel- und Maschinenfundamente	1 358 956	1 501 556	2 195 556	2 266 556
b) Außentiefbunker	66 543	66 543	308 543	308 543
c) Grundstückserwerb, Regulierung, Gleisanschluß und Bauleitung	182 051	195 051	245 351	245 351
Bauarbeiten insgesamt	1 607 550	1 763 150	2 749 450	2 820 450
2. Mechanischer Teil				
a) Kesselanlage mit Feuerung, Ekonomiser, Lufterhitzer und Einmauerung . . .	774 286	774 286	1 250 286	1 726 286
b) Bekohlung, Entaschung u. Krananlagen	175 252	175 852	308 852	308 852
c) Turbinen, Generatoren m. Hilfseinrichtung und Luftkühler . . .	580 472	1 110 472	1 730 472	1 730 472
d) Speisew.-Anl., Verdampfer, Vorwärmer, Behält., Pumpen u. Tiefbrunnen m. Reinigungs-Anl. . .	100 143	116 143	224 143	224 143
e) Rohrleitg. für Dampf, Wasser u. Kühlwasser .	267 719	353 719	486 719	516 719
f) Kühltürme . .	41 693	104 693	112 693	112 693
g) Rohwasserpumpenanlage m. Enteisenung u. 2 km Zuleitung einschl. Erdarbeiten . .	36 668	36 668	36 668	36 668
Mechan. Teil insgesamt einschl. Generatoren	1 976 233	2 671 833	4 149 833	4 655 833
3. Elektrischer Teil ausschl. Generatoren	567 000	619 000	749 000	949 000

Die Gesamtkosten der Ausbauten und der Preis für ein installiertes Kilowatt sind einschließlich Aufspannwerk und Grundstückskosten in Zahlentafel 2 zusammengestellt; unter kW$_{inst.}$ ist die Summe der Dauerhöchstleistung der Maschinen bei $\cos\varphi = 0{,}8$ zu verstehen.

Ohne Aufspannwerk, Grundstückskosten usw. und Bauleitung ermäßigen sich die Kosten wie folgt:

Zahlentafel 3.

	Ausbau I und II RM	%	Endausbau RM	%
1. Bauarbeiten ausschl. Aufspannwerk u. Grundstückserwerb usw.	1 463 000	31	2 463 700	30,5
2. Mechanischer Teil . . .	2 671 833	56	4 655 833	58
3. Elektrischer Teil	619 000	13	949 000	11,5
	4 753 833	100	8 068 533	100
Leistung kW$_{inst.}$	18 000		34 000	
RM/kW$_{inst.}$	263		237	

In Zahlentafel 2 wurden sämtliche Teilausbauten aufgeführt und hierfür die spezifischen Kosten für 1 kW errechnet, um daran zu zeigen, wie irreführend die errechneten Zahlen „RM/kW" sein können, wenn man sie ohne Erläuterung zum Vergleich mit anderen Werken heranzieht. Maßgebend für die Verschiedenheit der Zahlen ist

1. der Umstand, daß der erste Teilausbau eines Werkes stets teurer ist als der Endausbau, weil eine Reihe Einrichtungen im Erstausbau schon ganz oder zum größten Teil ausgeführt werden müssen, die später dann beim Vollausbau mitbenutzt werden;
2. daß bei den Ausbauten das Verhältnis der Maschinen- zur Kesselleistung wesentlich voneinander abweicht.

So gibt z. B. der Preis für 1 kW für den ersten Ausbau einen irreführenden besonders hohen Wert, weil der erste Ausbau schon den Platz und sämtliche Einrichtungen für die zweite Maschine mit enthält, so daß richtigerweise für Vergleichswerte überhaupt erst von dem Wert RM/kW des zweiten Ausbaues ausgegangen werden sollte. Bei diesem Wert von 280 RM/kW ist im vorliegenden Falle zu beachten, daß er deshalb höher ist als die Werte der nachfolgenden Ausbauten, weil sich hier der unter 1. genannte Umstand auswirkt, daß für die Erstausbauten schon eine Reihe von Einrichtungen aufgeführt wurden, die erst später beim Vollausbau mitbenutzt werden. Dazu muß noch weiter berücksichtigt werden, daß dieser Wert vielleicht insofern noch als etwas zu niedrig zu beurteilen ist, als die Dampfkesselanlage für die installierte Leistung (kW$_{inst.}$) etwas knapp bemessen ist. Diese Tatsache drückt sich in dem spezifischen Preis der Anlage nach vollendetem dritten Ausbau noch stärker aus. Kessel und Maschinen sind erst durch Hinzufügen des fünften Kessels beim Endausbau ausreichend gegeneinander abgestimmt, so daß sich nunmehr ein Preis/kW ergibt, der als angemessen und mit normalen Werken vergleichsfähig zu bezeichnen ist.

Weniger unsicher für Vergleichszwecke als die Kosten/kW$_{inst.}$ sind die in Prozenten der ganzen Bausumme errechneten anteiligen Kosten der einzelnen Bauteile. Sie sind mit in Zahlentafel 2 und 3 aufgenommen. Ein Vergleich der Prozentzahlen der einzelnen Werksteile mit anderen Werken würde zu weit führen, erfahrungsgemäß sind die hier errechneten Prozentsätze auch in Werken unterschiedlicher Größe und Ausstattung ziemlich konstant.

Die Kosten für 1 kW wurden in Zahlentafel 3 auch ohne Aufspannwerk bzw. Grundstück errechnet, weil auch diese Berechnungsart, meist leider ohne genaue Angaben des zugrunde liegenden Umfanges, üblich ist.

Wenn man auch den errechneten Kosten für 1 kW$_{inst.}$ nur einen bedingten Vergleichswert beimessen sollte, so lassen sie doch erkennen, daß man unter besonderen Umständen auch ein kleines Werk zu einem Preis bauen kann, der sonst nur bei großen Werken erwartet wird. Der Ver-

Zahlentafel 2.

	Ausbau I RM	%	II RM	%	III RM	%	Endausbau RM	%
1. Bauarbeiten einschl. Aufspannwerk usw.	1 607 550	39	1 763 150	35	2 749 450	36	2 820 450	33,5
2. Mechanischer Teil	1 976 233	47,5	2 671 833	53	4 149 833	54	4 655 833	55,5
3. Elektrischer Teil	567 000	13,5	619 000	12	749 000	10	949 000	11
1. Summe	4 150 783	100	5 053 983	100	7 648 283	100	8 425 283	100
2. Leistung kW$_{inst.}$	8000		18 000		34 000		34 000	
3. maximal verfügb. Dampfmenge/kW$_{inst.}$	10,5		4,67		4,23		6,0	
Dampfverbrauch b. ¾ Last	4,9		4,77		4,72		4,72	
RM/kW$_{inst.}$ rd.	520		280		225		250	

Digitized by Google

gleich des hier vorliegenden Werkes mit anderen Werken sollte allerdings nur für den vollen Endausbau vorgenommen werden, da erst bei diesem die Maschinen- und Kesselleistung richtig aufeinander abgestimmt sind. Es ist weiter zu beachten, daß die Maschinen und Kessel eine Verbesserung des $\cos\varphi$ von normal 0,8 nur höchstens bis 0,9 zulassen. Es sei noch darauf hingewiesen, daß die vorhandenen 2 Kühltürme nur den Betrieb von etwa 24 000 kW gestatten, daß also hier keine Reserve vorhanden ist, was auch dem üblichen Gebrauch entspricht. Würde man noch einen dritten Kühlturm aufstellen, so würden sich die Kosten für 1 kW im Endausbau auf rd. 255 RM einschl. Aufspannwerk belaufen. Schließlich ist zu beachten, daß die erhaltenen Kosten für 1 kW deshalb nicht ohne weiteres mit den heute entstehenden Kosten verglichen werden können, weil das Werk in der Hauptsache vor 4 Jahren erbaut wurde, wo namentlich die Baukosten noch niedriger lagen als später.

III. Flächen- und Raumzahlen.

Es ist von Interesse, das Werk hinsichtlich seines Platzbedarfes mit anderen Werken zu vergleichen. Dies soll geschehen für das Kesselhaus allein ohne Nebengebäude, ferner für das Maschinenhaus einschl. Speisewasserversorgung und ferner für beides zusammen. Für den Vergleich von Kesselhäusern wird als Bezugsmaß die dauernd maximal erzeugbare Dampfmenge genommen. Die verglichenen Werke sind Finkenheerd[1] und EW. Leipzig-Nord. Ebenso wie Plessa sind die beiden Werke Braunkohlenwerke. Finkenheerd hat 3 Kesselhäuser mit gegenüberstehenden Kesseln, Leipzig und Plessa sind einreihig gebaut. Bei Finkenheerd sowie bei Plessa sind die Kesselhäuser bzw. die Ausbauten auch einzeln berechnet, da die Kesselgrößen in demselben Werk verschieden sind und daher die Einzelberechnung eine gewisse Entwicklungslinie erkennen läßt.

Zahlentafel 4 zeigt, daß man sich im Laufe der Entwicklung dazu entschlossen hat, den Platz um die Kessel knapper zu bemessen. Auch haben die Zunahme der Kesselgröße und der spezifischen Kesselleistung verringernd auf den Platzbedarf je Tonne eingewirkt. Ein Vergleich der Kesselhausquerschnitte bei Finkenheerd (s. den angezogenen Aufsatz Warrelmann) und Plessa zeigt außerdem, daß Finkenheerd namentlich hinter den Kesseln weniger toten Raum aufweist als sonst üblich.

Bei dem Vergleich der Maschinenhäuser muß Leipzig als Heizkraftwerk ausscheiden. Die Werte sind auf die installierte Dauerhöchstleistung bezogen:

Zahlentafel 5.

Maschinenhäuser	Plessa	Finkenheerd[2]
Maschinenleistung	8 000 + 10 000 + 16 000 = 34 000	2 · 12 500 + 2 · 25 000 + 2 · 36 000 = 147 000
bei $\cos\varphi$ =	0,8	0,78
Maschinenhaus und Raum für Speisepumpen und Wasseraufbereitung m²	1 540	3 340
ebenso m²	28 900	65 000
m²/kW	0,0452	0,0227
m³/kW	0,85	0,44

[1] S. Warrelmann, Z. VDI Bd. 74, S. 709 (1930).

[2] Die sechste Maschine befindet sich im Bau. Die Maschinen arbeiten im Durchschnitt mit einem Leistungsfaktor von 0,9 ... 0,95, während die oben in kW angegebene Dauerhöchstleistung sich auf einen Leistungsfaktor von 0,78 bezieht.

Zuletzt zeigt Zahlentafel 6 die Zahlen für die Kesselhäuser und Maschinenhäuser einschl. der Räume für Speisepumpen und Aufbereitung, wieder bezogen auf das $kW_{inst.}$. Hier ist zur Beurteilung die Zahl der insgesamt erzeugbaren kg Dampf/$kW_{inst.}$ hinzugefügt.

Zahlentafel 6.

Kesselhaus und Maschinenhaus	Plessa	Finkenheerd
gesamte inst. Leistung normal, kW	34 000	149 000
max. verfügbarer Dampf kg/kW	6,0	9,7
durchschn. Dampfverbrauch bei günstigster Belastung	4,72	...[3]
m²/kW	0,095	0,072
m³/kW	2,09	1,63

Die Tafeln 4, 5 und 6 zeigen, daß die spezifischen Flächen- und Raumzahlen von Plessa zwar nicht ungünstig, aber höher sind als die der verglichenen Werte. Wenn Plessa trotzdem billig — bezogen auf 1 $kW_{inst.}$ — gebaut wurde, so wird einer der Gründe sein, daß die Dampfkessel zwar ausreichend für Maschinen mit gutem Dampfverbrauch, jedoch verglichen mit anderen Werken knapp bemessen wurden.

IV. Verbrauchszahlen.

Die Leistungsversuche an den drei Maschinen haben folgende Werte ergeben:

Zahlentafel 7.

Maschine	1/2 Last kg/kW	3/4 Last kg/kW	4/4 Last kg/kW	
Maschine I 8 000 kW	4,9	5,1	4,9	Die Zahlen
„ II 10 000 kW	5,1	4,7	4,7	gelten ohne
„ III 16 000 kW	5,1	4,8	4,65	Anzapfung

Zahlentafel 4.

Braunkohlen-Kesselhäuser	Plessa			Finkenheerd				Leipzig
	Ausbau		zusammen	Kesselhaus			zusammen	EW. Nord
	3 Kessel	2 Kessel		I	II	III		
Baujahr	1926	1929	—	1921 ... 23	1925 ... 27	1928 ... 30	—	1929
Kesselzahl	3	2	5	10	8	8	26	3
Heizfläche m²	700	1000		650	1200	1375		1000
max. Dauerdampfleistung ... t	84	120	204	250	440	665	1355	157
Kesselhausgrundfläche ... m²	935	770	1 705	2 270	2 400	2 750	7 420	1 018
Kesselhausinhalt ... m³	23 400	19 250	42 650	54 000	57 500	67 000	178 000	26 500
m²/t max.	11,0	6,4	8,4	9,05	5,43	4,13	5,5	6,45
m³/t max.	280	160	208	215	130	101	132	176

Ein vor kurzem von der Wärmestelle der Mitteldeutschen Dampfkessel-Überwachungsvereine angestellter Abnahmeversuch an dem 1000 m²-Kessel (Hanomag) hat folgende Ergebnisse gezeigt:

Versuchsdauer	426 min
unterer Heizwert der Braunkohle	1875 kcal
Wassergehalt der Braunkohle	59,62%
Asche	3,32%
Speisewassertemp., Eintritt Vorwärmer	105,5°
Speisewassertemp., Austritt Vorwärmer	192°
Dampftemperatur, Austritt Überhitzer	385°
Dampfdruck in der Trommel	22,8 at
Dampfdruck Überhitzer	21,4 at
Abgastemperatur hinter Luftvorwärmer	180°
Lufttemperatur vor Luftvorwärmer	20°
Lufttemperatur hinter Luftvorwärmer	164°
CO_2-Gehalt hinter dem Kessel	14,5%
Zug über Rost	7,4 mm
„ hinter Kessel	19 mm
„ hinter Ekonomiser	23,5 mm
„ hinter Luftvorwärmer	35 mm
Rückstände in der Versuchszeit	1448 kg
Wasser verdampft	389,5 t
Kohle verfeuert	168,745 t
Rostbelastung	445 kg/m²h
Heizflächenbelastung	54,9 kg/m²h
Dampflieferung	54,9 t/h
Wirkungsgrad	81,6%

[3] Diese Zahl ist dem Verfasser nicht bekannt, sie dürfte aber, da die Maschinen in den Jahren 1923 bis jetzt geliefert wurden, der entsprechenden Zahl von Plessa ungefähr gleich sein.

Digitized by Google

Wärmebilanz:

Wirkungsgrad	81,6%
Abgasverlust	12,8%
Verbrennliches in den Rückständen	1,2%
Abstrahlung, unverbrannte Gase u. Flugkoks (Restglied, geschätzt)	4,4%
	100,0%

Die früher gemessenen Ergebnisse an den 700 m²-Kesseln sind ähnlich den vorstehenden.

Die sich während der Kessel-Abnahmeversuche bietende Gelegenheit wurde zur Aufstellung einer Werksbilanz benutzt. Außer dem untersuchten Kessel IV war nur noch Kessel II (700 m²) unter Feuer. Es waren also lediglich die von Kessel II zusätzlich verbrauchte Kohlenmenge zu bestimmen und die Werksleistung festzustellen. Betrieben wurde Maschine II mit konstanter Leistung von etwa 11 900 kW. Die abgegebenen kWh wurden an den Zählern für Freileitung I, II und Brikettfabrik abgelesen. Ferner wurde die Generatorleistung bestimmt, so daß aus dem Unterschied zwischen Erzeugung und Abgabe der Eigenbedarf des Werkes einschließlich Transformatorenverlusten und nach Abzug dieser Verluste auch der Eigenbedarf als solcher errechnet werden konnte.

Es ergab sich folgendes Bild:

Versuchsdauer $9^{02} \ldots 16^{08}$ =	7,1 h
Gesamterzeugung	84 500 kWh
abgegeben auf Freileitung I	39 500 kWh
„ „ Freileitung II	40 000 kWh
„ „ Brikettfabrik	1 073 kWh
insgesamt abgegeben	80 573 kWh
Eigenbedarf plus Transformatorverlust 84 500 — 80 573 = 3927 kWh	= 535 kW
Transformatorverlust etwa 1% der Transf.-Leistung 795 kWh	= 112 kW
Eigenbedarf 3132 kWh	= 441 kW
Eigenbedarf in % der Erzeugung	3,71%
Kohlenverbrauch an Kessel IV (1000 m²)	168 745 kg
„ „ „ II (700 m²)	32 380 kg
gesamter Kohlenverbrauch	201 125 kg
Kohlenverbrauch auf 1 erzeugte kWh	2,38 kg/kWh
„ auf 1 abgegebene kWh	2,5 kg/kWh
Daraus folgt bei d. gemessenen Heizwert d. Kohle v.	1875 kcal/kg:
Wärmeverbrauch auf 1 erzeugte kWh	4465 kcal/kWh
„ auf 1 abgegebene kWh	4690 kcal/kWh
thermischer Wirkungsgrad des ganzen Werkes, bezogen auf die nutzbar abgegebene Leistung	18,3%

Diese Werksbilanz stellt einen Werksversuch mit konstanter Last dar. Die im Monats- oder Jahresmittel sich ergebenden Verbrauchswerte liegen naturgemäß je nach der Benutzungsdauer und dem Verlauf der Belastung höher.

Zur Frage der Mindestleistung der Meßwandler.

Von Prof. Dr.-Ing. **Georg Keinath**, Berlin.

Übersicht. Es wird vorgeschlagen, im Interesse der Steigerung der thermischen und dynamischen Festigkeit der Stromwandler in besonderen Fällen mit der Mindestleistung von 15 VA auf 5 VA zu gehen bei gleichzeitiger Verminderung der Sekundärstromstärke von 5 A auf 1 A. Dadurch wird es dort, wo sehr hohe Kurzschlußströme auftreten können, möglich, von den absolut kurzschlußfesten Stabwandlern noch mehr Gebrauch zu machen als bisher. Ein ähnlicher Vorschlag wird für Spannungswandler gemacht.

Bei der Beschaffung von Meßwandlern spielen die drei Faktoren Genauigkeit, Preis und Betriebsicherheit eine ausschlaggebende Rolle. Im allgemeinen wird Erhöhung der Genauigkeit und der Betriebsicherheit höheren Preis bedingen, es ist aber auch möglich, ohne Preiserhöhung die Sicherheit zu erhöhen, wenn insbesondere bei Stromwandlern die Leistung im Sekundärkreis nicht höher verlangt wird, als unbedingt notwendig ist.

Die Kurzschlußströme in sehr vielen elektrischen Anlagen haben mit der Erweiterung der Netze und der Vergrößerung der Generatorleistungen Werte erreicht, wie man sie früher kaum für möglich gehalten hätte. Die Forderungen des Verbandes Deutscher Elektrotechniker bezüglich der Kurzschlußfestigkeit der Stromwandler, die im Maximum den 150fachen Stoßstrom einsetzen, sind in vielen Fällen schon längst überholt, es werden Meßwandler für 500fachen, sogar 2000 ... 10 000fachen Stoßstrom verlangt. Für solche extremen Forderungen können bei kleinen Nennstromstärken unterhalb 100 A, um die es sich meist handelt, keine hohen Anforderungen mehr an Genauigkeit und Leistung gestellt werden. Wohl aber ist es möglich, bei Kurzschlußstromstärken im Betrage vom 200- bis zum 1000fachen des Nennstromes die Sicherheit ohne erhebliche Verteuerung des Wandlers dadurch zu erhöhen, daß man die Leistung bei der vorgeschriebenen Genauigkeitsgrenze beschränkt.

Gegenwärtig schreibt die PTR vor, daß die Mindestleistung eines als beglaubigungsfähig erkannten Stromwandlers 15 VA sein muß, daß bei beliebiger Austauschbarkeit von Zähler und Wandler nur für je 7,5 VA ein Zähler angeschlossen sein und der Zuleitungswiderstand höchstens 0,15 Ω betragen darf (entsprechend etwa 25 m Leitung von 6 mm²) und daß die sekundäre Stromstärke 5 A betragen muß. Das erfordert in sehr vielen Fällen Wickelwandler. Würde man mit der Leistung von 15 VA auf 5 VA zurückgehen, so kann man bei jedem Wickelwandler den primären Leiterquerschnitt auf annähernd den doppelten Betrag bringen und damit dem Wandler die doppelte thermische Sicherheit und auch die doppelte dynamische Sicherheit geben. In anderen Ländern, vor allem in England, hat man das längst erkannt und auch deswegen als Mindestleistung der Stromwandler 5 VA, in den V. S. Amerika sogar 2,5 VA zugelassen. Man kommt dann an vielen Stellen noch mit Stabwandlern aus, die an Sicherheit das höchst Erreichbare bieten. Man verwendet dort sogar vielfach „kompensierte" Stabwandler, d. h. solche, bei denen der Fehler für eine genau festgelegte Bürde durch allerlei Kunstgriffe auf ein Minimum gebracht wurde. Der Eigenverbrauch einer Zählerspule ist in der Größenordnung von 1 VA; geht man nun außerdem noch mit der Sekundärstromstärke auf 1 A zurück, so kann man die Windungsabgleichung bei niedriger Amperewindungszahl genauer machen[1]. Es darf ferner, wenn man den Verbrauch in der Leitung gleichfalls auf 1 VA festlegt, der Widerstand der Leitungen zwischen Wandler und Instrument 1 Ω betragen, bei 6 mm² Querschnitt 2 · 150 m einfacher Länge entsprechend. Es bleiben dann immer noch 3 VA für den Anschluß eines Strommessers übrig.

Gegenwärtig liegen die Dinge so, daß die gesetzlichen Bestimmungen einer solchen betriebsicheren Lösung entgegenstehen. Man kann sagen, daß alle Stromwandler die doppelte thermische und dynamische Sicherheit haben könnten, wenn die Leistung von 15 VA auf 5 VA beschränkt würde. Sind die Anforderungen bezüglich der Sicherheit normal (etwa 100facher Kurzschlußstrom), so könnte man bei nur 5 VA in der „E"-Klasse kleinere Modelle als bisher verwenden und dadurch bei kleineren Hochspannungsanschlüssen die jetzt immerhin beträchtlichen Kosten der Meßwandler merklich senken.

Bei den Spannungswandlern hängt die verlangte Sekundärleistung nicht direkt mit der Betriebssicherheit zusammen, wohl aber mit dem Preis. Bei Spannungen von 15 kV und darüber wird schon infolge der durch die Spannung bedingten Abmessungen die Leistung in der Klasse E 30 VA betragen, wobei bei beliebiger Austauschbarkeit von Zähler und Wandler nur für je 10 VA ein Zähler angeschlossen werden darf und der Zuleitungswiderstand auf maximal 0,3 Ω festgelegt ist. Bei kleineren Spannungen wäre es aber auch wünschenswert, wenn man für Spannungswandler, die nicht weiter belastet sind, sich mit 10 VA in der E-Klasse begnügen würde.

Ein weiteres Bedürfnis nach Spannungswandlern sehr kleiner Leistung liegt vor bei Meßeinrichtungen für Höchstspannungsanlagen, wo die normalen Spannungs-

[1] Hat z. B. der Wandler nur 600 AW., so würde bei 5 A Sekundärstrom jede Windung 1/120 = 0,83 % ausmachen, die im günstigsten Falle halbiert werden können, so daß wir allein 0,4 % Abgleichungsfehler erhalten müssen bei ± 0,5 % gesamter Fehlertoleranz zwischen Kurzschluß und Nennleistung. Mit nur 200 AW. entsprechend ± 1,2 % Windungsfehler ist für 5 A Sekundärstrom die Abgleichung nur mit Teilwindungen möglich.

Digitized by Google

wandler sehr teuer sind. Hier bietet sich die Möglichkeit, an Stelle großer Wandler Drosseln, Widerstände oder Konstruktionen zu verwenden, bei denen immer die verfügbare Leistung wesentlich geringer ist als bei normalen Spannungswandlern. Für diese Zwecke insbesondere wäre eine Verminderung der notwendigen Sekundärleistung auf 10 VA im Interesse der Verbilligung solcher Höchstspannungs-Zähleinrichtungen absolut wünschenswert.

Von seiten der Elektrizitätswerke werden oft gerade für Höchstspannungsanlagen außerordentlich hohe Leistungen verlangt, z. B. 200 ... 600 VA in der Klasse E. Der Grund ist meistens der, daß die Spannungspfade der angeschlossenen Selektivschutzrelais sehr hohe Leistungsaufnahme haben, 50 ... 100 VA je Relais. In der weitaus größten Zahl der Fälle ist aber die Schaltung so getroffen, daß (allein schon mit Rücksicht auf die Erwärmung) die Spannungspulen der Relais erst bei Eintritt einer Störung durch Überstrom oder Erdschluß an die Meßwandler gelegt werden, nach Ablauf der Störung wieder abgeschaltet werden. Für diese wenigen Sekunden kann aber der Meßfehler die Grenzen der Klasse E weit überschreiten, ohne daß die Relais oder die Zähleinrichtungen irgendwie gestört würden. Legt man dafür die 1,5 %-Grenze der Klasse F fest, so kommt man mit ⅓ der E-Leistung aus, mit der 3 %-Grenze kommt man auf 1/6 der ursprünglichen Werte, weil bei allen diesen Meßeinrichtungen der Fehler proportional mit der Sekundärbelastung zunimmt.

Bei der Tagung der Internationalen Elektrotechnischen Kommission in Stockholm[2] im Juli d. J. wurde diesen Forderungen auf eine Verminderung der geforderten Sekundärleistung von Präzisionswandlern dadurch Rechnung getragen, daß für Stromwandler die Mindestleistung auf 5 VA, für Spannungsmeßeinrichtungen auf 10 VA festgelegt wurde. Es wäre zu wünschen, daß, wie in den V. S. Amerika und in England, auch in Deutschland allgemein die einschlägigen Bestimmungen in dem Sinne geändert würden, daß für Stromwandler die Mindestleistung 5 VA sein kann, sofern gleichzeitig der Sekundärstrom 1 A beträgt, für Spannungsmeßeinrichtungen 10 VA.

Es sei an dieser Stelle noch darauf hingewiesen, daß man an solchen Stellen, wo nur anzeigende Instrumente oder empfindliche Überstromrelais verwendet werden, mit der Nennleistung der Wandler noch viel weiter herabgehen kann und auch herabgeht, um weitgehend Stabwandler verwenden zu können. Es gibt heute schon Überstromrelais mit 10 VA Schaltleistung und nur 0,1 VA Eigenverbrauch. Meßinstrumente schließt man vorteilhaft über chemische oder mechanische Gleichrichter an, so daß sie gleichfalls nur 0,1 VA beanspruchen. Auf diese Weise, zusammen mit der Verwendung von hochwertigen Nickeleisenkernen[3], kann man mit den Stabwandlern auf 50, sogar 30 A Nennstrom herabgehen und bei höchstens 1 VA Sekundärleistung doch noch eine Meßgenauigkeit von 1 ... 3 % erreichen, die ja für solche Zwecke vollkommen genügt. Allerdings muß man in solchen Fällen mit dem Sekundärstrom noch unter 1 A gehen, um nicht wieder auf die gleichen Schwierigkeiten der Abgleichung zu kommen wie bei 5 A und 5 VA Sekundärleistung.

[2] ETZ 1930, S. 1349, 1381, 1413, 1418.

[3] J. G. Wellings u. C. G. Mayo, J. Inst. El. Engs. London Bd. 68, S. 704 (1930).

Stromverdrängung in Statorwicklungen als Wirkung des Stirnstreufeldes.

(2. Bericht.)

Von Dr. **Robert Pohl**, Berlin.

Übersicht. Im Anschluß an eine frühere Veröffentlichung, werden die Ergebnisse von Streufelduntersuchungen mitgeteilt, die an einem 12 500 kVA-Turbogenerator mit Zweischicht-Stabwicklung ohne Schirmringe unter verschiedenen Belastungsverhältnissen durchgeführt wurden. Das Stabendquerfeld über dem unmagnetischen Teil der Bandage fällt für den Bohrungstab bedeutend stärker aus als für den Rückenstab und erzeugt in ihm erhebliche Zusatzverluste, wenn es nicht durch Einbeziehung der Stabenden in das Verschränkungsystem des Stabes kompensiert wird. Es wird kurz dargelegt, wie diese Einbeziehung zu erfolgen hat.

In einer früheren Veröffentlichung[1] wurden Streufelduntersuchungen an einem 40 000 kVA-Turbogenerator mitgeteilt, welche aber noch keine Klarheit über das Verhalten des Stirnstreufeldes bei gleichzeitigem Vorhandensein von Feld- und Stromstärke im Stator erbrachten, weil die Untersuchung nur im Kurzschluß durchgeführt werden konnte. Ferner waren die Einflüsse des Induktorstreufeldes noch unaufgeklärt und es blieb festzustellen, inwieweit die bei einer Maschine mit Schirmringen gefundenen Meßergebnisse und die daraufhin entwickelte Berechnungsweise der Stabverschränkung zur Berücksichtigung des Stabendquerfeldes auch bei Maschinen ohne Schirmringe richtig bleiben. Daher wurden die nachfolgend beschriebenen weiteren Untersuchungen an einem Turbogenerator ohne Schirmringe für eine Leistung von 12 500 kVA bei 3000 U/min durchgeführt. Er besitzt zu ¾ unmagnetische Induktorbandagen, während der früher untersuchte 40 000 kVA-Generator mit nur zu ¼ unmagnetischen Bandagen ausgeführt war. Im übrigen sind beide Maschinen aber, was die Ausbildung der Statorwicklung anlangt (verschachtelte Zweistabwicklung mit Evolventenbügeln), einander ähnlich. Nach Anbringung von Prüfspulen der bereits beschriebenen Art in drei Ebenen *a*, *b*, *c* (Abb. 1), wurden Messungen der Feldstärke sowohl in radialer als auch in tangentialer Richtung durchgeführt, wobei wiederum neben den oszillographischen Aufnahmen zur Kontrolle ein Millivoltmeter mit Gleichrichterplatten zur Messung der in den Prüfspulen induzierten Spannung verwendet wurde. Die Untersuchung erfolgte 1. bei Leerlauf, 2. bei Kurzschluß, 3. bei gleicher Stromstärke im Stator und normaler Spannung für $\cos\varphi = 0$.

Das Stabendquerfeld bei Leerlauf.

Zunächst soll das Tangentialfeld, worauf es vor allen Dingen ankam, behandelt werden. Den Einfluß des Induktorstreufeldes bei Leerlauf zeigen die Oszillogramme Abb. 2. Ihre quantitative Auswertung erfolgte durch Eintragung der Grundwelle und Bestimmung ihres Effektivwertes. Die Messung mittels Gleichrichters, die grundsätzlich ein Maß des Mittelwertes statt des Effektivwertes liefert, zeigte wieder eine einigermaßen befriedigende Übereinstimmung. Der Verlauf des Stabendquerfeldes für die Ebenen *a*, *b* und *c* als Funktion der Stabhöhe ist

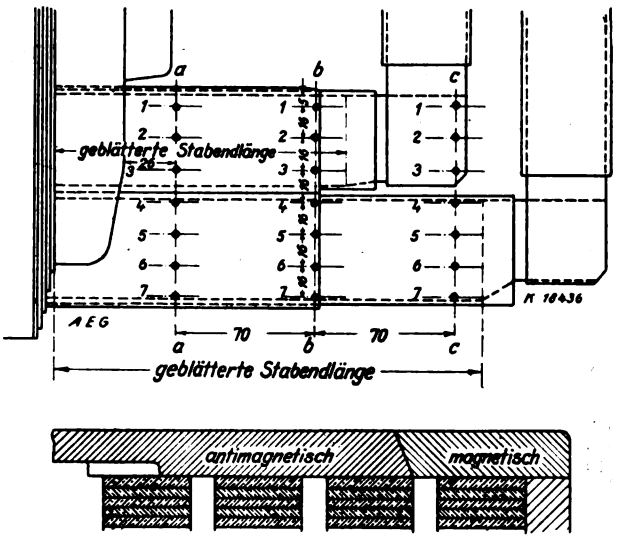


Abb. 1. Anordnung der Prüfspulen.

aus dem Kurvenblatt Abb. 3 zu ersehen. Es ist interessant, zu erkennen, daß das Stabendquerfeld schon bei Leerlauf einen besonders in der Ebene *a* nach dem Induktor zu stark ansteigenden Verlauf besitzt. Die maximale Querinduktion für den inneren Rand der Wicklung betrug in der Ebene *a* bei einer Erregerstromstärke von 198 A rd. 100 Gauß. Zu beachten ist, daß das vorwiegend in Luft verlaufende Stirnstreufeld des Induktors der Induktorstromstärke angenähert proportional sein muß. Bei belastetem Stator, also erhöhter Erregung, wird es demnach

[1] ETZ 1930, S. 1195.

Digitized by Google

entsprechend stärker ausfallen. Was die Kurvenform der Oszillogramme anlangt, so tritt in diesen eine fünfte Harmonische am ausgesprochensten in die Erscheinung.

In den Ebenen *b* und *c* ist das Querfeld bei Leerlauf erheblich kleiner. Für die Ebene *b* ist der Höchstwert auf etwa 40 %, in der Ebene *c* auf etwa 10 % des für die Ebene *a* ermittelten Betrages gesunken. Abb. 4 zeigt den axialen Abfall des Höchstwertes. In diesem Zusammenhange sei auf die in der gleichen Abbildung angegebene Unterteilung der Induktorbandagen in einen magnetischen und einen unmagnetischen Teil hingewiesen.

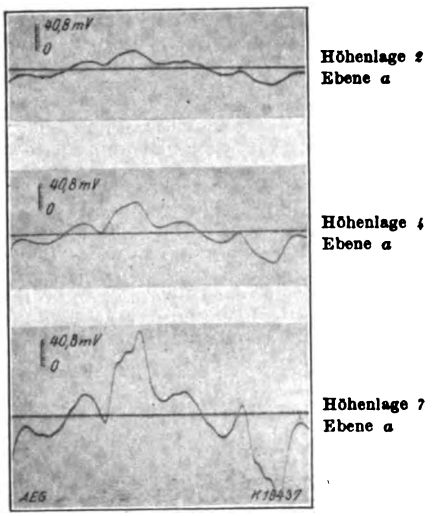


Abb. 2. Querfeldspannung bei Leerlauf.

Das schon bei Leerlauf bestehende, vom Induktor herrührende Stabendquerfeld erzeugt in den Stäben Zusatzströme, deren Verluste als Teil der bei Leerlauf festgestellten Eisenverluste erscheinen. Berechnet man aber diese Verluste für das bei normaler Spannung herrschende Feld unter sinngemäßer Anwendung der früher[2] entwickelten Berechnungsweise, so ergibt sich ein Verlust von nur rd. 45 W, der dem Eisenverlust gegenüber zu vernachlässigen ist.

Das Stabendquerfeld bei Kurzschluß und $\cos\varphi = 0$.

Die Meßergebnisse für die beiden Betriebsarten Kurzschluß und $\cos\varphi = 0$ sind durch die Abb. 5, 6 und 7 dargestellt, u. zw. stellt Abb. 5 die Ebene *a*, Abb. 6 die Ebene *b*, Abb. 7 die Ebene *c* dar. Um einen stetigen Verlauf der Kurve zu bekommen, sind die Höhenlagen durch Ausschaltung des Raumes zwischen dem Kupfer des Bohrungs- und Rückenstabes zusammengeschoben. Bei $\cos\varphi = 0$ betrug

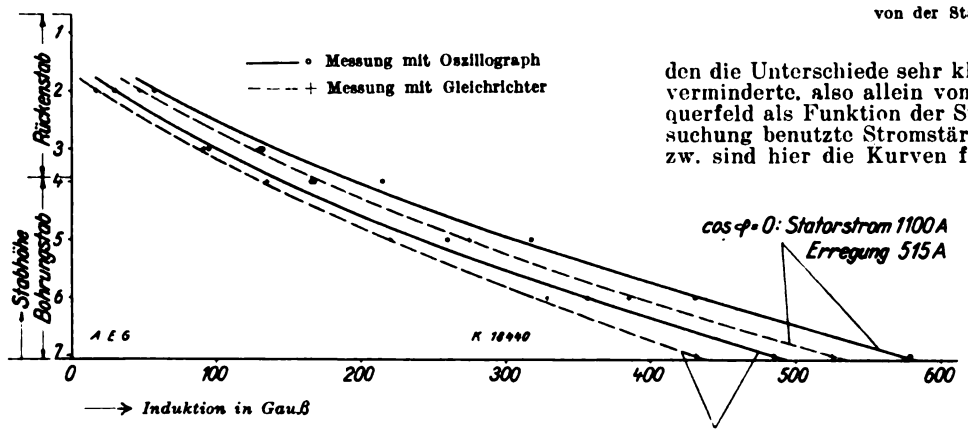


Abb. 5. Totale Stabend-Querinduktion in Abhängigkeit von der Stabhöhe für die Ebene *a*.

die Erregerstromstärke 515, bei Kurzschluß 264 A. Die Messungen mit Oszillograph bzw. mit Gleichrichter sind durch ausgezogene bzw. gestrichelte Kurven dargestellt; die letzteren liegen in beiden Fällen niedriger. Man erkennt, daß das totale Stabendquerfeld für $\cos\varphi = 0$ nicht unerheblich stärker ausfällt als für Kurzschluß. Die Ursache ist die Überlagerung des Induktorfeldes. Subtrahiert man nämlich von beiden jetzt gemessenen Kurven das der Stromstärke proportional vergrößerte Induktorfeld, so wer-

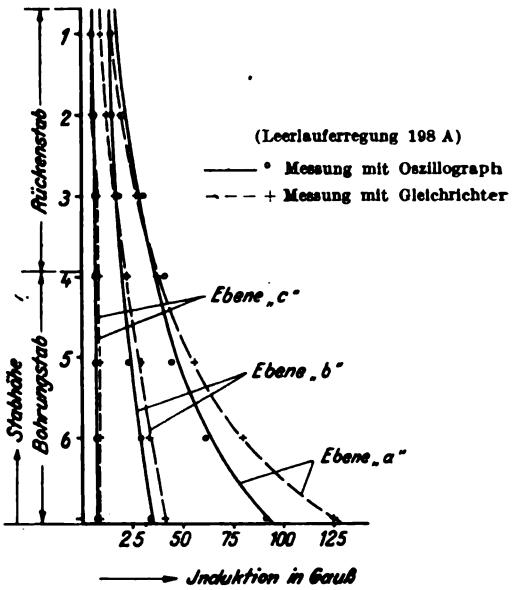


Abb. 3. Stabend-Querinduktion bei Leerlauf in Abhängigkeit von der Stabhöhe.

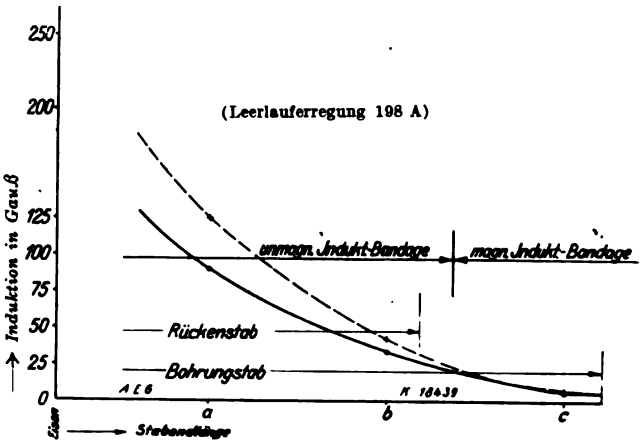


Abb. 4. Höchstwert der Stabend-Querinduktion bei Leerlauf in Abhängigkeit von der Stabendlänge.

den die Unterschiede sehr klein. Das um das Induktorfeld verminderte, also allein vom Stator herrührende Stabendquerfeld als Funktion der Stabhöhe für die bei der Untersuchung benutzte Stromstärke von 1100 A zeigt Abb. 8, u. zw. sind hier die Kurven für die Ebenen *a*, *b* und *c* auf einem Blatt zusammengestellt. Bei der Trennung der Induktorkomponente von der Statorkomponente ist die Richtung beider berücksichtigt. Befindet man sich in der Nähe des Induktors, so haben beide Felder die gleiche Richtung, abgesehen von einer gewissen Phasendifferenz, die für manche Belastungsverhältnisse vorliegen kann, bei $\cos\varphi = 0$ und bei Kurzschluß aber zu vernachlässigen ist. Bewegt man sich radial nach außen und kommt man dabei über das Wirbelzentrum des vom Stator allein erzeugten Feldes hinaus, so hat sich jetzt das letztere in seiner Richtung umgekehrt, das Induktorstreufeld aber ist lediglich schwächer geworden, ohne seine Richtung geändert zu haben. Hier muß also, wenn vorher eine Subtraktion stattfand, jetzt

[2] ETZ 1930, S. 1199.

Digitized by Google

eine Addition des Induktorstreufeldes zum gemessenen gesamten Streufeld vorgenommen werden, um die Statorkomponente allein zu erhalten. Das Induktorfeld verschiebt somit, wie ohne weiteres zu erkennen ist, das Wirbelzentrum des resultierenden Tangentialfeldes nach außen hin.

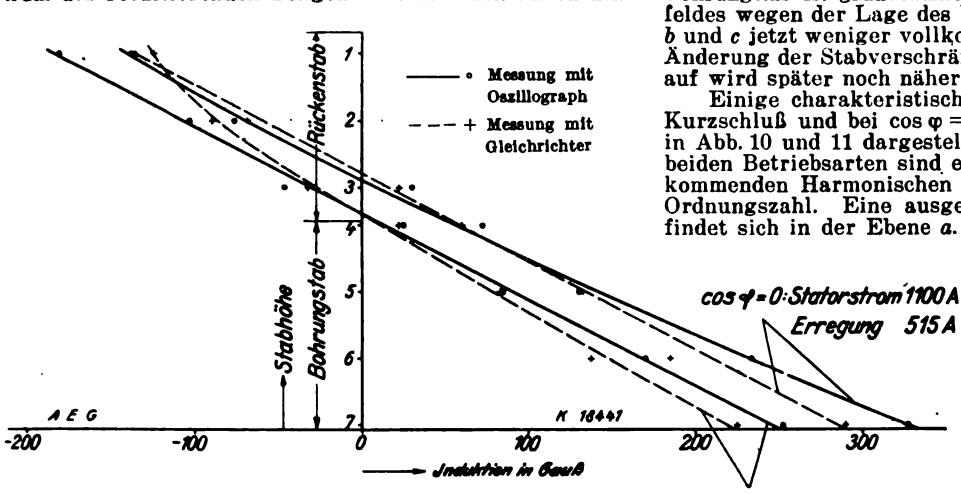


Abb. 6. Gesamte Stabend-Querinduktion in Abhängigkeit von der Stabhöhe für die Ebene *b*.

Um einen unmittelbaren Vergleich des Verlaufs der Feldstärke über die Stabhöhe hin für die vorliegende Maschine ohne Schirmringe mit der früher untersuchten mit Schirmringen zu erhalten, sind, da für die letztere nur Aufnahmen bei Kurzschluß vorlagen, in der Abb. 9 die entsprechenden in beiden Fällen für Kurzschluß gültigen Kurven zusammengestellt, u. zw. für alle drei Ebenen *a*, *b* und *c*. In der für die Gesamtwirkung weitaus wichtigsten Ebene *a* liegt auch jetzt das Wirbelzentrum, ähnlich wie bei der ersten Untersuchung festgestellt, stark nach außen hin verschoben, so daß der Bohrungstab einem bedeutend stärkeren Querfelde ausgesetzt ist als der Rückenstab. Die Absolutwerte der Induktion liegen noch etwas höher als vorher. Entfernt man sich aber von der Stirnwand durch Übergang von Ebene *a* auf Ebene *b*, so verändert sich das Bild. Jetzt liegt bei der Maschine ohne Schirmringe das Wirbelzentrum nur wenig über der Mitte der gesamten Kupferhöhe (vgl. Abb. 6). Betrachtet man die Ausführung der Induktorbandage, so erkennt man, daß hier der magnetische Teil derselben bereits wirksam wird. Es ist wahrscheinlich, daß bei vollständig unmagnetischer Ausführung der Bandage auch für die Ebene *b* eine erheblich stärkere Verschiebung des Wirbelzentrums nach außen eintreten würde. Noch ausgeprägter zeigt sich der Unterschied der beiden Maschinen in der Ebene *c* (s. Abb. 7). Hier ist bei der 12 500 kVA-Maschine die Achse des Rückenstabes schon rechtwinklig abgebogen und das Wirbelzentrum ist nunmehr angenähert in die Mitte des Bohrungstabes gerückt, wobei zu beachten ist,

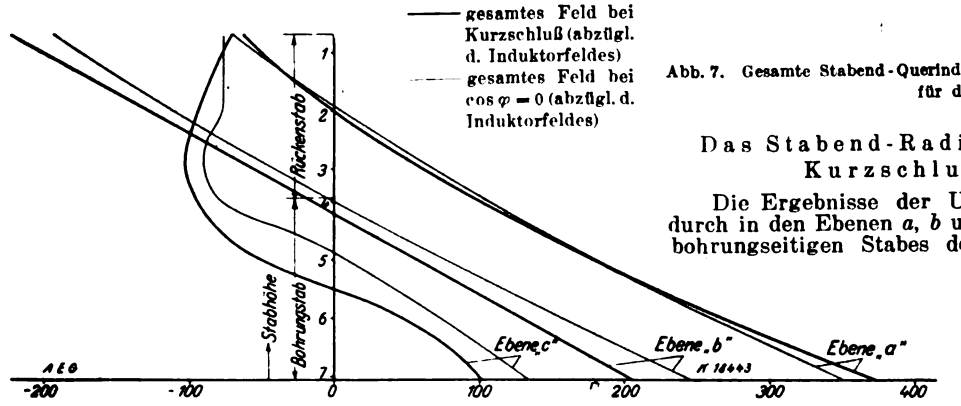
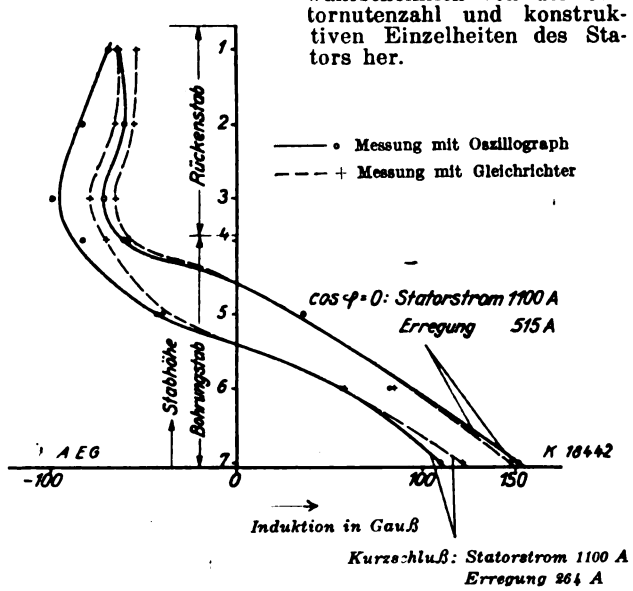


Abb. 8. Vom Stator erzeugte Stabend-Querinduktion in Abhängigkeit von der Stabhöhe für 1100 A Statorstrom.

daß diese Ebene mitten über dem magnetischen Teil der Bandage liegt. Diese Feststellungen sind für die Auslegung der Stabverschränkung zur Kompensierung des Stabendquerfeldes von Wichtigkeit.

Wenn diese Kompensierung sich schon im Falle des früher untersuchten Generators nur für den Bohrungstab, nicht für den Rückenstab durchführen ließ, so ist dies auch bei der vorliegenden Maschine der Fall. Aber auch für den Bohrungstab ist grundsätzlich der Einfluß des Stabendquerfeldes wegen der Lage des Wirbelzentrums in den Ebenen *b* und *c* jetzt weniger vollkommen durch eine entsprechende Änderung der Stabverschränkung zu kompensieren. Hierauf wird später noch näher eingegangen werden.

Einige charakteristische Oszillogramme, welche bei Kurzschluß und bei cos φ = 0 aufgenommen wurden, sind in Abb. 10 und 11 dargestellt. Die Kurvenformen für die beiden Betriebsarten sind einander sehr ähnlich. Die vorkommenden Harmonischen sind vorwiegend solche hoher Ordnungszahl. Eine ausgesprochene dritte Harmonische findet sich in der Ebene *a*. Die bei den Leerlauf-Oszillogrammen sofort ins Auge fallende fünfte Harmonische tritt hier nur schwach in die Erscheinung, was auf den geringen Anteil des Induktorfeldes am Gesamtfelde zurückzuführen ist. Dieser ist bei cos φ = 0 größer als bei Kurzschluß, daher erscheint die fünfte Harmonische hier auch stärker ausgeprägt. Ein Vergleich der Oszillogramme bezüglich der hohen Harmonischen ist nicht von besonderem Interesse und schon deswegen unangebracht, weil mit Oszillographenschleifen verschiedener Eigenfrequenz und Empfindlichkeit gearbeitet wurde. Da diese hohen Harmonischen im Leerlauffelde nicht in die Erscheinung treten, rühren sie wahrscheinlich von der Statornutenzahl und konstruktiven Einzelheiten des Stators her.



Kurzschluß: Statorstrom 1100 A Erregung 264 A

Abb. 7. Gesamte Stabend-Querinduktion in Abhängigkeit von der Stabhöhe für die Ebene *c*.

Das Stabend-Radialfeld bei Leerlauf, Kurzschluß und cos φ = 0.

Die Ergebnisse der Untersuchung des Radialfeldes durch in den Ebenen *a*, *b* und *c* auf der Schmalseite des bohrungseitigen Stabes dem Induktor gegenüber angebrachte Spulen sind aus Abb. 12 zu ersehen. Für Leerlauf findet sich der in Ebene *a* gemessene Höchstwert der Radialinduktion zu 570 Gauß. Da, wie die Abbildung zeigt, das Statoreisen noch um ein beträchtliches von der Ebene *a* entfernt ist, so ist ein weiteres erhebliches Ansteigen des Radialfeldes bei Annäherung an das Eisen anzunehmen. Für die Ebene *b* ist die Induktion schon außerordentlich klein, da hier die Anzahl der das Feld erzeugenden Induktorspulen bereits auf zwei oder sogar eine gesunken ist. Für die Ebene *c* dürfte die gemessene geringe Induk-

Digitized by Google

tion in entgegengesetzter Richtung aufzutragen sein, weil hier das Streufeld wahrscheinlich in das Ende der magnetischen Bandage und den magnetischen Ventilator hinein umkehrt. Bei Belastung ist für die Beurteilung der Richtung des Radialfeldes zu beachten, daß die AW. des Stators denen des Induktors entgegengerichtet sind — von einer etwaigen Phasenverschiebung bei gewissen Belastungsarten abgesehen — während die Tangentialfelder sich, wie beschrieben, addieren. Bei Kurzschluß und 264 A Induktorstrom ist der gemessene Wert von 160 Gauß in der Ebene *a* von entgegengesetzter Richtung wie bei Leerlauf, weil infolge des Fortfalls der innersten Induktorspule hier der entgegengerichtete Einfluß der Stator-AW. überwiegt. Beim Übergang auf die Ebenen *b* und *c* wird dieses Überwiegen wegen der fortschreitenden Abnahme der Induktor-AW noch stärker, so daß sich jetzt Induktionen bis zu 770 Gauß in der entgegengesetzten Richtung ergeben. Würde man die Kurve nach dem Induktoreisen zu fortsetzen, so würde man wiederum den Nullpunkt überschreiten, weil die gesamten Induktor-AW. die Stator-AW. überwiegen. Ähnlich liegen die Verhältnisse für $\cos\varphi = 0$, nur ist hier der Einfluß des Induktors wegen des beträchtlich höheren Erregerstromes stärker ausgeprägt. Daher durchschneidet die Kurve des Radialfeldes die Nullinie zwischen den Ebenen *a* und *b*. Da jeweils nur drei Meßpunkte vorlagen, sind diese nicht durch eine Kurve, sondern geradlinig miteinander verbunden worden.

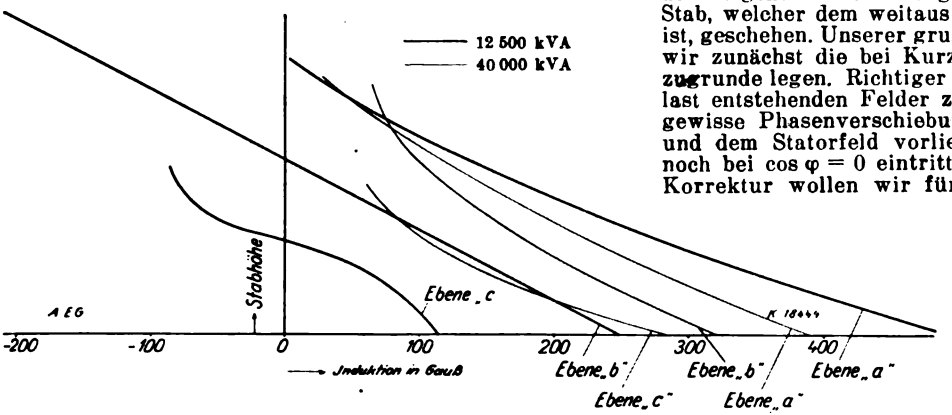


Abb. 9. Vergleich der gesamten Stabend-Querinduktion bei Kurzschluß für die Generatoren von 40 000 kVA (mit Schirmringen) und 12 500 kVA (ohne Schirmringe).

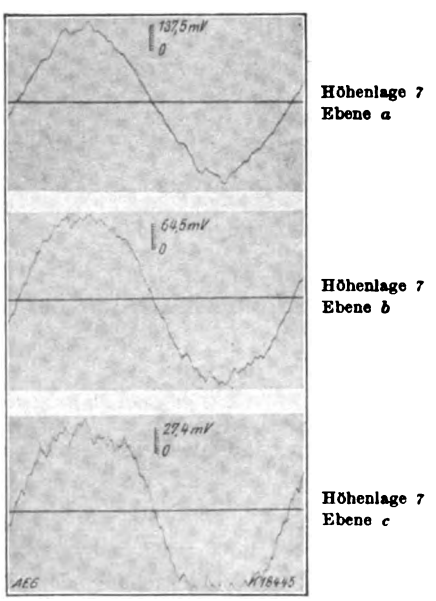


Abb. 10. Querfeldspannung bei Kurzschluß.

Einige Oszillogramme, welche bei Leerlauf, Kurzschluß und $\cos\varphi = 0$ aufgenommen wurden, zeigt Abb. 13.

Berücksichtigung des Stabendquerfeldes bei der Verschränkung.

Will man das gemessene Stabendquerfeld durch Einbeziehung der Enden in das Verschränkungssystem des Gesamtstabes möglichst kompensieren, so kann dies auf Grund der folgenden Gedankengänge für den bohrungseitigen Stab, welcher dem weitaus stärksten Querfelde ausgesetzt ist, geschehen. Unserer grundsätzlichen Überlegung wollen wir zunächst die bei Kurzschluß gemessenen Querfelder zugrunde legen. Richtiger wäre es natürlich, die bei Nennlast entstehenden Felder zu benutzen, zumal hierbei eine gewisse Phasenverschiebung zwischen dem Induktorfeld und dem Statorfeld vorliegt, die weder bei Kurzschluß noch bei $\cos\varphi = 0$ eintritt. Von der hierdurch bedingten Korrektur wollen wir für unsere Betrachtung absehen. In der Ebene *a* ist der Verlauf des Querfeldes über die Stabhöhe hin in Abb. 14 links dargestellt. Die von diesem in den einzelnen Teilleitern erzeugten elektromotorischen Kräfte sind rechtseitig in der ausgezogenen Kurve der gleichen Abbildung angegeben. Die Verschränkung des in der Nut liegenden Stabteiles erfolgt bekanntlich auf Grund einer der Wahrheit sehr nahe kommenden Annahme bezüglich des Anstieges des Feldes, wonach das letztere geradlinig von außen nach innen anwächst und die von diesem Querfelde erzeugten elektromotorischen Kräfte demgemäß einen parabolischen Verlauf haben. Um die

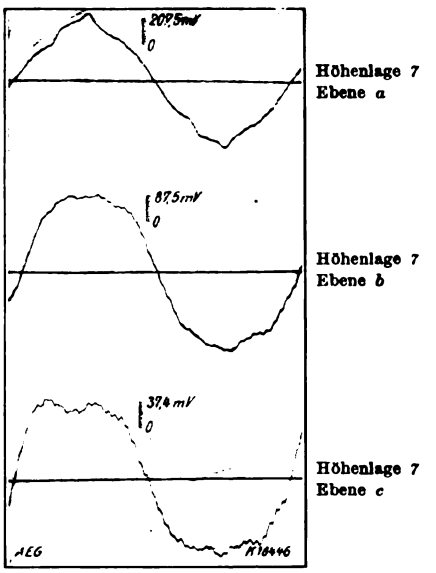


Abb. 11. Querfeldspannung bei $\cos\varphi = 0$.

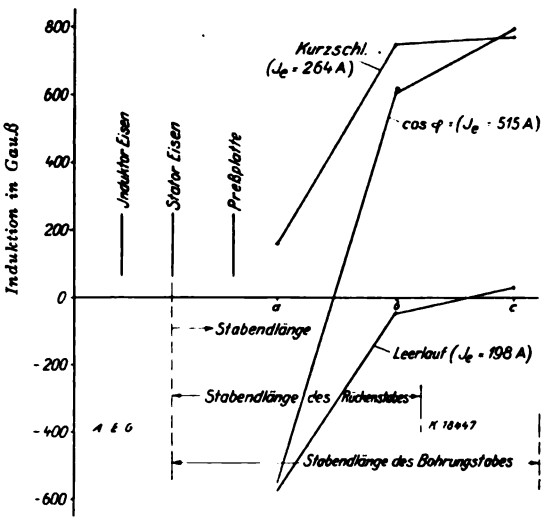


Abb. 12. Radialinduktion.

Digitized by Google

Stabenden in dieses Verschränkungssystem soweit wie möglich einzubeziehen, muß man demzufolge den wirklichen Verlauf des Querfeldes und der entsprechenden elektromotorischen Kräfte gemäß den ausgezogenen Kurven der Abb. 14 durch eine sich ihnen möglichst anschmiegende Gerade bzw. Parabel ersetzen, wie sie in der Abbildung gestrichelt eingezeichnet sind. Die Kompensation des Querfeldes bleibt dann insofern unvollkommen, als die wirklichen elektromotorischen Kräfte von der eingezeichneten Parabel abweichen. Man sieht, daß trotz der erheblichen Krümmung der Feldkurve die Abweichung der Ersatzparabel von der wirklichen EMK-Kurve für den bohrungseitigen Stab nur eine mäßige ist. In der gleichen Weise wird in der Ebene *b* die Feldkurve durch eine Gerade und die EMK-Kurve durch eine entsprechende Parabel ersetzt (Abb. 15). Hier fallen die Abweichungen relativ schon etwas größer aus als in der Ebene *a*. Die Ursache hierfür liegt darin, daß in der Ebene *b* das Wirbelzentrum sich vom äußeren Rande des Rückenstabes bereits beträchtlich nach innen bewegt hat. Trotzdem werden die Zusatzverluste auch hier noch zum weitaus größten Teil durch die Kompensation beseitigt. Für die Ebene *c*, in der das Wirbelzentrum bereits mitten in die Höhe des Bohrungsstabes gerückt ist, läßt sich die Kompensation so unvollkommen ausführen, wie aus der Abb. 16 zu erkennen, daß die Berücksichtigung dieses Gebietes sich praktisch nicht mehr verlohnt.

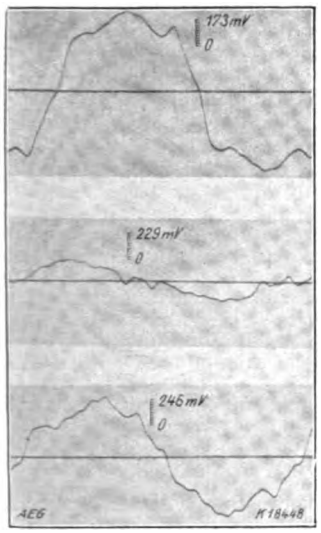


Abb. 13. Radialfeldspannung in Ebene *a*.

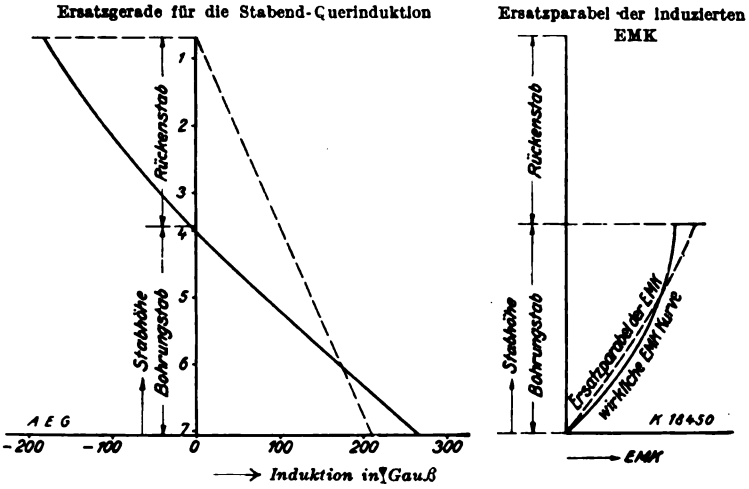


Abb. 15. Bohrungstab Ebene *b*.

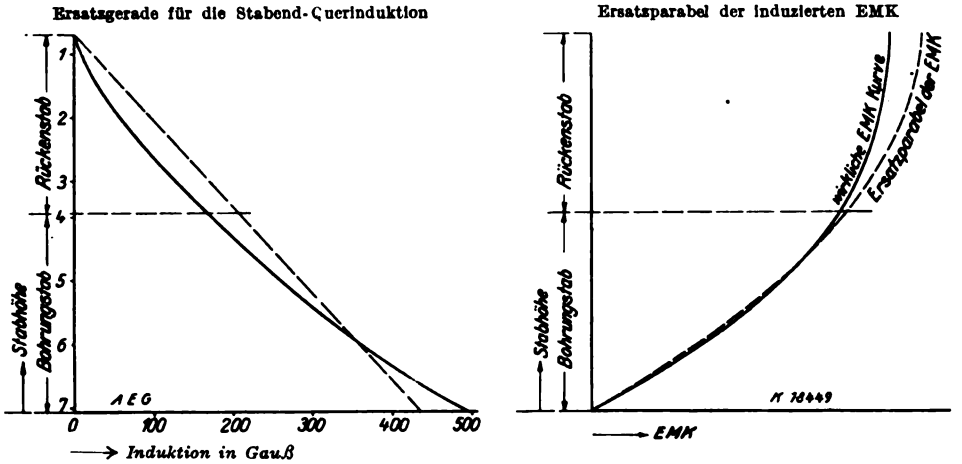


Abb. 14. Bohrungstab Ebene *a*.

Die Abb. 14 und 15 lassen nun erkennen, daß der Höchstwert der Querinduktion gemäß der Ersatzgeraden um ein beträchtliches kleiner ist als der wirkliche Höchstwert in der betrachteten Ebene. Wir tragen nunmehr sowohl die wirklichen Höchstwerte als auch die Höchstwerte gemäß der Ersatzgeraden als Funktion der Stabendlänge auf — dies ist in der ausgezogenen bzw. in der gestrichelten Kurve der Abb. 17 geschehen; letztere ist in der Ebene *c* nach Null hingeführt. Um den Schnittpunkt beider Kurven mit der Ordinatenachse, d. h. die Induktion in der Stirnebene des aktiven Eisens zu erhalten, bedenken wir, daß das Stabendquerfeld hier in das Nutenquerfeld übergeht, was wegen der in unmittelbarer Nähe der Stirnfläche vorliegenden Streuung stetig vor sich gehen muß. Der Schnittpunkt mit der Ordinatenachse ist demnach die Nutenquerinduktion unter Berücksichtigung der im Endpaket des Eisens vorgenommenen Verbreiterung der Nut. Wir können nunmehr den kompensierbaren Einfluß des Gesamtfeldes auf das Ende des Stabes durch Bildung des Mittelwertes der gestrichelten Kurve kennzeichnen. Dieser Mittelwert ist durch eine gestrichelte Parallele zur Abszissenachse vom Induktionswert 345 Gauß angegeben. Im Vergleich hierzu ist der Mittelwert der ausgezogenen Kurve durch die Gerade des Induktionswertes 440 Gauß gekennzeichnet. Wir ersetzen demnach das wirkliche Feld durch ein fiktives, über die ganze Stabendlänge hin konstantes Feld, welches über die Stabhöhe hin einen zum Höchstwert 345 Gauß geradlinig ansteigenden Verlauf hat. Offenbar ist es für die Induktion der elektromotorischen Kräfte in den einzelnen Teilleitern gleichgültig, ob die Kraftlinien über die Stabendlänge hin dieser Fiktion gemäß gleichmäßig verteilt sind oder sich nach dem Eisen zu zusammendrängen, solange der mit jedem Teilleiter verkettete Fluß der gleiche bleibt.

Für die Auslegung der Verschränkung von Kunststäben mit stufenförmigen Teilleitern kann man diesen Gedanken nun weiter verfolgen, indem man feststellt, daß die in einem den Gesamtstab durchziehenden Teilleiter im Bereich der Stabenden erzeugte EMK die gleiche Wirkung bezüglich der Stromverdrängung hat, als wenn sie im Bereich des aktiven Eisens induziert wäre. Demnach sind die Stabenden gleichwertig einer Verlängerung des aktiven Eisens um einen Betrag, welcher die gleiche EMK erzeugen würde, mit anderen Worten, einer Verlängerung nach beiden Seiten hin um den Betrag:

$$\text{Stabendlänge} \times \frac{\text{Mittelwert d. höchst. Stabend-Querinduktion gem. d. linearen Ersatzfeld}}{\text{höchste Nutenquerinduktion}}$$

Da die Querinduktion in der Nut bei Maschinen mit verschachtelten Wicklungen in den Leiter verschiedener Phasen enthaltenden Nuten niedriger ist als in den gleichphasige Leiter enthaltenden, während das Stabendquerfeld, soweit die bisherigen Messungen erkennen lassen, für den bohrungseitigen Stab durchweg den gleichen gemessenen

Digitized by Google

Wert hat, so ist, wenn alle Stäbe gleichmäßig hergestellt werden sollen, sinngemäß ein Mittelwert der Nutenquerinduktion zugrunde zu legen.

Führt man die Berechnung für die Kompensation des Stabendquerfeldes den vorstehenden Überlegungen gemäß bei dem 12 500 kVA-Generator durch, so ergibt sich für nicht verschachtelte Wicklungen die Beziehung

Zuschlag zur Eisenlänge auf jeder Seite

$$= 0{,}53 \times \frac{\text{Nutenbreite}}{\text{Nutenteilung}} \times \text{geblätterte Stabendlänge.}$$

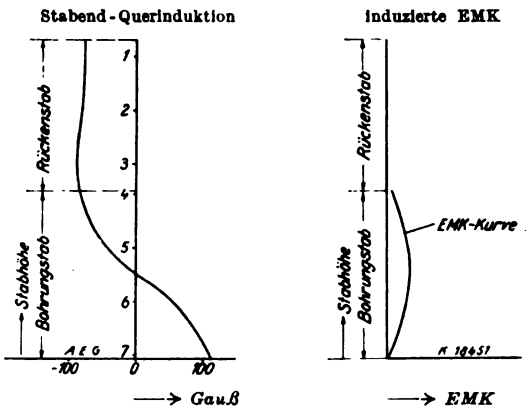


Abb. 16. Bohrungstab Ebene *c*.

Demgegenüber fand sich für die 40 000 kVA-Maschine mit Schirmringen die Formel

Zuschlag zur Eisenlänge auf jeder Seite

$$= 0{,}45 \times \frac{\text{Nutenbreite}}{\text{Nutenteilung}} \times \text{geblätterte Stabendlänge.}$$

Man erkennt hieraus, daß für die erstere ein relativ stärkerer Einfluß des Stabendquerfeldes vorliegt als bei der letzteren, trotzdem Schirmringe nicht vorhanden waren. Der Grund hierfür ist in dem etwas anderen Verlauf des

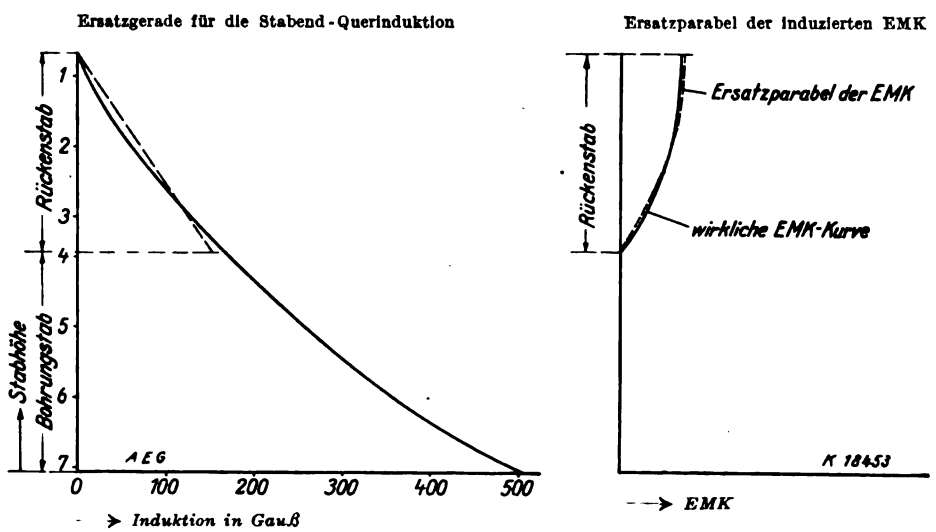


Abb. 18. Rückenstab Ebene *a*.

Stabendquerfeldes über die axiale Länge des Stabendes hin zu sehen. Er war bei der älteren Maschine wegen der großen Stabendlänge und des daher relativ kleineren Einflusses der Stirnfläche erheblich flacher, wie aus der in die Abb. 17 eingetragenen Kurve zu ersehen ist, die mit der bereits besprochenen ausgezogenen Kurve für den jetzt untersuchten Generator zu vergleichen ist.

Die kompensierbaren Zusatzverluste des Stabendquerfeldes.

Grundsätzlich wäre es möglich, auch für den Rückenstab eine Kompensation des Querfeldes auf Grund ähnlicher Überlegungen durchzuführen. Wie leicht zu erkennen, kann diese aber nur sehr unvollkommen sein. Für die Ebene *a* ergeben sich die in Abb. 18 dargestellte Ersatzgerade und Ersatzparabel. Während für diese Ebene das Ersatzfeld dem wirklichen sehr nahe kommt, ist für die Ebene *b* eine Kompensation aus ähnlichen Gründen wie vorher für die Ebene *c* schon nicht mehr möglich. Da ferner die tatsächlichen Induktionen auch in der Ebene *a* sehr

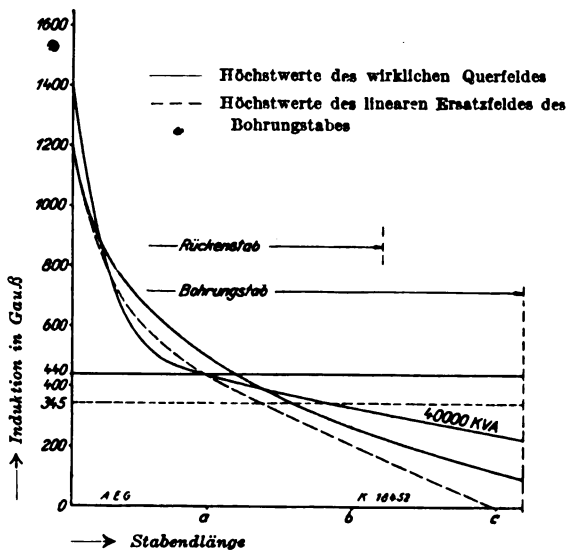


Abb. 17. Höchstwert der Stabend-Querinduktion in Abhängigkeit von der Stabendlänge.

geringe Werte haben, so kann man das gesamte Stabendquerfeld für den Rückenstab praktisch vernachlässigen. Dies wird durch eine Berechnung des vom kompensierbaren Stabendquerfeld hervorgerufenen Zusatzverlustes in den beiden Stäben bestätigt. Berechnet man den *k*-Faktor in der früher entwickelten Weise, so findet man für den Bohrungstab den Wert 1,26, d. h. ohne Einbeziehung des Stabendquerfeldes in die Verschränkung erhöhen sich die i^2w-Verluste um 26 %, während für den Rückenstab nur ein Faktor von 1,02 entsteht.

Einfluß konstruktiver Einzelheiten.

Die eben berechnete Höhe des Zusatzverlustes im Bohrungstab ist für den 12 500 kVA-Generator beträchtlich niedriger als in dem zuerst untersuchten Falle; dies ist aber nicht durch einen Unterschied des Kurvenverlaufs der Querinduktion, sondern vorwiegend durch die bedeutend kleinere Kupferhöhe des Stabes bedingt, die jetzt 40 mm betrug gegenüber 52,5 mm bei der älteren Maschine. Wie aus der Berechnungsweise des *k*-Faktors hervorgeht, spielt auch das Verhältnis der geblätterten Stabendlänge zur gesamten geblätterten Länge eine wichtige Rolle. Verkürzt man das aktive Eisen einer Maschine unter Belassung aller Verhältnisse im Wickelkopf, so steigt dieses Verhältnis und damit der *k*-Faktor für den Einfluß der Stabendlänge. Wendet man anderseits statt der Stab-Bügelwicklung, bei der die Teilleiter des Stabes an seinen Enden miteinander verlötet sind, eine Wicklung an, bei der die Teilleiter voneinander isoliert durch den ganzen Kopf geführt werden, so entspricht dies einer Verkleinerung des oben besprochenen Verhältnisses, so daß eine entsprechende Verminderung der vom Stabendquerfeld herrührenden Zusatzverluste erzielt wird

Herrn Dipl.-Ing. Brandt habe ich für seine Mitarbeit bei dieser Untersuchung bestens zu danken.

Digitized by Google

Isolatoren aus Kieselsäureglas (Quarzisolatoren).

Von **Franz Skaupy**, Berlin.

Übersicht. Aus den physikalischen und chemischen Eigenschaften des Kieselsäureglases (Quarzglas und Quarzgut) wird seine besondere Eignung zu Isolatoren abgeleitet, die möglichen Anwendungsgebiete werden besprochen und die schon ausgeführten Anwendungsformen beschrieben.

I. Einleitung.

Für die Isolatoren der Elektrotechnik, insbesondere für elektrische Leitungen, spielt seit geraumer Zeit das Porzellan eine überragende Rolle. Man hat zwar auch Glas in größerem Maßstabe für diese Zwecke herangezogen, insbesondere in den V. S. Amerika für Freileitungsisolatoren, doch ist es nicht gelungen, auf die Dauer befriedigende Resultate zu erzielen. Die Ursachen sind zu suchen in der größeren Sprödigkeit des Glases, seiner geringen Beständigkeit gegen schroffen Temperaturwechsel und endlich in der Tatsache, daß seine Oberfläche unter dem Einfluß der Atmosphärilien Veränderungen erleidet. Auch die Festigkeit erwies sich in manchen Fällen als ungenügend. Die Anwendung des Glases als Isolator ist daher auf die Fälle beschränkt geblieben, wo es gleichzeitig das Material für vakuumdicht abzuschließende Behälter bildet, in die elektrische Ströme eingeführt werden müssen, wie in der Röntgentechnik, bei Vakuumröhren für Zwecke der drahtlosen Telegraphie, für Glühlampen, Leuchtröhren u. dgl. mehr. Auch für Kondensatoren werden besondere Glassorten mit Erfolg verwendet.

Nun ist in den letzten Jahren eine Substanz von glasigem Charakter immer mehr in den Vordergrund getreten, die frei ist von den oben erwähnten Nachteilen des gewöhnlichen Glases und die als Isolierstoff selbst das Porzellan in den meisten Fällen weit übertrifft. Es ist das sogenannte Kieselsäureglas, das aus reiner Kieselsäure (Quarz) durch Schmelzen seitens mehrerer Firmen hergestellt wird, in Deutschland insbesondere von der Deutsch-Englischen Quarzschmelze, G. m. b. H., Berlin-Charlottenburg, die ihr Produkt unter dem Namen „Vitreosil" in den Handel bringt.

In dieser Arbeit soll zuerst kurz über die Herstellung und die Eigenschaften und dann eingehender über die Verwendung des Kieselsäureglases für Isolatoren, die in raschem Wachsen begriffen ist, berichtet werden.

II. Erscheinungsformen.

Vor allem muß in Erinnerung gebracht werden, daß das Kieselsäureglas in zwei verschiedenen Haupterscheinungsformen hergestellt wird und bekannt ist, einerseits als vollkommen durchsichtiges sogenanntes „Quarzglas", äußerlich dem gewöhnlichen Glas sehr ähnlich, anderseits als undurchsichtiges sogenanntes „Quarzgut". Der wesentliche Unterschied beider Formen ist durch den verschiedenen Grad der Porenfreiheit gegeben. Während das Quarzglas fast frei von Poren[1] ist, kennzeichnet das Quarzgut eine durch den Herstellungsprozeß bedingte große Anzahl von Poren, vielfach in langgestreckter Form, besonders an der Oberfläche, wo sie dem Stoff ein seidenartiges Aussehen verleihen. Eine dritte durchscheinende Art verdankt einer nochmaligen Durchschmelzung insbesondere an der äußeren Oberfläche ihre Entstehung, weist daher eine geringere Anzahl von Poren auf und steht in der Mitte zwischen beiden Hauptarten. Die genannten Verschiedenheiten werden sowohl durch den Herstellungsprozeß als auch durch das verwendete Rohmaterial bedingt.

III. Herstellung.

Während das durchsichtige Quarzglas ursprünglich nur aus Bergkristall hergestellt werden konnte (in Deutschland war es bekanntlich die Firma Heraeus, welche die ersten Quarzglasgegenstände durch Schmelzen von Bergkristall in Gefäßen aus Iridium mit Hilfe des Knallgasgebläses und Verformung der geschmolzenen Masse nach Glasbläserart herstellte), ist man bei der Herstellung von Quarzgut, und dieses interessiert uns hier in erster Linie, von vornherein von Quarzsand ausgegangen, von dem man heute einen Kieselsäuregehalt von mindestens 99,7 % und Freiheit von schädlichen Verunreinigungen verlangt. Das Schmelzverfahren gründet sich auf die elektrische Widerstandserhitzung und ist von den Schöpfern der heutigen Quarzgutindustrie J. F. Bottomley, R. S. Hutton und A. Paget zuerst in technisch brauchbarer Form durchgeführt worden. Das zu schmelzende Gut wird um einen Kohle- oder Graphitkern gelagert und dieser unter Verwendung sehr hoher Stromstärken bei niedrigen Spannungen über die Schmelztemperatur des Quarzes erhitzt[2] (vgl. Abb. 1). Die Formung der erweichten Masse geschieht durch Aufblasen mittels Preßluft, ursprünglich im Ofen selbst, später außerhalb des Ofens, als dieselben Erfinder ihr Verfahren und ihre Einrichtung dahin verbessert hatten, daß einerseits ein müheloses Ablösen der geschmolzenen Masse vom Kohlekern möglich[3], anderseits die Erkenntnis gewonnen war, daß der Quarzkörper auch nach dem Verlassen des Ofens ohne Wiedererhitzung aufgeblasen oder sonstwie gedehnt werden kann, auch wenn er äußerlich schon erstarrt ist[4], wobei es nur notwendig ist, den mit dem Fortgang der Erstarrung dauernd wachsenden Widerstand mechanisch zu überwinden. Die geschmolzene, noch teigige Masse wird sofort in eine bereitgestellte Form (Abb. 2) gebracht, wobei die Preßluftdüse v der Zange u in eines der Enden des bildsamen Zylinders y eingesteckt und die plastische Masse mittels der Zangenbacken ringsum angepreßt wird. Gleichzeitig wird das andere Ende des Zylinders durch eine andere Zange durch Zusammendrücken geschlossen. Durch das Rohr w wird Preßluft eingeblasen, welche die bildsame Masse zwingt, sich der Form x in allen Teilen anzuschmiegen.

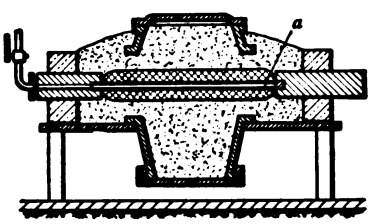


Abb. 1. Schmelzofen für Quarzgut.

Lange Rohre werden meist ohne Anwendung von Formen unter stetigem Aufblasen frei an der Luft gezogen. Der Art des Schmelzvorganges entsprechend ist das Rohr an seiner Innenwandung vollkommen glatt und glasig, an der Außenseite aber wegen des Temperaturabfalls rauh und weist zahllose ganz kleine Poren (s. oben) auf. Dadurch erhält man ein undurchsichtiges oder nur noch schwach durchscheinendes Erzeugnis, wie es als Quarzgut unter dem Namen „Vitreosil" gewöhnlich in den Handel kommt. Durch eine zweite, von außen wirkende Erhitzung wird auch die äußere Oberfläche glatt und glasig und man gelangt so zur durchscheinenden Abart des Quarzgutes.

Es ist auch gelungen, andere der bekannten Glasbearbeitungsverfahren mit den Abwandlungen, die durch die weit höheren Bearbeitungstemperaturen des geschmolzenen Quarzes nötig sind, hier anzuwenden. So wird geschmolzener Quarz neuerdings gepreßt, gewalzt und gestanzt. Daneben findet eine mechanische Nachbearbeitung durch Drehen und Schleifen statt, die mit Rücksicht auf die Anforderungen der Verbraucher auf hohe Maßgenauigkeit immer mehr vervollkommnet wird.

Auch der Hochfrequenz-Induktionsofen ist in den Dienst der Quarzschmelzung gestellt worden, wodurch es vor allem leicht möglich wurde, Rohre mit innen und außen glatter durchgeschmolzener Oberfläche in größeren Längen zu ziehen.

Soviel über die Herstellung von Quarzgut. Auch für die Herstellung von durchsichtigem Quarzglas besitzen wir heute ein allen Anforderungen an eine industrielle mechanisierte Fabrikation genügendes Verfahren[5], das im wesentlichen darin besteht, daß Quarzpulver auf einen Quarzglaskern von einer für den herzustellenden Körper zweckmäßigen Form aufgestreut und durch Erhitzung von Kern und Pulver angeschmolzen wird. Ein anderes Verfahren, die Anwendung des Vakuums zur Beseitigung der eingeschlossenen Luft und darauf folgende Anwendung hohen Druckes auf die niedergeschmolzene Masse zwecks Kompression der noch vorhandenen Poren, sei hier erwähnt[6].

[1] Diese Poren sind nach neuerer Auffassung keine Luftbläschen, sondern evakuierte Hohlräume, die sich durch Abkühlung von Siliziumdampf bilden.

[2] DRP. 169 958.
[3] DRP. 170 234.
[4] DRP. 174 509.
[5] DRP. 241 260.
[6] DRP. 310 134.

Digitized by Google

Auch ist es gelungen, an Stelle des teueren Bergkristalls hochkieselsäurehaltige Quarzite eines besonderen Vorkommens zu verwenden, welche die Eigenschaft haben, beim Schmelzen wasserklar zu werden[7].

IV. Physikalische und chemische Eigenschaften des Kieselsäureglases im Hinblick auf seine Verwendung als Isolator.

a) Elektrische Eigenschaften[8]. — Von Wichtigkeit für die Eignung als Isolator sind bekanntermaßen folgende Eigenschaften: spezifischer Widerstand bzw. Leitfähigkeit, Oberflächenleitfähigkeit, Durchschlagfestigkeit, dielektrischer Verlust und Dielektrizitätskonstante.

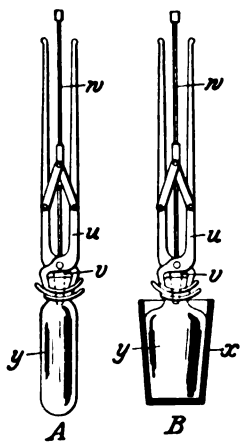


Abb. 2. Form.

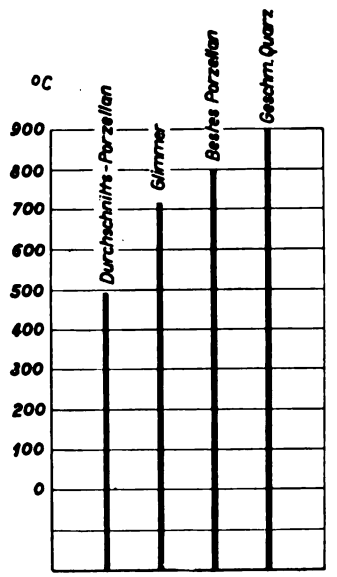


Abb. 3. Temperaturen gleichen Widerstandes bei verschiedenen Isolierstoffen.

Zahlentafel 1. Spezifischer elektrischer Widerstand von Quarzglas in Abhängigkeit von der Temperatur.

Temperatur in °C	spez. Widerstand in Ω/cm	Temperatur in °C	spez. Widerstand in Ω/cm
15	$4 \cdot 10^{16}$	700	$30 \cdot 10^{6}$
25	$1 \cdot 10^{9}$	800	$20 \cdot 10^{6}$
150	$2 \cdot 10^{11}$	1800	2134
230	$2 \cdot 10^{8}$	1950	189
250	$25 \cdot 10^{11}$		

Aus Zahlentafel 1 ersehen wir die Abhängigkeit des elektrischen Widerstands von Quarzglas von der Temperatur, die Abb. 3 und 4 zeigen diese Eigenschaft im Vergleich mit anderen Isolierstoffen, insbesondere Porzellan. Aus Abb. 3 ersehen wir, daß der Wert von 1 MΩ für einen Würfel von 1 cm Seitenlänge vom Quarzglas bei 900 ° erreicht wird, bei Porzellan schon bei 800 °. Eingehender ist das vergleichsweise Verhältnis von Kieselsäureglas, Porzellan und Glas aus Abb. 4 zu ersehen. Die Zunahme der Leitfähigkeit erfolgt demnach auch langsamer mit der Temperatur als bei Porzellan, weshalb Isolatoren aus geschmolzenem Quarz noch bei weit höheren Temperaturen Verwendung finden können als solche aus

Zahlentafel 2. Oberflächenleitfähigkeit. $T = 25$ °; 500 V Gleichstrom; 1 cm Elektrodenabstand.

Stoff	Anzahl der Messungen	Feuchtigkeitsgehalt der Luft in %	Oberflächenleitfähigkeit in A/cm
durchscheinend erschmolzenes Quarzglas	6	50	$2{,}1 \cdot 10^{-11} \ldots 6{,}7 \cdot 10^{-13}$
Porzellan	3	50	$5 \cdot 10^{-11} \ldots 7 \cdot 10^{-13}$
durchscheinend erschmolzenes Quarzglas	6	90	$1{,}1 \cdot 10^{-7} \ldots 1{,}9 \cdot 10^{-9}$
Porzellan	3	90	$1 \cdot 10^{-6} \ldots 2 \cdot 10^{-6}$

Porzellan. Zahlentafel 2 gibt uns die Oberflächenleitfähigkeit, verglichen mit der des Porzellans. Sie hängt bekanntermaßen sehr stark von dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft sowie von der Hygroskopizität der Oberfläche ab, und die aus der Tafel ersichtliche Überlegenheit des Kieselsäureglases ist offenbar auf seine geringe Neigung, an der Oberfläche Wasser zu kondensieren, zurückzuführen.

Die Durchschlagfestigkeit variiert für durchsichtiges Quarzglas zwischen 350 und 400 kV/cm, für Quarzgut von 150 bis 200 kV/cm gegenüber etwa 100 kV/cm bei Porzellan. Bemerkenswert ist der Unterschied zwischen Quarzglas und Quarzgut, der offenbar auf die zahlreichen Poren im Quarzgut zurückzuführen ist. Bei 500 ° beträgt die Durchschlagfestigkeit für durchsichtiges Quarzglas rd. 40 ... 50 kV/cm, für Quarzgut 20 ... 30 kV/cm.

Die dielektrischen Verluste sind durch den sogenannten Verlustwinkel charakterisiert, der im allgemeinen wenig abhängig von der Frequenz, stark abhängig von der Temperatur ist. Er besitzt für Quarzglas den abnorm niedrigen Wert von 20″. H. George (s. Fußnote 8) gibt vergleichsweise Zahlen für die dielektrischen Verluste verschiedener Isolierstoffe wie folgt:

Quarzglas 1	Glas 11 ... 25
Quarzgut 2,5	Bakelit 100
Porzellan 25	

Daraus ist die außerordentliche Überlegenheit des Kieselsäureglases zu ersehen, die besonders für Kurzwellenanordnungen ausschlaggebend ist.

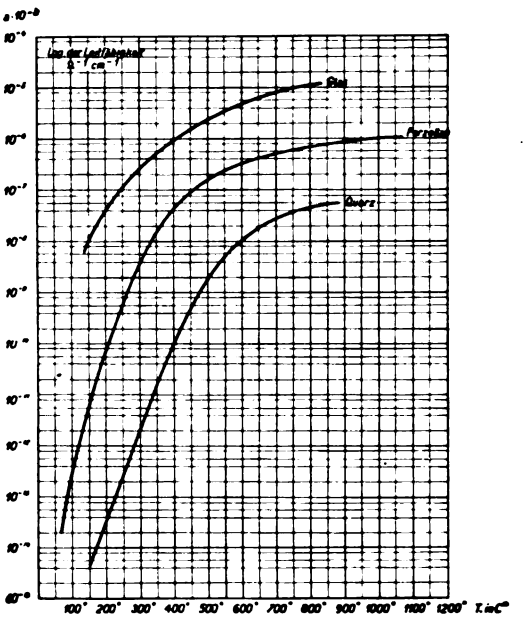


Abb. 4. Änderung der Leitfähigkeit (Logarithmus) dreier Isolierstoffe mit der Temperatur.

Die Dielektrizitätskonstante von geschmolzenem Quarz wird meist zu 3,5 angegeben, doch finden sich in der Literatur auch Werte bis 4,4, gegen 5 ... 6 bei Porzellan und 4 ... 17 bei den verschiedenen Glassorten.

b) Sonstige physikalische Eigenschaften. — Über weitere, für den vorliegenden Verwendungszweck wichtige Eigenschaften gibt Zahlentafel 3 in Ver-

Zahlentafel 3.

	Quarzglas	Glas	Porzellan
Spez. Gewicht	2,21	2,2 ... 3,8	2,3 ... 2,5
Druckfestigkeit kg/cm²	19 800	6000 ... 12 600	rd. 5000
Zugfestigkeit kg/cm²	über 700	über 350	240 ... 520
Biegefestigkeit kg/cm²	700	—	400 ... 900
Elastizitätsmodul kg/mm²	7200	4700 ... 8000	rd. 8000
Torsionsfestigkeit kg/cm²	300	rd. 900	rd. 200 ... 500
Härte nach Mohs	4,9	5 ... 7	7 ... 8
Schmelzpunkt °C	1720	1000 ... 1500	1650 ... 1700
Erweichungstemperatur unter Belastung °C	1500	—	—
linearer Ausdehnungskoeffizient 0 ... 1000 °C	$0{,}55 \cdot 10^{-6}$	$3{,}66 \ldots 11{,}2 \cdot 10^{-6}$	$3 \ldots 4 \cdot 10^{-6}$
Wärmekapazität	0,18	0,018 ... 0,232	0,2
spez. Wärme zwischen 17 und 100 °C			
thermischer Widerstandskoeffizient	145,7	1,2 ... 9,8	6,24
Wärmeleitfähigkeit (kcal . m⁻¹ . h⁻¹ . °C⁻¹)	0,72	0,39 ... 1,0	0,9
Temperaturleitfähigkeit = Wärmeleitfähigkeit / Dichte . spez. Wärme	3,161	—	1,4 ... 1,5

[7] DRP. 456 555.

[8] Vgl. Sosman, The properties of silica, New York 1927. — H. George, Bull. de la Soc. D'Encourag. pour l'industrie nationale, Mai 1928. S. 373. — H. L. Watson, Some properties of fused quartz etc. J. Am. Cer. Soc. Bd. 9, S. 511 (1926).

Digitized by Google

gleich mit Glas und Porzellan Auskunft. Zur Angabe über das spezifische Gewicht wäre zu bemerken, daß es bei Quarzgut bis auf den Wert 2,0 sinken kann. Bemerkenswert sind die hohen Werte der Festigkeit, insbesondere der Druckfestigkeit (bis zum 4fachen des für Porzellan geltenden), wobei allerdings zu beachten ist, daß auch wesentlich niedrigere Werte gemessen wurden, wie überhaupt die Zahlen der Tafel vielfach Maximalwerte geben, wie sie bei blasenfreiem Quarzglas erreicht wurden.

Sehr beachtenswert ist die Tatsache, daß gezogene dünne Quarzfäden mitunter Zerreißfestigkeiten zeigen, die bis zum 20fachen Werte des sonst gemessenen ansteigen. Man wird die Erscheinung entweder auf ein starkes Vorherrschen von Oberflächenkräften zurückführen oder aber im Sinne einer kolloidchemischen Auffassung des Glaszustandes auf bevorzugte Richtungen in der Lagerung hochdisperser Teilchen.

Die für uns wichtigste Eigenschaft ist aber der thermische Widerstandskoeffizient, der in erster Linie durch den außerordentlich niedrigen Ausdehnungskoeffizienten bedingt ist. Die aus dieser Eigenschaft sich ergebende Temperaturwechsel-Beständigkeit ist einer der Hauptgründe für die Überlegenheit des Kieselsäureglases als Isolator, insbesondere bei größeren Stücken.

c) Chemische Eigenschaften. Der geschmolzene Quarz ist absolut widerstandsfähig gegen alle Einwirkungen der Atmosphäre und des Wassers auch bei hohen Temperaturen, Einwirkungen, die bei anderen Isolatoren die Bildung leitender Flüssigkeitschichten auf der Oberfläche begünstigen. Auch heiße Gase sind ohne Einwirkung, ebenso Chlor, Brom, Jod. Hervorragend ist auch die Unempfindlichkeit gegen Säuren mit Ausnahme der Fluorwasserstoffsäure. Auch gegenüber dieser Säure ist die Widerstandsfähigkeit größer als bei Glas und Porzellan. Dagegen ist das Material gegen alkalische Lösungen und in der Hitze gegen basische Oxyde empfindlich.

V. Die besondere Eignung zum Isolator und die Hauptanwendungsgebiete.

An Hand des so gewonnenen Überblicks über die Eigenschaften des geschmolzenen Quarzes ist es nun möglich, zusammenfassend die Gründe für seine besondere Eignung zum Isolator darzulegen. Vor allem ist zu bemerken, daß geschmolzener Quarz als chemisch einheitliche Substanz stets wohldefinierte physikalische und chemische Eigenschaften besitzt und notwendigerweise homogen und stets sich selbst gleich ist. Er zeigt beträchtliche Härte bei großer Unveränderlichkeit und absolute Unempfindlichkeit gegen äußere Einflüsse. Mit seiner Schwerschmelzbarkeit ist die Fähigkeit verbunden, bei plötzlicher Abkühlung, ausgehend von hohen Temperaturen, keinerlei Schaden zu nehmen und ebenso plötzliche Erhitzung ohne Änderung zu vertragen. Damit ist Widerstandsfähigkeit gegen Regen einerseits, gegen Lichtbogenbildung anderseits gegeben. Die isolierenden Eigenschaften sind nicht nur in der Kälte hervorragend, sie bleiben bis zu recht hohen Temperaturen erhalten. Weitere nützliche Eigenschaften sind die große Leichtigkeit und die Widerstandsfähigkeit gegen Druck und Zug. Die niedrige Dielektrizitätskonstante hält kapazitive Leitungsverluste gering, und die geringen dielektrischen Verluste weisen dem Quarz eine besondere Stellung in Anordnungen für Kurzwellen ein. Auch gegen Feuersgefahr gibt es weit höhere Sicherheit als andere Stoffe, die entweder verbrennen oder wie Porzellan springen, während Quarz vollkommen unverändert bleibt.

Auf Grund dieser Eigenschaften ergeben sich vor allem drei Hauptanwendungsgebiete:

a) Isolatoren für Hochspannung und für Freileitungen. Die Einführung des Quarzisolators hängt hier weitgehend mit den Fortschritten der Technik in der Herstellung der für diese Art von Isolatoren nötigen glatten Oberfläche und genauen Einhaltung der vorgeschriebenen Masse zusammen, wie sie durch die neueren weitgehend mechanisierten Fabrikationsverfahren gewährleistet wird. Begünstigt in der Fabrikation sind röhrenförmige zylindrische Teile. Bei Freileitungsisolatoren genügt das Porzellan, insbesondere bei großen Körpern, häufig nicht den zu stellenden Anforderungen, weil die oft beträchtlichen Temperaturunterschiede an den verschiedenen Stellen des Körpers zu Sprüngen führen, besonders in Gegenden mit raschem Klimawechsel, im Gebirge und an der Küste. Z. B. springen Porzellanisolatoren, wenn der schneebedeckte Isolator von der Sonne und naturgemäß einseitig getroffen wird, eine Beanspruchung, die der Quarzisolator ohne weiteres aushält. Hauptformen, die in dieses Gebiet gehören, sind Einführungs-, Durchführungs- (Abb. 5) und Stützisolatoren.

Weitere Anwendungen finden Quarzteile für Hochspannungsanlagen zu Griffen und Bedienungshebeln bei Schaltern, für Hochspannnungs-Schmelzsicherungen als Schutzrohre, als Träger für Blitzableiter, als Röhren für Flüssigkeitswiderstände u. dgl. mehr.

Eine besondere Art von Hochspannungsisolatoren sind die für elektrische Entstaubungsanlagen, weil sie außer der hohen Spannung gleichzeitig hohe Temperaturen aushalten und den chemischen Einwirkungen der Gase, des Rauches und Staubes gewachsen sein müssen. Gerade in dieser Hinsicht hat sich Kieselsäureglas allein bewährt.

b) Isolatoren für hohe Temperaturen. — Für diese Verwendung spielen außer der Temperaturbeständigkeit des Materials sein hoher spezifischer Widerstand bei erhöhten Temperaturen und seine Unempfindlichkeit gegen Temperaturwechsel eine ausschlaggebende Rolle. In den meisten Fällen handelt es sich

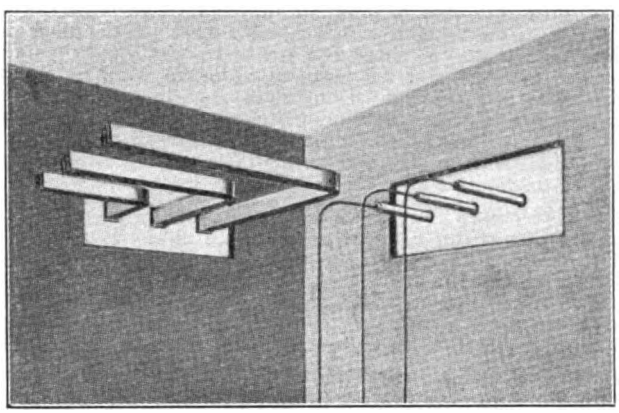


Abb. 5. Durchführung in Ansicht.

darum, aus dem geschmolzenen Quarz den Träger für den Leiter zu bilden, der die elektrische Widerstandserhitzung bewirkt. Elektrische Öfen für Laboratorien, u. zw. sowohl Muffel- als auch Röhrenöfen gehören hierher, elektrische Heizöfen für die Küche, elektrische Kochapparate für den Haushalt. Als Träger für elektrische Widerstandswicklungen wird Quarz gern verwendet. Endlich gehören hierher die Schutzrohre für die Elektroden in Quecksilberdampf-Großgleichrichtern und in Entladungsröhren, endlich die Quarzgefäße für Senderöhren der drahtlosen Telegraphie und einzelne Isolationsteile im Innern solcher Röhren und der Radioempfangsröhren.

c) Isolatoren für das Hochfrequenzfeld, insbesondere für kurze Wellen. — Zu den anderen günstigen Eigenschaften kommen für dieses Verwendungsgebiet noch die besonders geringen dielektrischen Verluste hinzu. Besonders anschaulich wird die Überlegenheit des Vitreosils, wenn man das Verhalten der verschiedenen Isolierstoffe in einem Kurzwellenfeld von weniger als 20 m Wellenlänge betrachtet. Porzellan wird rotglühend, die meisten Gläser schmelzen, Bakelit verzieht sich, nur der geschmolzene Quarz bleibt unverändert und zeigt kaum Andeutungen einer erhöhten Temperatur. Dementsprechend hat man Quarzgut und Quarzglas für die verschiedensten Apparate der Hochfrequenztechnik mit Erfolg angewandt: Elektrodenträger für Senderöhren, Träger für Induktionsspulen, Behälter für Kondensatoren, Isolationsteile an Drehkondensatoren, Antennenisolatoren; auch die Sockel und Fassungen für Kathodenröhren hat man gelegentlich aus Quarz hergestellt. *(Schluß folgt.)*

Digitized by Google

Der 6. Deutsche Physiker- und Mathematikertag in Königsberg i. Pr., 4. bis 7. IX. 1930*.

(In Verbindung mit der 91. Versammlung der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte, 7. bis 11. IX. 1930.)

Im letzten Jahre wurde wegen der Fülle der Vorträge allseitig der Wunsch nach einer Änderung der Organisation geäußert. Diesem haben die Vorstände der veranstaltenden Gesellschaften dadurch Rechnung getragen, daß sie an den Anfang der einzelnen Verhandlungsabschnitte größere Zusammenfassungen setzten, denen sich dann Einzelvorträge, teilweise in Form der Einleitung der Diskussion, anschlossen. Hierdurch wurde ein im wesentlichen geschlosseneres und übersichtlicheres Bild über den Stand der augenblicklichen physikalischen Forschung erreicht. Zu vermerken ist nur, daß die Behandlung technisch-physikalischer Probleme gegenüber dem Vorjahre stark zurückgetreten ist. Insgesamt wurden 49 Vorträge gehalten.

Das Gesamtthema des ersten Tages war: Quanten- und Wellenmechanik. Hierzu gab **W. Heisenberg,** Leipzig, eine kurze Einführung. Das 1. Hauptthema: Molekelbau und Bandenspektren, leitete **Fr. Hund,** Leipzig, ein, und **Gr. Wentzel,** Zürich, das 2. Hauptthema: Aperiodische Vorgänge in der Quantenmechanik.

Der zweite Tag begann mit einer Festsitzung zu Ehren des 80. Geburtstages von **E. Goldstein,** des Entdeckers der Kanalstrahlen, dessen Verdienste für die physikalische Erforschung der Gasentladungen **W. Kaufmann,** Königsberg, hervorhob. Der Jubilar dankte der Versammlung unter Hinweis auf seinen Lehrer Helmholtz. Die Vorführung einiger Goldsteinscher Originalversuche bildete den Auftakt zu der anschließenden Sitzung über Korpuskularstrahlen.

F. Gerthsen, Tübingen, Kanalstrahlen. Die Intensitätsmessung der Kanalstrahlen ist durch die Einführung der Zähl- und Ionisationsmethoden unter Benutzung des Geigerschen Spitzenzählers derart verfeinert worden, daß noch Ströme von 10^{-20} A mit Sicherheit meßbar sind. Sie erlauben die Klärung der Stoßvorgänge und eine Bestimmung der Gesetze des Durchganges durch Materie.

O. Stern, Hamburg, Beugungserscheinungen an Molekularstrahlen. Nach den theoretischen Überlegungen de Broglies zur Wellenmechanik soll ein Strahl von Molekülen, dargestellt durch einen aus einer schmalen Düse austretenden Dampfstrahl, Welleneigenschaften haben. Die Wellennatur muß sich durch Beugungserscheinungen nachweisen lassen. Wegen der Kleinheit der Wellenlänge (Bruchteil von 10^{-8} cm) bestanden große Schwierigkeiten; jedoch wurde bei Reflexion an Kristallspaltflächen die Beugung elegant nachgewiesen.

E. Rupp, Berlin, Anwendung der Elektroneninterferenz zur Strukturanalyse. Mit langsamen Elektronen von 50 ... 500 V Geschwindigkeit werden Oberflächenschichten zwischen 2 und $20 \cdot 10^{-8}$ cm untersucht. Diese Schichten können durch Gasabsorption an Metallen oder chemische Veränderung der Oberfläche durch Katalysatoren wie beim passivierten Eisen entstanden sein.

E. Brüche, Berlin, Experimente zu Störmers Polarlichttheorie. Kathodenstrahlen, die unter Benutzung des bekannten Effektes der Striktion durch Gasfüllung auf eine große Länge einen geringen Strahlquerschnitt haben, treten in das Magnetfeld eines Dipols ein. In der Äquatorebene bildet der Strahl ebene Kurven, die sich nur bis auf eine bestimmte Entfernung dem Äquator nähern. In der Nähe der Pole läuft der Strahl in Schraubenwindungen auf einem Kegelmantel. Die so erhaltenen Raumkurven stimmen mit den nach der Nordlichttheorie von Störmer berechneten Kurven überein. Die Entstehung dieser schönen und interessanten Kurven wurde im Physikalischen Institut kleineren Kreisen gezeigt, da sie noch etwas lichtschwach sind.

Im übrigen hatten auch die Herren Gerthsen, Stern und Rupp ihre Originalapparate ausgestellt. Dies Vorgehen ist sehr zu begrüßen, weil einmal die Apparate selbst ein viel anschaulicheres Bild ergeben als noch so ausführliche Beschreibungen und weil anderseits die messende Physik auf die Gestaltung ihrer Meßgeräte, mit denen sie die Natur befragt, große Sorgfalt verwendet, und bei den genannten Messungen kam es doch auf eine sehr sorgfältige und saubere Beobachtung sehr kleiner Effekte an.

Von den Einzelvorträgen des Nachmittags sei an dieser Stelle nur auf die Wiederholung des Michelson-Versuches in Jena von **G. Joos,** Jena, hingewiesen, nach der ein Ätherwind, der die Ausbreitung von Lichtstrahlen beeinflussen kann, nicht existiert.

Das Thema der folgenden Sitzung war: Technische Probleme im Lichte neuzeitlicher Atomvorstellung. Der einleitende Vortrag von **R. Seeliger,** Greifswald, lautete: Das Eingreifen der Atomphysik in die Anwendungen der Gasentladungen. Er behandelte die Vorgänge in Edelgasen und Metalldämpfen, da sie in Molekülgasen z. Z. noch zu wenig geklärt und zu kompliziert sind. Bei den Elementarvorgängen spielen die Ionen bei niedrigem Druck eine nur untergeordnete Rolle, abgesehen von dem Aufbau von Raumladungen. Eine Wiedervereinigung mit Elektronen spielt praktisch keine Rolle. Die optischen und elektrischen Anregungsfunktionen sind teilweise bekannt. Die elektrische Ausbeute ist im allgemeinen sehr schlecht. Für die Lichtausbeute ist die Wärmeproduktion unerwünscht. Bei Molekülgasen wird fast die ganze Energie in Wärme umgesetzt. In Edelgasen liegen die Verhältnisse wesentlich günstiger, weil hier elastische Stöße unterhalb der Resonanzspannung auftreten können. — In Quecksilberdampf-Gleichrichtern sind die Rückzündungen geklärt: sie entstehen durch Restladungen in den Anodenschutzrohren. Die Ladungen verschwinden nicht durch Wiedervereinigung, sondern durch Abwandern an metallische Oberflächen. — Für die Steuerbarkeit der Gasentladung spielen Raumladungen eine beherrschende Rolle: durch sie werden die statischen Felder verzerrt; durch sie ist die unstetige Steuerung von Glimm- und Lichtbogenentladungen zu erklären sowie die stetige Steuerung von Elektronenströmen aus dem Lichtbogen.

M. Pirani, Berlin, Lichterzeugung. Auf Grund der Beschaffenheit des Termschemas eines Gases wurden die Aussichten für die Lichterzeugung im Glimmbogen erörtert[1]. Außer Argon, Neon, Quecksilber, Stickstoff und Kohlensäure ist neuerdings noch Natrium (gemischt mit Argon) untersucht. Für ein Neonrohr ist die Energiebilanz aufgestellt worden; sie ergibt unter Berücksichtigung der Augenempfindlichkeit theoretisch etwa 160 Lumen/W, während nur 20 ... 30 Lumen/W gemessen sind. Der Unterschied ist wegen der Energieumsetzung in Wärme in der Mitte der Entladungsbahn plausibel. Bei Zusatz von Natriumdampf von 0,1 mm Druck zu Edelgasen von 2 bis 3 mm Druck erhält man eine Ausbeute von 50 Lumen/W. Nutzt man den Spektralbereich bis ins Ultrarote aus, bis 1000 mμ, dann wären hier 266 Lumen/W möglich. Bei Zusatz zu Krypton könnte man sogar bis 370 Lumen/W kommen, so daß man in diesen Lampen Lichtquellen mit sehr hohem Wirkungsgrad hat, die technische Anwendung finden können.

F. Kesselring, Berlin, Schaltvorgänge. Bei Untersuchungen von Wechselstromlichtbogen in trockenen Gasen und gesättigtem Dampf ergab eine adiabatische Druckentlastung des Dampfes eine stark lichtbogenlöschende Wirkung. Diese Erscheinung entspricht dem Wilson-Effekt und bedeutet eine Beseitigung der Ladungsträger aus der Strombahn durch Anlagerung an Tröpfchen. Über den nach diesem physikalischen Prinzip arbeitenden Expansionschalter hat Kesselring bereits berichtet[2].

E. Schmid, Berlin, Über Werkstoffverformung und -festigkeit. Am Einkristall lassen sich am übersichtlichsten Verformungs- und Festigkeitseigenschaften untersuchen. Die so gewonnenen Erkenntnisse werden auf den technischen Vielkristall, den metallischen Werkstoff mit kristallinem Aufbau, übertragen.

In einer gemeinsamen Sitzung der Deutschen Gesellschaft für technische Physik und der Heinrich-Hertz-Gesellschaft fanden folgende drei Vorträge statt:

Jacobs, Berlin, Entwicklung eines Thermostaten für Kristallerregung und seine Anwendung im Gleichwellen-Rundfunk. Der

* Der Bericht über die Tagung des Vorjahres in Prag erschien in der ETZ 1929, S. 1803.

[1] Über die technischen Ergebnisse vgl. den Vortrag von M. Pirani, ETZ 1930, S. 889.

[2] F. Kesselring, ETZ 1930, S. 499.

Digitized by Google

Thermostat besteht aus einem Kupferblock. Das die Temperatur regelnde Organ liegt außerhalb. Durch gute Wärmeisolation wird eine Konstanz von 1 ... 2 Hz bei einer Wellenlänge von 300 m erreicht.

F. Krüger, Berlin, Untersuchungen über Schwunderscheinungen bei kurzen Wellen (nach gemeinsamen Versuchen mit **H. Plendl**). Zur Verminderung der Schwunderscheinungen werden bei ortsfesten Stationen auf der Empfangseite Kombinationen von Antennen benutzt, durch welche mehrere getrennte Wellenbündel gleichzeitig aufgenommen werden, die getrennte Wege vom Sender zum Empfänger laufen. Bei beweglichen Stationen ist die Trennung der Wellenbündel durch räumliche Anordnungen am Empfänger nicht möglich; man trennt die Strahlen bereits am Sender durch zwei senkrecht zueinander orientierte Horizontaldipole als Antennen, die im Takte einer Modulationschwingung erregt werden. Der Empfang der Wellen von 32 ... 50 m Wellenlänge in Dresden und Reichenhall zeigte wesentliche Verminderung des Fading gegenüber Einzelantennen am Sender.

W. Scheppmann, Berlin, Drahtlose Bildtelegraphie auf langen Wellen, insbesondere in Zusammenwirkung mit Radioübertragungen. (Vorgetragen von **A. Eulenhöfer.**) Die zur Abtastung im reflektierten Licht benutzte Kaliumzelle wirkt auf das Gitter des Modulationsrohres. Bei Kabelverbindung wird der Synchronismus durch Stimmgabeln hergestellt. Ein drahtloser Empfänger wird ferngesteuert. Das Saitengalvanometer liefert in dem gezeigten Gerät von Korn-Lorenz 240 Bildelemente in der Sekunde, so daß ein Bild in 2 min bei 4 Linien/mm übertragen wird.

Von den Einzelvorträgen physikalisch-technischen Inhalts haben folgende für die Elektrotechnik Bedeutung:

B. Lange, Berlin, Über eine neue Art von Photozellen. Die Photozellen beruhen auf einem lichtelektrischen Effekt, der bei unipolarleitenden Halbleiterschichten (Kupferoxydul) zwischen Metallelektroden beobachtet wird. Die Zellen zeichnen sich durch große Konstanz und Rotempfindlichkeit aus. Ein hoher Wirkungsgrad wird zwar nur wegen des geringen inneren Widerstandes vorgetäuscht. Dieser Widerstand bietet anderseits gegenüber der Kaliumzelle Vorteile für technische Anwendungen. Die Photoelektronen treten direkt aus dem Halbleiter ins Metall über, die Anwendung einer äußeren Spannung für die Verschiebung der vom Lichte ausgelösten Elektronen erübrigt sich. Die Zelle arbeitet annähernd trägheitslos und intensitätsproportional. Wegen der Einfachheit ihres Aufbaues und ihrer Handhabung ist die Kupfer-Kupferoxydul-Photozelle für viele technische Anwendungen geeignet.

W. Schottky, Berlin, Über den Entstehungsort der Photoelektronen in Kupfer-Kupferoxydul-Photozellen. Auf der Vorderseite der auf Kupfer aufgesetzten Kupferoxydulschicht ist eine schmale Elektrode aufgestäubt. Entfernt sich ein Lichtstrich von der Elektrode, so nimmt der Photostrom ohne äußere Spannungsquelle exponentiell ab. Die Abklingstrecke kann man aus den Widerstandswerten der Zelle unter der Annahme berechnen, daß der primäre Photoeffekt in der Überwindung einer submikroskopischen Sperrschicht zwischen Kupfer- und Kupferoxydul besteht.

F. Trendelenburg, Berlin, Über eine Methode zur Untersuchung von Druckvorgängen mittels der Druckabhängigkeit der Dielektrizitätskonstanten. Zur Messung von Druckvorgängen in Flüssigkeiten wird ein kleines Meßgefäß mit einer dipolfreien Flüssigkeit, z. B. Benzol, gefüllt; in ihr befinden sich zwei konzentrische Rohre als Kondensatorbelegungen. Die Änderungen der Kapazität werden nach der Methode der halben Resonanzkurve gemessen, wobei durch eine Röhrenschaltung eine lineare Abhängigkeit zwischen Druck und Aufzeichnung erzielt wird.

M. Knoll, Berlin, Photographische Aufnahmetechnik beim Kathodenstrahl-Oszillographen. Als Maß für die Leistungsfähigkeit des Kathodenstrahl-Oszillographen wird seine maximale Schreibgeschwindigkeit zugrunde gelegt. Letztere hängt von der Geschwindigkeit und Zahl der Elektronen sowie dem photochemischen Verhalten des Films oder der Platten ab. Für Aufnahmen im Hochvakuum ergibt sich eine Schreibgeschwindigkeit von 15 000 km/s, hinter einem Lenardfenster 4000 km/s, hinter einer Zellonfolie und in Kontakt mit ihr 500 km/s und bei der Aufnahme mittels eines photographischen Apparats, d. h. mit Linse, nur 100 ... 200 km/s.

R. Jaeger, Berlin, in Gemeinschaft mit **H. Herrmann,** Berlin, Über Messungen mit extrem harten Röntgenstrahlen. Unter besonderen Vorsichtsmaßnahmen gelingt es, in der Villard-Schaltung normale Therapieröhren bis 400 kV Scheitelspannung zu belasten. Der Absorptionskoeffizient der Strahlen hat für Blei ein Fünftel des Wertes bei 200 kV. Um eine gleiche Schutzwirkung wie bei 200 kV-Strahlen durch 4 mm starke Bleiwände zu erzielen, werden für die 400 kV-Strahlung 14,5 mm Blei benötigt.

In einem schon mit zur Naturforschertagung zählenden (auch auf den Rundfunk übertragenen) Vortrag berichtete

F. Trautwein, Berlin, Über elektrische Synthese von musikalischen Klängen und Sprachlauten (mit Demonstrationen). Die bekannte und experimentell vielfach bestätigte Theorie, die Klangfarben von Sprachlauten und Musikinstrumenten durch bestimmte Teiltöne, die Formanten, zu erklären, wird dahin erweitert, daß diese Teiltöne während jeder Periode des Grundtones neu angestoßen werden müssen, wobei diese Teiltöne stark gedämpft sein können. Diese Teiltöne, von Trautwein Hallformanten genannt, müssen immer eine höhere Frequenz als die Grundtöne haben, wenn sie wirksam sein sollen. In einer vom Vortragenden entwickelten Schaltung gelingt es, mit einer Glimmröhre entsprechende Schwingungen zu erzeugen, die von einem Lautsprecher wiedergegeben werden. Durch Wahl der Frequenzen von Grundton und Hallformanten und ihren Dämpfungen konnten so Klänge von Flöten, Geige, Klavier, Trommel, Pauke, Fagott usw. nachgeahmt werden. Auch die Bildung von Vokalen mit ihren Dialektunterschieden, Zungenschnalzen, Tierlauten usw. gelang überraschend gut. Klangverzerrungen durch Lautsprecher wurden auch mit auf die Bildung von Hallformanten zurückgeführt. Außer der Nachahmung bestehender Musikinstrumente sah der Vortragende den Wert des neuen elektrischen Musikinstrumentes darin, daß neuartige Klangeffekte durch gleitende Formantänderungen erzielt werden können.

Aus den Vorträgen der allgemeinen Sitzungen und der Hauptgruppensitzungen der Naturforschertagung seien noch erwähnt:

D. Hilbert, Göttingen, Naturerkenntnis und Logik.

F. Paneth, Königsberg, Die Entwicklung und der heutige Stand unserer Kenntnis vom natürlichen System der Elemente.

V. M. Goldschmidt, Göttingen, Geochemische Verteilungsgesetze und kosmische Häufigkeit der Elemente.

O. Hahn, Berlin, Das Alter der Erde.

Zum Problem der durchdringenden Strahlung (Ultra- oder Höhenstrahlung) lieferten wertvolle Beiträge **E. Regener,** Stuttgart, **A. Corlin,** Lund, **E. Steinke,** Königsberg, und **J. Clay,** Amsterdam.

Am Schluß der Tagung fand eine Besichtigung des Physikalischen Instituts der T. H. Danzig statt. — Der Zeit entsprechend war von jeder größeren gesellschaftlichen Veranstaltung Abstand genommen. Jedoch boten kleinere Ausflüge an die Bernsteinküste des Samlandes, in die Wanderdünen der Kurischen Nehrung und nach dem weltbekannten Rossitten vielfache Gelegenheit, Land und Leute des schönen deutschen Ostpreußen kennen zu lernen, während auf den Fahrten nach und von Königsberg, besonders auf dem Landwege, die Schwierigkeiten der deutschen Ostgrenze sich einprägten. E. Lübcke.

Abschirmung elektrischer Meßgeräte.

Man schützt bekanntlich Meßanordnungen einerseits gegen Ableitungsströme (insbesondere Kriechströme auf der Oberfläche der festen Isolatoren) durch Schutzringe u. dgl. und anderseits umgibt man sie mit Metall in Form von Schutzkästen, um elektrostatische oder magnetische, das flüssige oder gasförmige Dielektrikum durchsetzende Felder sowie den Einfluß von Wanderwellen abzuschirmen. Curtis[1] untersucht die Bedingungen, unter denen ein befriedigender Schutz in den genannten Fällen erreicht werden kann. Aus den mitgeteilten Ergebnissen ist hervorzuheben, daß die Schirmwirkung eines Panzers gegen

[1] H. L. Curtis, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 48, S. 453.

Digitized by Google

äußere magnetische Felder nahezu proportional der Permeabilität des verwendeten ferromagnetischen Materials ist und daß das Volumen des Schirmes in demselben Verhältnis anwachsen muß, wie dasjenige des abzuschirmenden Raumes wächst. Besonders hochgradige Schirmwirkung läßt sich mit dem sog. Mumetall erreichen. Die Schutzwirkung gegen elektromagnetische Wellen hängt von der Frequenz ab; bei hohen Frequenzen werden die optischen Eigenschaften des Schirmmaterials maßgebend. Da die im Schutzschirmmetall erzeugten Wirbelströme proportional der Größe $\sqrt{f\,\mu/\sigma}$ sind, worin f die Frequenz der Welle, μ die Permeabilität und σ den spezifischen Widerstand bedeuten, so müssen derartige Abschirmungen aus einem Material von hoher Permeabilität, aber geringem Widerstand bestehen.

Im allgemeinen macht die quantitative Ermittlung ausreichender Abschirmungsanordnungen große mathematische Schwierigkeiten; in den meisten Fällen wird man sich daher mit dem Versuch begnügen müssen, um festzustellen, ob eine Abschirmung Schutz bieten kann.

Eg.

Mitteilungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

Bekanntmachungen über Prüfungen und Beglaubigungen durch die Elektrischen Prüfämter[1].

Nr. 289.

Auf Grund des § 10 des Gesetzes vom 1. VI. 1898, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, werden dem System 101 folgende Elektrizitätszählerformen als Zusatz eingereiht.

Zusatz zu System 101, die Formen D 8/50 und ZD 8/52, Induktionszähler für Drehstrom mit und ohne Nulleiter mit eingebauter Kontaktvorrichtung, hergestellt von den **Siemens-Schuckertwerken Aktiengesellschaft** in Nürnberg.

Berlin-Charlottenburg, den 8. Oktober 1930.

Der Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

Paschen.

Beschreibung.

Zusatz zu System 101, die Formen D 8/50 und ZD 8/52, Induktionszähler für Drehstrom mit und ohne Nulleiter mit eingebauter Kontaktvorrichtung, hergestellt von den Siemens-Schuckertwerken Aktiengesellschaft in Nürnberg.

Die durch die Bekanntmachung Nr. 166 vom 4. IX. 1923 (ETZ 1923, S. 963) zur Beglaubigung zugelassenen Induktionszähler für Drehstrom mit und ohne Nulleiter der Form D 8 des Systems 101 werden auch mit einer eingebauten Kontaktvorrichtung für Fern- und Summenmeßzwecke ausgeführt und erhalten in dieser Ausführung die Formbezeichnung D 8/50. Diese Zähler können für die gleichen Meßbereiche wie die Zähler der Form D 8, nämlich für verkettete Spannungen bis 450 V, für Stromstärken von 3 bis 100 A und für Frequenzen von 40 bis 60 Hz beglaubigt werden. Sie unterscheiden sich von den Zählern der Form D 8 außer durch den Einbau der Kontaktvorrichtung noch dadurch, daß die Wickeldaten für die Spannungskreise geändert sind und seitlich am Gehäuse ein Zusatzklemmenstück zum Anschluß der Zuleitungen zu dem Fern- bzw. Summenmeßapparat angeordnet ist. Die Kontaktvorrichtung und der Fern- bzw. Summenmeßapparat sind in die Zulassung zur Beglaubigung nicht miteinbegriffen.

In der Ausführung als Doppeltarifzähler führen die Zähler die Formbezeichnung ZD 8/52. Diese Zähler unterscheiden sich von den durch die Bekanntmachung Nr. 230 vom 3. XII. 1926 (ETZ 1927, S. 326) zur Beglaubigung zugelassenen Doppeltarifzählern der Form ZD 8 in der gleichen Weise wie sich die Zähler der Form D 8/50 von denen der Form D 8 unterscheiden. Die Zähler der Form ZD 8/52 können für die gleichen Meßbereiche beglaubigt werden wie die Zähler der Form D 8/50.

Der Aufbau und die Wirkungsweise der Kontaktvorrichtung sind aus Abb. 1 zu ersehen.

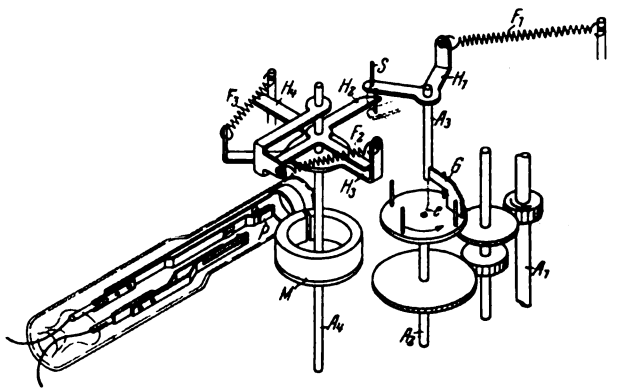


Abb. 1.

Von der Zählerachse A_1 wird in der gezeichneten Drehrichtung über eine auswechselbare Übersetzung die Achse A_2 angetrieben; diese trägt eine mit 4 Mitnehmerstiften ausgestattete Scheibe. Die Mitnehmerstifte greifen an einem mit der Achse A_3 drehbaren Griffarm G unter Spannung der Feder F_1 an. Die Achsen A_2 und A_3 sind um einen gewissen Betrag e gegeneinander versetzt, so daß sich die Bahn der Mitnehmerstifte und des Griffarmes nur um einen bestimmten Winkel überschneiden und der Griffarm bei einer Umdrehung der Achse A_4 viermal von den Mitnehmerstiften abgleitet. Der Griffarm führt also mit dem an der gleichen Achse befestigten Doppelhebel H_1 bei dauernder Drehung der Achse A_2 eine schwingende Bewegung aus. Die Bewegung ist in der gezeichneten Drehrichtung unter Spannung der Feder F_1 langsam und nach Abgleiten des Mitnehmerstiftes unter Entspannung der Feder in entgegengesetzter Richtung rasch. Der Doppelhebel H_1 trägt einen Stift S, der bei der Drehung in der Pfeilrichtung eine drehbar auf der Achse A_4 gelagerte Klinke H_2 gegen die Kraft der Feder F_2 ablenkt und wieder freigibt, bevor er seinen Endausschlag erreicht. Die Klinke H_2 legt sich dann wieder in die in der Abbildung dargestellte Ausgangstellung. Wird nun der Griffarm G freigegeben, so schnellt er zurück und wird von dem darauffolgenden Mitnehmerstift aufgefangen. Während des Zurückschnellens wird die Klinke H_2 gefaßt, nimmt durch den mit ihr fest verbundenen Hebel H_3 den Vielfachhebel H_4 mit und verdreht über die Achse A_4 den Ringmagneten M soweit, bis der Stift S von der Klinke H_2 abgleitet und sämtliche mit der Achse A_4 zusammenhängenden Teile durch die Feder F_3 zurückgezogen werden. Der Ringmagnet M führt also eine Schwingbewegung aus, deren Ablaufgeschwindigkeit von der Drehzahl des Zählers vollkommen unabhängig ist und die nur durch die Feder F_3 und die Massenverhältnisse der schwingenden Teile bestimmt wird. In der Nähe des Ringmagneten ist ein in Glas eingeschlossener Druckkontakt derart angeordnet, daß das Magnetmaul gegen Ende der Schwingung in die Nähe eines an der einen Kontaktfeder befestigten Eisenplättchens P gerät, dieses kurzzeitig anzieht und damit den Druckkontakt schließt.

Ein auf dem Zählergehäuse angebrachtes plombierbares Schildchen gibt an, welcher Bruchteil einer Kilowattstunde je einer Kontaktgabe entspricht. Die höchste bei den Zählern zur Verwendung kommende Kontaktfrequenz beträgt 20 Kontaktgaben je Minute bei Nennbelastung der Zähler.

Ein weiteres Schildchen trägt die Aufschrift: Die Kontaktvorrichtung ist von der Beglaubigung ausgeschlossen.

Die untersuchten Zähler hatten bei Nennlast ein Drehmoment von etwa 16,8 ... 17,7 cmg. Sie liefen bei induktionsloser Belastung mit etwa 0,5 % des Nennstromes an. Das Ankergewicht wurde bei einem Zähler zu 84 g, die Drehzahl der Zähler zu etwa 48 U/min ermittelt. Der Eigenverbrauch in den Hauptstromkreisen betrug bei 5 A Nennstromstärke im Mittel etwa $3 \times 0{,}66$ W und in den Spannungskreisen bei 220/127 V Nennspannung im Mittel etwa $3 \times 1{,}02$ W bei der Frequenz 50 Hz.

[1] Reichsministerialblatt 1930, S. 561.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

Dieselmotoren als Spitzenmaschinen in Elektrizitätswerken. — In unserem Bericht über das „Jahrbuch der Brennkrafttechnischen Gesellschaft" (1930, S. 1507) wurde auch die Bemerkung mit angeführt, die ein Vertreter einer Großreederei in der Diskussion des Vortrages von Herrn Flatt (Zürich) „Hochdruckdampf und Dieselmaschine" über das Anlassen von Großdieselmotoren gemacht hat. Dieser Einwand ging dahin, daß zum Anlassen ein stundenlanges Anwärmen der Motoren erforderlich sei. Wie aus dem ganzen Zusammenhang hervorging, konnte es sich bei dieser Behauptung nur um Dieselmotoren auf Schiffen handeln. Es hat uns nun interessiert, festzustellen, wie sich in dieser Beziehung die Dieselmotoren als Spitzenmaschinen in Elektrizitätswerken verhalten, wo im Gegensatz zu dem Anfahren mit voller Last auf Schiffen mehrere Minuten zum Hochfahren zur Verfügung stehen. Wir geben hier die uns auf unsere Bitte gemachten Angaben der Hamburgischen Electricitäts-Werke AG. wieder:

„Wir haben in unserem Kraftwerk Neuhof einen Dieselmotor von 15 000 PS, den größten der Welt, der vornehmlich zur Spitzendeckung herangezogen wird. Der Motor ist bereits über 3 Jahre in Betrieb und wird beinahe täglich, manchmal 2 und 3mal am Tag, in Betrieb genommen. Die Inbetriebnahme bis zur Parallelschaltung auf das Netz dauert 3...4 min. Die Übernahme der Last wird im allgemeinen von 0... 10 000 kW innerhalb von weiteren rd. 4 min durchgeführt. Wir haben aber auch schon Fälle gehabt, wo die Dieselmaschine vom Anlassen bis zur Vollast in 5... 6 min in Betrieb genommen wurde. Das Anlassen erfolgt durchweg in kaltem Zustande, vorheriges Anwärmen findet nicht statt. Havarien in Kolben, Zylindern und Deckeln sind überhaupt noch nicht vorgekommen. Wir sind nach wie vor der Meinung, daß die Dieselmaschine gerade wegen ihrer sofortigen Betriebsbereitschaft, insbesondere durch die Möglichkeit des raschen Hochfahrens auch im kalten Zustande, die gegebene Spitzenmaschine darstellt.

Etwas anders liegen allerdings die Verhältnisse bei den Groß-Dieselmotoren auf Schiffen. Hier besteht die Forderung, daß beim Einsetzen der Maschine diese sofort mit voller Last arbeiten muß, also nicht, wie dieses bei stationären Anlagen der Fall ist, dabei mehrere Minuten zum Hochfahren zur Verfügung stehen. Aus diesem Grunde glauben auch wir, daß ein vorheriges Anwärmen bestimmter Teile der Maschinen geraten ist. Das wird auch, wie wir auf Grund mehrfacher Erkundigungen erfahren haben, im allgemeinen so gehandhabt."

Leitungen.

Überschläge an Isolatoren. — Die Vorgänge beim Spannungsüberschlag an Isolatorenketten sind des öfteren Gegenstand theoretischer Untersuchungen gewesen. Torok und Ramberg geben einen Überblick über die wichtigsten Zusammenhänge zwischen den Abmessungen der Elektroden, der Feldverteilung, der Steilheit der Spannungswelle u. a. m. Für die Praxis sind Untersuchungen wichtig, die sie an Isolatorenketten mit Schutzringen angestellt haben; die Aufgabe bestand in der Ermittlung derjenigen zusammengehörigen Werte des Abstandes zwischen oberem und unterem Ring und des Ringdurchmessers, bei denen Kaskadenüberschläge an der Kette vermieden werden, und der Überschlag nur zwischen den Ringen stattfindet. Abb. 1 zeigt Messungsergebnisse an einer Kette von 7 Gliedern von der Gesamtlänge 1 m, 25,4 cm Dmr. und etwa 14 cm Abstand der Glieder; die Wellensteilheit war 7000 kV/µs. Als Abszissen sind die Ringhalbmesser in Prozenten der Kettenlänge, als Ordinaten die Ringabstände ebenfalls in Prozenten der Kettenlänge aufgetragen; die Kurve *a* gehört zu Ringen von 0,635 cm Dicke. Das links der Kurve liegende Gebiet enthält Wertepaare, bei denen Überschläge längs der Kette stattfinden, das rechts liegende Gebiet dagegen solche, bei denen Überschläge nur zwischen den Ringen vorkommen. Ist z. B. für letztere ein Abstand von 90 % der Kettenlänge notwendig, so muß der Ringdurchmesser mindestens 35 ... 40 % ausmachen. Die Kurven *b* und *c* gehören zu Ringen mit 3,8 bzw. 5,1 cm Dicke; sie lassen erkennen, daß bei großen Ringabständen die Ringe kleineren Halbmesser haben können, wenn sie größeren Querschnitt besitzen, daß aber bei kleineren Abständen dünnere Ringe benutzt werden können. Die Aufnahme der Kurven ging in der Weise vor sich, daß zuerst die Ringe in bestimmtem Abstand angebracht wurden und dann ihr Durchmesser solange vergrößert wurde, bis bei wiederholter Stoßbeanspruchung kein Kaskadenüberschlag mehr eintrat. Keinesfalls dürfen die Entladungen zwischen den Ringen in die Kette hineingezogen werden. Schutzhörner sind weniger geeignet, weil bei ihnen die Gefahr besteht, daß der Bogen in die Kette hineingeblasen wird, während er bei den Ringen umlaufen kann. (J. J. Torok u. W. Ramberg, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 47, S. 864.) *Eg.*

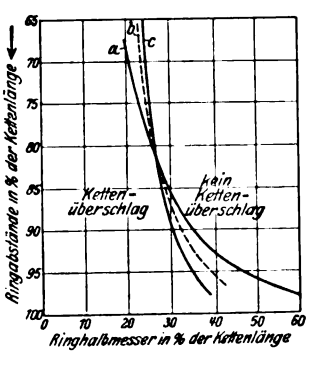


Abb. 1. Kritische Schutzringabmessungen.

Elektromaschinenbau.

Öltransformatoren für 1 Mill V gegen Erde in einer Stufe. — Gegenüber der bisher gebräuchlichen Methode, hohe Spannungen gegen Erde dadurch zu erreichen, daß mehrere Einzeltransformatoren bei entsprechender Isolierung gegen Erde in Reihe geschaltet werden, baut die AEG Öltransformatoren in einer Stufe bis zu 1 Mill V gegen Erde. Grundsätzliche Nachteile der Reihenschaltung liegen im großen Raumbedarf, der geringen entnehmbaren Leistung und bei Lufttransformatoren außerdem noch im störenden Glimmgeräusch. Für neuzeitliche Prüfanlagen muß ein Prüftransformator möglichst große Leistungen abgeben können, kleine Abmessungen haben und gegebenenfalls im Freien aufgestellt werden können; Forderungen, die nur vom Öltransformator in einer Stufe erfüllt werden können. Erreicht wird dieses Ziel durch einen besonderen Wicklungsaufbau, bei dem ein in seiner Stärke stetig zu- bzw. abnehmendes elektrisches Feld dadurch erzwungen wird, daß der mittlere Schenkel des als Manteltype ausgebildeten Öltransformators mit nach außen zu beiderseits immer kürzer werdenden einlagigen Spulen bewickelt wird. Bei richtiger Bemessung der an den Spulenrändern und zwischen den Spulen auftretenden Feldstärken kommt man bei Anwendung besonders hochwertigen Isolierstoffes zu dem kleinstmöglichen Raumbedarf ähnlich wie bei Kondensatordurchführungen. In Abb. 2 ist prinzipiell die Anordnung der Wicklung dargestellt.

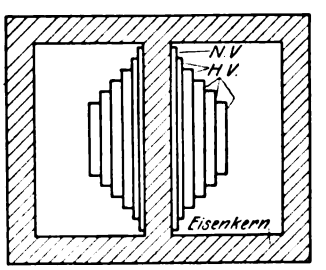


Abb. 2. Wicklungsanordnung.

Besonderes Augenmerk ist der Sprungwellensicherheit der Wicklung zuzuwenden, die abgesehen vom allgemeinen Aufbau in einer Sonderisolation der Spulen selbst liegt. Um mit verschiedenen Übersetzungsverhältnissen arbeiten zu können, wird die Niedervoltwicklung aus mehreren einzelnen Spulen hergestellt, die beliebig geschaltet werden können. Durch diesen Spulenaufbau wird gegenüber der normalen Bauart von Prüftransformatoren eine fast völlige Schirmwirkung der Niedervoltwicklung erreicht, so daß Sprungwellen, die durch Überschläge am Versuchsobjekt hochvoltseitig entstehen, nicht auf die Niedervoltseite übertragen werden. Der Generator kann ohne jeden Schutz an den Transformator angeschlossen werden.

Bei der Konstruktion der Durchführung werden grundsätzlich metallische Belege und Elektroden im Innern zur Steuerung des Feldes wegen der Durchschlaggefahr vermieden. Es kommt also nur die einfache ölgefüllte Durchführung als die betriebsicherste in Frage. Die bei solchen Transformatoren an der Fassung der Durchführung auftretenden außerordentlich hohen Feldstärken fordern für die Bolzenisolierung einen besonders hochwertigen Isolierstoff; für den Durchführungsmantel kommen Sillima-

Digitized by Google

mit oder Hartpapier in Frage. Die Durchführung kann entweder senkrecht auf den Transformatorkasten aufgebaut sein oder seitlich angeordnet werden. Die letztere Anordnung ermöglicht es, den Kasten im Freien aufzustellen und die seitlich austretende Durchführung durch die Gebäudewand des Hochspannungsraumes zu führen.

Die Konstruktion eines AEG-Prüftransformators für 500 kV Betriebspannung und eine entnehmbare Leistung von 200 kVA hat bei der beschriebenen Wicklungsanordnung zu folgenden Abmessungen geführt:

Kastendurchmesser	1900 mm
Kastenhöhe	2700 „
Höhe der Durchführung	1960 „
Gesamthöhe des Transformators	4660 „
Gesamtgewicht mit Ölfüllung	9 t

Für die Porzellanfabrik Rosenthal in Selb wurde vor kurzem ein Prüftransformator für 1 Mill V gegen Erde geliefert, der nach dem gleichen Wicklungsprinzip gebaut ist. Bei diesem Transformator wurden folgende Hauptabmessungen erreicht:

Kastenhöhe	3140 mm
Kastendurchmesser	2440 „
Höhe der Durchführung	5100 „
Gesamthöhe des Transformators	8245 „
Gesamtgewicht mit Öl	31 t

Um bei diesen an sich geringen Abmessungen eine möglichst kleine Ölmenge zu erhalten, wurde der Kasten um die doppelte Außenschenkelbreite des Eisenkerns verringert und mit entsprechenden Erweiterungen für die Unterbringung der Außenschenkel versehen. Dieser Transformator ist für ein Übersetzungsverhältnis von 4 · 2100/1 Mill V bei 7 % Kurzschlußspannung und einer Dauerleistung von 1000 kVA angelegt. Bei der meist kapazitiven Belastung hat man demnach mit einer größten Spannungserhöhung von 7 % gegenüber der Leerlaufspannung zu rechnen. Im allgemeinen übersteigt bei Isolatorenversuchen die entnommene Stromstärke nicht 0.2 A, so daß die Spannungserhöhung nicht größer als 1,4 % wird. — Bei derartigen Prüftransformatoren kann man den durch die Eigenkapazität wie durch die Kapazität der angeschlossenen Versuchsobjekte hervorgerufenen voreilenden Strom durch eine parallel zur Niedervoltwicklung geschaltete und auf Resonanz abgestimmte Drosselspule kompensieren. Hierdurch wird neben der wesentlichen Verminderung des Generatorstromes reine Sinusform der Spannungswelle erzwungen. (R. Crämer, AEG-Mitt. 1930, S. 491.) *Sb.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

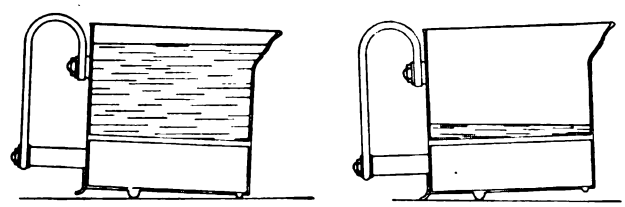
Neue optische Gesamtstrahlungspyrometer. — Nach einer eingehenden Beschreibung der thermoelektrischen und optischen Grundlagen der Messung der Gesamtstrahlung mittels optischer Pyrometer werden einige von der französischen Firma Chauvin et Arnoux herausgebrachte, nach diesen Prinzipien arbeitende Pyrometer beschrieben. Die Thermoelemente des ersten Pyrometers bestehen aus 0,06 mm dicken Kupfer-Konstantan-Drähten, die so auf ein biegsames Band aus nichtleitendem Material aufgewickelt sind, daß die Lötstellen beiderseits außen liegen. Das Band wird dann spiralig eingerollt und vereinigt so auf sehr kleinem Raum etwa 30 Lötstellen; die thermische Trägheit des Systems ist aber auch entsprechend größer als bei einem Einzelelement. Bei einer zweiten Konstruktion bestehen die Thermoelemente aus 0,1 mm starken Chromnickel-Konstantan-Drähten, die durch eine durchlöcherte geschwärzte Scheibe von 35 mm Dmr. gezogen sind. Das System besitzt einen Widerstand von etwa 83 Ω und ist nicht im Brennpunkt, sondern in 84 mm Abstand von einer bikonvexen Quarzlinse mit einer Brennweite von 80 mm und 45 mm Dmr. angebracht. Das Bild einer 1 m entfernten Ofenöffnung von 6 mm Dmr. soll z. B. den Umfang des geschwärzten Flecks der Scheibe bei der Einstellung allseitig um ½ mm überschreiten; unter diesen Bedingungen erhält man eine EMK von etwa 0.1 V für eine Temperatur von 1500 ° des anvisierten glühenden Körpers. Die Skala ist am Fernrohr angebracht und kann beim Anvisieren durch ein System von Prismen gleichzeitig abgelesen werden. Die Einstellzeit beträgt nur 10 s, durch Erwärmung etwa auftretende Fehler werden durch Nebenschlußschaltung so gut wie völlig kompensiert. Die sonstige Montierung bringt nichts Neues.

Das dritte der beschriebenen Pyrometer weicht von allem bisher Bekannten prinzipiell ab, es beruht auf der Veränderlichkeit der magnetischen Suszeptibilität einer Nickellegierung mit der Temperatur und wird als optisch-magnetisches Pyrometer mit direkter Ablesung bezeichnet. Als besonderer Vorteil wird das Fehlen einer Stromquelle und eines Galvanometers hervorgehoben, wodurch das Instrument sehr leicht und handlich wird. Die beweglichen Teile bestehen aus zwei elliptischen, 0,15 mm starken und 4 mm langen Scheiben aus einer bestimmten Nickellegierung, über deren Zusammensetzung nichts weiter gesagt wird; auf die der Strahlung ausgesetzte Scheibe ist ein gleichgroßes, 0,04 mm starkes Silberblättchen aufgeschweißt. Die Scheiben schwingen im Felde eines permanenten Magneten von 200 Gauß in sogenannter Verhältnisschaltung, sie besitzen ein Drehmoment von ungefähr 0,12 gcm. Das Ganze ist in ein Aluminiumgehäuse eingesetzt, das Objektiv, Okular und Skala trägt und einschließlich der beweglichen Teile nur etwa 1 kg wiegt. Das Instrument arbeitet so, daß mit steigender Temperatur der bestrahlten Scheibe diese sich infolge der sich damit verringernden Suszeptibilität relativ zur unbestrahlten Scheibe unter bestimmtem Winkel einstellt und dabei einen Zeiger auf einer Skala mitbewegt, dessen Ausschlag unmittelbar abgelesen wird. Bei der Einstellung muß wieder darauf geachtet werden, daß das Bild des Ofens die bestrahlte Scheibe allseitig etwas überragt. Die Skala ist bei der normalen Ausführung zwischen 600 und 1400 ° geeicht; die Empfindlichkeit hängt von der Zusammensetzung, dem Winkel und der Form der beiden Elemente ab und kann noch weiter getrieben werden, z. B. bis über 1000 ° für die gesamte Ablenkung.

Auf die ausführlich wiedergegebene Theorie des Instrumentes soll hier nicht näher eingegangen werden. Zum Schluß werden noch die praktischen Eichkurven für mehrere Legierungen angegeben, aus denen hervorgeht, daß eine unmittelbare Übertemperatur der bestrahlten Scheibe von etwa 70 ° erreicht wird; das Drehmoment hängt, abgesehen von Anfang und Ende der Eichkurve, von der erreichten Übertemperatur fast linear ab. Als wichtig im Hinblick auf schnell hintereinander auszuführende Messungen sei noch angeführt, daß eine Erwärmung des Gehäuses um 40 ° einen Meßfehler von 5 % bei etwa 1000 ° verursacht. (S. Held, Rev. Gén. de l'El. Bd. 27, S. 979.) *Atm.*

Heizung. Öfen.

Sicherheitskocher. — Während im allgemeinen die selbsttätige Ausschaltung eines elektrischen Kochers in Abhängigkeit von der Temperatur erfolgt, hat die Firma Deutsche Alsthom G. m. b. H., Berlin, einen anderen Weg eingeschlagen. Sie verhindert das vollständige Verdampfen der Flüssigkeit, u. zw. durch die Schwerpunktsverlagerung, die nach dem Verdampfen einer bestimmten Flüssigkeitsmenge eintritt. Der Topf wird so aufgestellt, daß er um einen kleinen Winkel kippen kann. Wenn die Flüssigkeit nahezu verdampft ist, kippt der Topf aus der Stellung *a* in die Stellung *b* (Abb. 3), wodurch ein eingebauter



a b

Abb. 3. Sicherheitskocher.

Quecksilberschalter betätigt wird, der die Abschaltung besorgt. Zum willkürlichen Ausschalten des Stromes ist es nicht mehr erforderlich, den Stecker zu ziehen; es genügt die Ausführung der Kippbewegung von Hand. *fi*

Fernmeldetechnik.

Der elektrische Nachrichtendienst der Luftfahrt. — Die Betriebsordnung für den internationalen Flugfunkdienst gliedert den Dienst in 3 Hauptgebiete: a) Flugstrecken-Funkdienst für den Verkehr zwischen den Flughäfen, hauptsächlich für Meldungen über Betrieb, Start, Landungen, Platzbelegungen; b) Flugzeug-Funkdienst zwischen festen und Flugzeug-Funkstellen oder zwischen Flugzeugen untereinander, in erster Linie Standortmeldungen, Not-, Dringlichkeits-, Sicherheitsmeldungen und Peilungen; c) Flugwetter-Funkdienst für die regelmäßigen und die Einzelwettermeldungen. Dieser umfangreiche Nachrichtendienst kann mit den Mitteln des Funks allein nicht durchgeführt werden, sondern macht dessen Ergänzung durch ein Drahtnetz erfor-

Digitized by Google

derlich. Hierfür haben die Luftfahrtunternehmungen in Deutschland zum Teil ein besonderes Netz von der Reichspost gemietet, zum Teil erledigen sie den Verkehr über das öffentliche Fernsprech- oder Telegraphennetz. Der Telegraph auf gemieteten Leitungen bietet für die Luftfahrtmeldungen gegenüber dem Fernsprecher gewisse Vorzüge, weil die Drahtmiete billiger ist und weil die Übermittlungen fixiert werden; ferner lassen sich Schlüsselworte schneller und zuverlässiger telegraphisch als durch Fernsprecher übermitteln. Ähnliche Erfahrungen sind auch in anderen Ländern gemacht worden. Gute Aussichten bietet die Übermittlung von Wetterkarten durch Bildtelegraphie.

Der Nachrichtendienst für Luftfahrten auf weiteste Entfernung, d. h. für transozeanische und transkontinentale Luftfahrten, wird auf absehbare Zeit, solange die Ausdehnung und Dichte dieses Verkehrs nicht einen vielfach größeren Umfang erreicht haben, durch die bestehenden Fernmeldeeinrichtungen der regionalen Luftverkehrsnetze und die öffentlichen Fernmeldeanlagen mit versorgt werden können. Der Weltluftverkehr wird noch längere Zeit selbst einer eigenen Funkorganisation für die Navigierung, der hohen Kosten für Großstationen wegen, entraten und sich auch für diese Zwecke auf die bestehenden Funkanlagen des öffentlichen Nachrichtendienstes (u. U. auch der Seeschiffahrt) stützen müssen. Am ersten wird noch eine Erweiterung der Funkanlagen zu erwarten sein. Hier wird wahrscheinlich die Luftfahrt selbst vorgehen und einige Stationen errichten müssen. Zwar hat z. B. das Luftschiff „Graf Zeppelin" bei seiner Überquerung Asiens (1929) in der Hauptsache nur mit den Endpunkten der Strecke (Moskau und Tokio) in funktelegraphischer Verbindung gestanden, für regelmäßige Fahrten, hauptsächlich wenn solche auch von Flugzeugen ausgeführt werden sollen, wird der Einsatz von zwischenliegenden Funkstationen (diese in Verbindung mit Wetterwarten) nicht zu umgehen sein. Bei Ozeanüberquerungen werden, soweit die Sendestärken der Luftfahrzeuge, hauptsächlich der Flugzeuge, für die dauernde Aufrechterhaltung einer Funkverbindung mit den Küstenstationen nicht ausreichen, die Bordfunkstellen der Ozeandampfer planmäßig zur Vermittlung von Funknachrichten heranzuziehen sein. Ein so organisierter Funkdienst kann dann für alle Nachrichtenzwecke des Luftverkehrs nutzbar gemacht werden und wird fürs erste den Bedürfnissen genügen.

Für den privaten Nachrichtenverkehr der Luftfahrgäste bietet der Funkdienst der Luftfahrzeuge bei der starken Beanspruchung für Betriebszwecke vorläufig wenig Raum. Dieser Verkehr wird bis auf weiteres auf die Benutzung der Flughafeneinrichtungen bei den Landungen beschränkt werden müssen. (K ö l s c h , Europ. Fernspr. 1930, II. 18, S. 235.) *Bkm.*

Ausbau des deutschen Rundfunksendernetzes. — Veranlaßt durch den Bau starker Großrundfunksender im benachbarten Ausland hat die Deutsche Reichspost sich nunmehr nach Fertigstellung des ersten deutschen Großrundfunksenders in Mühlacker entschlossen, ihren ursprünglichen Plan der Errichtung von 9 Großsendern durchzuführen und außer den bereits fertiggestellten bzw. in Angriff genommenen Großsendern Mühlacker, Heilsberg (Ostpr.) und Langenberg (Rheinl.) mit möglichster Beschleunigung noch je einen Großrundfunksender im Bereich der

Schlesischen Funkstunde AG., Breslau,
Mitteldeutschen Rundfunk AG., Leipzig,
Funk-Stunde AG., Berlin,
Nordischen Rundfunk AG., Hamburg, und der
Deutschen Stunde in Bayern G. m. b. H., München,

zu errichten. Ferner soll der Bezirksender der Südwestdeutschen Rundfunk AG., Frankfurt a. M., wesentlich verstärkt werden. Die Großsender werden die bisherigen Bezirksender ersetzen und deren Welle übernehmen; ihre Aufstellung wird daher in der Nähe der bisherigen Bezirksender erfolgen.

Nach den Erfahrungen mit dem Großrundfunksender Mühlacker steht fest, daß auch Sender größerer Leistung einen sicheren Rundfunkempfang nur im Bereich der Bodenwelle (unmittelbare Ausbreitung längs der Erdoberfläche) gewährleisten, der sich je nach der benutzten Welle auf etwa 85 ... 130 km erstreckt. Aber auch im Bereich der Bodenwelle kann es namentlich an den Grenzen ihrer Reichweite notwendig sein, wegen der von anderen Großsendern kommenden Raumwellen Empfangsapparate mit erhöhter Trennschärfe zu verwenden, um einen störungsfreien Empfang zu erzielen. Auf größere Entfernungen kommt für den Empfang nur die Raumwelle des Senders (mittelbare Strahlung durch den Raum) in Betracht. Diese ist zwar auf sehr große Entfernungen hörbar, ist aber den bekannten Schwunderscheinungen unterworfen, die einen voll befriedigenden Empfang nicht ermöglichen. Daher ist der jetzige Plan von 9 Großsendern in Deutschland auf den Empfang der gleichbleibenden Bodenwelle aufgebaut. Der Gedanke, die Bodenwelle allein als betriebsicheres Übertragungsmittel anzusehen, ist auch international anerkannt und wird auch vom Weltrundfunkverein vertreten.

Das Bestreben beim Ausbau des deutschen Sendernetzes muß darauf gerichtet sein, als Sendewellen möglichst ausschließlich die Deutschland zugewiesenen zwölf Wellen zu benutzen. Dann stehen außer den Wellen für die 9 Großrundfunksender und einer Welle für den Rundfunksender Gleiwitz, der bestehen bleibt und im Rücktausch mit Leipzig seine frühere Welle wieder erhält, noch 2 Wellen für den Gleichwellenbetrieb zur Verfügung. In Aussicht genommen sind je ein Gleichwellennetz in Norddeutschland und in Bayern, sowie ein Gleichwellennetz in Südwestdeutschland, das mit dem Sender in Frankfurt a. M. auf gleicher Welle betrieben werden soll. Der örtliche Rundfunksender in Königsberg i. Pr., der vorerst bestehen bleibt, wird auf einer internationalen Gleichwelle weiterbetrieben werden.

Mit dieser Reglung wird erreicht, daß verschiedene der z. Z. noch vorhandenen Nebensender, die sich wegen Mangels an Wellen, die Deutschland ausschließlich gehören, künftig nicht mehr weiterbetreiben lassen, aufgehoben werden können. *of*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

Über die Druckabhängigkeit der Durchschlagspannung bei dielektrischen Flüssigkeiten. — Die Druckabhängigkeit des Durchschlages in dielektrischen Flüssigkeiten ändert sich mit dem Gehalt des in der Flüssigkeit gelösten Gases, wie H. E d l e r in einer gemeinsam mit C. A. K n o r r durchgeführten Arbeit zeigen wird[1], u. zw. nimmt die Druckabhängigkeit mit größerem Gasgehalt zu. Diese Tatsache legt es nahe, daß der Durchschlag durch einen Verdampfungs- oder Gasentbindungsprozeß eingeleitet wird. In Verfolgung dieses Gedankens wurde eine Berechnung der Durchschlagspannung durchgeführt. Dazu wurde berücksichtigt, daß sich an den Elektroden wie an der Oberfläche jedes Körpers eine Übergangschicht (z. B. absorbiertes Gas) befindet, von der man sehr geringes Wärme- und elektrisches Leitvermögen annehmen muß. Die infolge des Stromdurchganges in dieser Schicht erzeugte Wärme bewirkt die Verdampfung bzw. Gasentbindung und leitet den Durchschlag ein. Es ergibt sich dann folgende Formel für die Durchschlagspannung:

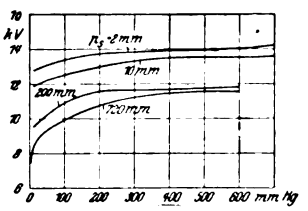


Abb. 4. Abhängigkeit der Durchschlagspannung von Druck bei verschiedenem Sättigungsdruck.

$$U f(U) = \frac{2 \varkappa' [a + \beta (h - a)]}{a^2 \left(A - \frac{1}{2}\right)} \left[\frac{1}{\frac{1}{T_1} + \frac{R}{\lambda} \ln \frac{p_1}{p_2}} - T_0 \right],$$

wo

$$A = \frac{1 + \frac{1}{2} \frac{\varkappa}{\varkappa'} \frac{a}{h - a}}{1 + \frac{\varkappa}{\varkappa'} \frac{a}{h - a}}.$$

Darin bedeuten:

h den halben Elektrodenabstand in cm,
a Dicke der Übergangschicht in cm,
β Verhältnis des spez. Widerstandes der Flüssigkeit zu dem der Übergangschicht,
$\varkappa$ Wärmeleitfähigkeit der Flüssigkeit,
$\varkappa'$ „ „ Übergangschicht,
λ Absorptionswärme,
R Gaskonstante,
p_1 Druck des gelösten Gases bei der absoluten Temperatur T_1,
p_2 Versuchsdruck,
T_0 absolute Temperatur der Umgebung,
U Durchschlagspannung in Volt,
$f(U) = I$ Strom bei der Spannung U.

$I = f(U)$ kann entweder aus einer experimentell ermittelten Kurve entnommen werden oder in bekannter Weise durch die Funktion $I = I_0 e^{c U}$ ersetzt werden.

[1] Forschungsheft 2 d. Studienges. f. Höchstspannungsanl., S. 17 (1930).

Digitized by Google

Der Übersättigungserscheinung wird dadurch Rechnung getragen, daß für p_2 nicht direkt der äußere Druck p, sondern der auf den Krümmungsradius r des „Keimpunktes" reduzierte Druck $p = pe^{-a/r}$ eingesetzt wird. Die nicht bekannten Konstanten wurden aus bereits vorliegenden Versuchsergebnissen berechnet. Es wurden dann mittels der Formel die Druckabhängigkeitskurven für verschiedene Sättigungsdrucke gelöster Luft in Öl berechnet. Aus den erhaltenen Kurven (Abb. 4) sieht man, daß, je kleiner der Sättigungsdruck, d. h. je kleiner die gelöste Gasmenge ist, die Durchschlagspannung im ganzen höher liegt und daß die Druckabhängigkeit immer kleiner wird. In ihrer absoluten Höhe und in der Form stimmen die Kurven sehr gut mit den experimentell gefundenen überein, was die Brauchbarkeit der gemachten Annahmen und der Theorie zeigt. Werden die Gase vollkommen entfernt, so darf man vielleicht annehmen, daß dann die flüssigen, leichtsiedenden Beimengungen und, wenn auch diese entfernt sind, die Flüssigkeit selbst bei dem Stromdurchgang verdampft wird und so den Durchschlag einleitet. Versuche hierüber liegen noch nicht vor, doch zeigt die Rechnung, daß bei durchaus nicht extremen Spannungen Temperaturen auftreten, die einen solchen Vorgang durchaus wahrscheinlich machen. Die Zeit, in der die Verdampfungstemperatur erreicht wird, berechnet sich zu ungefähr 0,3 s. Da bei Gasentbindung und Verdampfung infolge der einem gewissen Zufall unterworfenen Größe der „Keimpunkte" eine Art Siedeverzug auftritt, hat man die Möglichkeit, hieraus die Streuungen der Durchschlagwerte in Flüssigkeiten zu erklären. (H. Edler, Arch. El. Bd. 24, H. 1. S. 37.)

Werkstatt und Baustoffe.

Deutsche Gesellschaft für Metallkunde. — In der am 8. ... 10. XI. d. J. abgehaltenen 13. Hauptversammlung in Berlin waren die Hauptvorträge der praktischen Verarbeitung und Verwendung der Metalle gewidmet. Die neuere Entwicklung der Walzwerke für Nichteisenmetalle behandelten L. Weiß, Frankfurt a. M. und W. Rohn, Hanau a. M. Das Streben geht dahin, die Leistung der Walzwerke zu steigern. Etwa 15 der Vorträge waren kurze Mitteilungen aus wissenschaftlichen Erkenntnissen der metallurgischen Forschung oder aus praktischen Beobachtungen und Erfahrungen. In dem Bericht von W. Guertler und B. Blumenthal, Berlin, „Verfahren zur Nachprüfung der Lokalelementtheorie der Korrosion" wurde gezeigt, wie wichtig es ist, die Auflösung der Metalle in Säuren unter Ausschaltung der variablen Widerstandskapazität zu untersuchen. Es wurde hierzu eine besondere Einrichtung entwickelt. Versuche über die Auflösungsgeschwindigkeit von Zink in Salzsäure zeigten, daß die Änderung des Kathodenpotentials wesentlich den Fortgang der Auflösung und das Wachsen der Auflösungsgeschwindigkeit bestimmt. Hiergegen scheint die Änderung der Widerstandskapazität von geringerer Bedeutung zu sein.

„Zur Entzinkung des Messings" gab G. Masing, Berlin, Erklärungen zu der auffälligen Erscheinung, daß wenige Hundertstel (²/₁₀₀) Prozent Arsen die Entzinkung des Messings völlig zu verhindern vermögen und somit das Arsen die elektrolytische Ausscheidung des Kupfers auf dem Messing unterbindet. Diese Wirkung des Arsen hängt mit seiner geringeren kathodischen Überspannung zusammen, so daß sich an ihm der Wasserstoff leichter als am Kupfer oder Messing entwickelt. Das Arsen begünstigt so weitgehend die Wasserstoffentwicklung an der Kathode, daß es nicht zur Kupferausscheidung kommen kann. Der Wasserstoff wird von dem in der angreifenden Flüssigkeit vorhandenen Sauerstoff zu Wasser oxydiert.

Für den Konstrukteur des Leichtbaus waren die Ausführungen von W. Schmidt, Bitterfeld, über die Bedeutung des Kristallaufbaus für die Beurteilung der Elastizitätsgrenze und Dauerfestigkeit des Elektronmetalls von Wichtigkeit, die darin gipfelten, daß Konstruktionsunterlagen geschaffen werden müßten, die den Eigenschaften des Elektronmetalls Rechnung tragen. Bestehende Konstruktionen für Aluminium sind daraufhin durchzuprüfen. Ankerbungen sind zu vermeiden. Rippen sind wulstartig zu machen. Eine Herabsetzung der Randspannungen ist notwendig. A. Schulze, Berlin, berichtete über seine Untersuchungen zu „Umwandlungserscheinungen an den sogenannten Halbleitern", die durch einen negativen Temperaturkoeffizienten des elektrischen Widerstandes gekennzeichnet sind. Untersucht wurden bisher Silizium, Titan, Zirkon. Im Gegensatz zu bisherigen Arbeiten anderer Forscher konnten Unstetigkeiten im Verlauf der Widerstands-Temperaturkurven nicht festgestellt werden. Handelsübliches Titan, das sehr stark verunreinigt ist, zeigte einen sehr eigenartigen Verlauf der Kurve, der durch Unterkühlungserscheinungen zu erklären ist.

Recht lehrreich waren eine Filmvorführung mit Angaben von O. Bauer, Berlin, über „Werkstoffzerstörungen durch Käfer". Das Arbeiten der etwa 8 mm langen Speckkäfer beim Durchbohren eines 5 mm dicken Bleirohres und eines Zinnrohres wurden vorgeführt. Der Käfer zwickt das Blei ein und reißt es ab. Es entstehen Löcher von etwa 3 mm Dmr., die bei Zinn siebenmal soviel Zeit wie bei Blei erfordern. Die Praxis wird demgemäß gut tun, wo angängig, härteres Metall oder Legierungen wie Hartblei, Zink, Aluminium zu verwenden.

Zu eingehenden Untersuchungen an drei typischen vergütbaren Aluminiumlegierungen über „Die Beeinflussung der Vergütung durch Recken nach dem Abschrecken" berichtete W. Fraenkel, Frankfurt a. M. Es fand sich erneut bestätigt, daß die Vergütung durch Reckbeanspruchung nach dem Abschrecken gehemmt und gegebenenfalls sogar völlig aufgehoben wird. Ein Nachrecken nach vollendeter Vergütung führt zu höheren Festigkeitswerten, als wenn die Reckung nach dem Abschrecken und vor der Alterung ausgeführt wird. Die bekannte Erhöhung des elektrischen Widerstandes mit fortschreitender Vergütung bei Legierungen vom Duraluminтyp ist bei vorgerecktem Werkstoff geringer. Im besonderen behandelte E. Scheil, Dortmund, „Den Einfluß einer Kaltverarbeitung auf die Leitfähigkeitsänderung bei der Vergütung von Berylliumbronze. Versuche, die Leitfähigkeit, die beim Vergütungsvorgang verringert wird, durch Recken zu verbessern, führten nicht zum Ziel. Das Gegenteil war der Fall. J. Hengstenberg, Ludwigshafen a. Rh., und G. Wassermann, Berlin, haben röntgenographische Untersuchungen der Kaltvergütung des Duralumins angestellt. An Duraluminдraht (681 B) wurden während der Kaltvergütung Linienintensitätsmessungen eines Röntgendiagramms ausgeführt und festgestellt, daß eine Zunahme der Linienintensität und eine Abnahme der diffusen Streustrahlung erfolgt. Demnach dürfte während der Vergütung in sehr kleinen Bereichen des Aluminiumgitters eine Anreicherung von Kupferatomen stattfinden, ohne daß jedoch eine Ausscheidung erfolgt. *Pge.*

Verschiedenes.

Elektrotechnische Neuerungen. — Die auf der Leipziger Frühjahrsmesse 1931 im Hause der Elektrotechnik stattfindende Ausstellung wird wieder eine Fülle von Neuerungen der elektrotechnischen Industrie aufweisen. Wer über seine Neuerungen noch nichts veröffentlicht hat, tut gut, einen kleinen Originalbericht mit Abbildungen für das Frühjahrsmessеheft der ETZ an die Schriftleitung der ETZ, Berlin W 9, Linkstraße 23/24 IV, zu senden. Nach dem 1. Februar 1931 können Einsendungen nicht mehr berücksichtigt werden.

Energiewirtschaft.

Aus der deutschen Elektrizitätswirtschaft[1]. — Der Verwaltungsausschuß der Westfälischen Elektrizitätswirtschaft G. m. b. H.[2], die sämtliche Aktien der Vereinigten Elektrizitätswerke Westfalen AG. besitzt, und der Aufsichtsrat letzterer haben eine Betriebsgemeinschaft mit dem RWE genehmigt, die mit dem 1. I. 1931 beginnen soll, aber noch der Zustimmung der Organe des RWE bedarf. Diese Betriebsgemeinschaft sichert den VEW eine vom RWE garantierte Dividende, die in einem vertraglich festgelegten Verhältnis zur jeweiligen RWE-Dividende (zunächst 35 : 60, nach fünf Jahren 40 : 60) steht. Daneben ist ein späterer Austausch der nom. 60 Mill RM neue VEW-Stammaktien gegen nom. 40 Mill RM RWE-Inhaberaktien in Aussicht genommen. Einen Plan des Versorgungsgebiets der VEW findet der Leser in der ETZ 1929, S. 608.

Die AG. Sächsische Werke, Dresden, hat Mitte November eine etwa 115 km lange, von der Sachsenwerk, Licht- und Kraft-AG. und den SSW hergestellte 100 kV-Doppelleitung (6 Kupferseile von je 120 m² und 2 Erdseile von je 70 mm² auf Portalmasten) vom Großkraftwerk Hirschfelde nach dem Pumpspeicherwerk Niederwartha in Betrieb genommen. Damit ist zugleich die nördliche Verbindung zwischen Hirschfelde und der Zentrale Böhlen geschlossen und insofern ein wichtiger Abschnitt in der Landesversorgung erreicht worden, als nunmehr auch Ost-

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 1728.
[2] Vgl. ETZ 1930, S. 1155.

Digitized by Google

und Mittelsachsen eine zweite Stromzuführung von Hirschfelde her erhalten haben.

Die vom Märkischen Elektricitätswerk AG. zur Sicherstellung der Stromversorgung der Mark errichtete weitere 100 kV-Doppelleitung vom Großkraftwerk Finkenheerd nach dem Hauptschaltwerk Fürstenwalde a. d. Spree ist dem Betrieb übergeben worden.

Die Dt. Allg. Zg. teilt mit, daß der Ruhrverband in Essen südlich der Stadt die Anlage eines weiteren Stausees plane und an diesem ein Elektrizitätswerk für etwa 30 Mill kWh Jahreserzeugung zu errichten beabsichtige.

Der Landkreis Hanau hat nach der Frankf. Zg. seine Elektrizitätsversorgung der Elektrizitäts-AG. Mitteldeutschland, Kassel, übertragen.

In Ergänzung einer früheren Notiz (ETZ 1930, S. 1600) teilen wir mit, daß nunmehr das Elektrizitätswerk und das Gaswerk Gräfenhainichen in das Eigentum der Landelektrizität G. m. b. H., Halle, übergegangen sind, die beide weiter betreibt.

Nach der nunmehr erfolgten Inbetriebnahme des vom Bayernwerk bei Schwandorf errichteten Dampfkraftwerks „Else" haben die Oberpfalzwerke AG. für Elektrizitätsversorgung, Regensburg, mit dem Bayernwerk vereinbart, daß sie ihr Kraftwerk nebst Grube in Ponholz bis spätestens zum 1. IV. 1931 stillegen und den erforderlichen Strom von Schwandorf beziehen.

In der GV. des Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerks (28. XI.) wurde nach der Frankf. Zg. von der Verwaltung mitgeteilt, daß in einzelnen Industrien, besonders in der Textilindustrie, der Stromkonsum beträchtlich abflaue. Was die Kleinabnehmerpreise betreffe, so sei diese Frage durch eine Vereinbarung mit den Kommunen auf der Grundlage eines Schiedsspruchs des Reichswirtschaftsministeriums geregelt, der die jeweiligen Kohlenpreise zur Basis habe. Danach lägen die Strompreise des RWE auch heute noch unter dem damit zugebilligten Preisrahmen, doch wolle man den Verbrauchern gern durch eine weitere Vergünstigung im Haushaltstarif[1] entgegenkommen. Diese besteht darin, daß der Kleinabnehmer, wenn er sich verpflichtet, seinen Haushalt voll elektrisch zu betreiben und dabei mindestens 150 kWh Haushaltungsstrom monatlich zu beziehen, auch das Licht zu 8 bzw. 9 Pf/kWh erhält. Mit Inhabern von Kleinwohnungen bis zu drei Zimmern und bei Abnehmern mit einem bisherigen jährlichen Lichtkonsum in Großwohnungen von über 500 kWh behält sich das RWE Sondervereinbarungen über die Ermäßigung (Kleinwohnungen) bzw. Erhöhung (Abnehmer über 500 kWh) der monatlichen Mindestentnahme vor (bei Neubauten wird der Verbrauch nach Erfahrungszahlen vom RWE festgelegt). Außerdem behält sich die Gesellschaft vor, zur Kontrolle des Stromverbrauchs in der Küche Unterzähler gegen eine Gebühr von 50 Pf/Monat anzubringen. Sollte ein kleiner Haushalt den Monatskonsum von 150 kWh nicht erreichen, weil er nur eine ganz geringe Personenzahl hat, Badeeinrichxung usw. fehlt, so wird das RWE in sozialer Weise die zu gewährleistende Mindestentnahme möglichst den Verhältnissen des Abnehmers anpassen und sich nicht streng an den Wert von 150 kWh halten, wenn der Abnehmer in der Kleinwohnung seinen Haushalt voll elektrisch einrichtet.

Von Beginn des kommenden Rechnungsjahres ab wird die im wesentlichen auf Wasserkraft basierende Badische Landeselektrizitätsversorgung AG. (Badenwerk), Karlsruhe, die zweite Staffel ihres Kleinabnehmertarifs um 5 Pf und den Kraftstrompreis für die Landwirtschaft und das Kleingewerbe von 25 auf 22 bzw. 20 Pf/kWh verringern sowie außerdem einer Reihe von verhältnismäßig viel Strom für ihre Straßenbeleuchtung benötigenden Gemeinden eine Erleichterung gewähren.

Um bei der gegenwärtig ungünstigen Lage der Wirtschaft für die Stromabnehmer eine finanzielle Erleichterung zu schaffen, wird die Preußische Elektrizitäts-AG. bei den ihr nahestehenden Verteilungsgesellschaften ihres Versorgungsgebiets für einen neuen Tarif eintreten, der den mittleren Strompreis weiterhin herabsetzt. Bei Anwendung des geplanten Haushalttarifs, der z. B. für Koch- und Heizstrom 10 Pf/kWh vorsieht, wird sich für die Abnehmer im Mittel eine Senkung um 5 bis 10 % und unter Umständen darüber hinaus ergeben. Anschließend daran sollen die Stromtarife für landwirtschaftliche Betriebe, das Kleingewerbe und sonstige mittelständische Erwerbsgruppen neu geregelt werden.

Nach eingehender Beratung hat der Aufsichtsrat der Berliner Städtischen Elektrizitätswerke AG. beschlossen, wie wir einer Mitteilung der Dt. Allg. Zg. entnehmen, einen Kleingewerbekrafttarif einzuführen, der für Niederspannungsabnehmer von Kraft eine erhebliche Ermäßigung des Arbeitspreises durch Staffelung von 18 bis 12 Pf/kWh je nach den Abnahmeverhältnissen ergibt. Ferner wurde der bestehende Nachtstromspeichertarif umgestaltet. Beide Tarife sollen auf Antrag der Abnehmer erstmalig auf den nach der Januarablesung festgestellten Stromkonsum Anwendung finden.

Vom Aufsichtsrat der Hamburgischen Electricitäts-Werke AG. ist nach dem Berl. Börs.-Cour. beschlossen worden, den Lichtstrompreis (Tarif A) von 1931 an um 6,5 % zu ermäßigen, d. h. von 45 auf 42 Pf/kWh.

Die Landkraftwerke Leipzig AG., Kulkwitz, konnten in den letzten Monaten von 1929/30 die Vorjahresergebnisse zwar nicht mehr, im Jahresdurchschnitt aber immerhin noch eine Zunahme des Stromabsatzes um rd. 6 % erreichen. Dieser ist bei einem um rd. 8 % höheren Gesamtanschlußwert von 205 745 kW (192 628 i. V.) auf 88,529 Mill kWh gestiegen (83,820 i. V.), wovon 90 % auf Großabnehmer entfielen. Das Versorgungsgebiet hat sich um einige bei Eilenburg liegende Gemeinden vergrößert; mehrere Umspann- und Gleichstromwerke wurden umgebaut bzw. verstärkt und eine 10 kV-Reserveleitung vom Umspannwerk Eilenburg nach dem Osten dieser Stadt errichtet. Einnahmen aus Stromlieferung usw.: 6 571 477 RM (6 589 165 i. V.), Zinsen: 432 520 RM (356 440 i. V.), Reingewinn: 1 109 518 RM (1 043 485 i. V.), Dividende: 6,5 % auf 16 Mill RM Aktienkapital (6 % i. V.).

Die Stromabgabe der Überlandzentrale Mansfelder Seekreis AG. betrug 1929/30 rd. 6,8 Mill kWh (rd. 6,2 i. V.) und verteilte sich zu rd. 12 % auf Licht, 18 % auf Kleinkraft und 70 % auf Großabnehmer. Die Installationsabteilung war wenig beschäftigt. Seit dem 1. XII. 1929 führt die Elektrizitätswerk Sachsen-Anhalt AG. (Esag), Halle a. d. S., den Betrieb des Unternehmens. Einnahmen: 1 304 036 RM (641 315 i. V.); der 1106 RM ausmachende Reingewinn wurde vorgetragen (i. V. Unterbilanz von 960 275 RM, die man durch die Sanierung beseitigt hat).

Nach dem Bericht der Elektrizitäts- und Bahn-Anlagen AG., Dresden, haben 1929/30 alle Unternehmungen, an denen die Gesellschaft beteiligt ist, durchweg die gleiche Dividende wie im Vorjahr verteilt. Geschäftserträgnisse: 1 101 427 RM (978 912 i. V.), Reingewinn: 732 213 RM (802 332 i. V.), Dividende: wieder 8 % auf 9 Mill RM Aktienkapital. Nach einem vom Aufsichtsrat genehmigten Verschmelzungsvertrag mit der Elektra AG., Dresden, soll letztere das Vermögen der Berichterstatterin als Ganzes unter Ausschluß der Liquidation übernehmen.

Die Amperwerke Elektricitäts-AG., München, verzeichnen für 1929/30 als Stromerzeugung und -bezug insgesamt 49,457 Mill kWh (50 324 i. V.), u. zw. entfielen auf die Produktion in eigenen Wasserkraftwerken 33,017 (31,156 i. V.) und auf den Fremdbezug 16,440 Mill kWh (19,168 i. V.). Die Zahl der versorgten Ortschaften ist auf 1261 (1237 i. V.), die Länge des Hochspannungsnetzes auf rd. 1856 km gestiegen. Der Anschlußwert betrug am Ende des Geschäftsjahres 113 490 kW (109 745 i. V.), Betriebsgewinn: 3 728 080 RM (3 465 198 i. V.), Reingewinn: 1 131 650 RM (1 124 359 i. V.), Dividende: wieder 7 % auf 14 Mill RM Stammaktienkapital.

Wie aus dem Geschäftsbericht der Neuen Amperkraftwerke AG., München, hervorgeht, stellte sich der von der Amperwerke Elektricitäts-AG., München, vertraglich zu entrichtende Pachtbetrag 1929/30 auf 536 782 RM (514 523 i. V.). Reingewinn: 281 238 RM (wie i. V.), Dividende: wieder 7 % auf 3,6 Mill RM Stammaktienkapital.

Vor 25 Jahren, d. h. am 18. XI. 1905, haben sich die Neckarwerke Altbach-Deizisau, Heinrich Mayer und die Gesellschaft für elektrische Unternehmungen, damals Hauptaktionärin der Stuttgarter Straßenbahnen AG. zur Gründung der Neckarwerke AG. vereinigt. Das Versorgungsgebiet dieses Unternehmens ist inzwischen von den 37 bei seiner Errichtung angeschlossenen Ortschaften mit 2,5 Mill kWh Jahresbedarf auf rd. 300 Gemeinden mit 140 Mill kWh angewachsen.

[1] Vg. ETZ 1929, S. 1063; 1930, S. 24.

RECHTSPFLEGE.

Steuerliches bei Übertragung des Vermögens eines Elektrizitätswerkes im ganzen. — Ein Elektrizitätsunternehmen übertrug im Dezember 1926 durch Vertrag sein Vermögen als Ganzes auf die T.-Werke AG., löste sich alsbald durch Beschluß der Generalversammlung auf und trat in Liquidation. Der Vertrag über die Veräußerung des Vermögens enthielt die hier bemerkenswerte Bestimmung, daß die Veräußerung rückwirkend vom 1. I. 1925

Digitized by Google

an gelten solle. Die Steuerbehörden maßen dieser privatrechtlichen Vereinbarung steuerlich keine Bedeutung zu und veranlagten das Elektrizitätsunternehmen mit dem Gewinn, den es vom Beginn des Geschäftsjahres bis zum Übergang seines Vermögens auf die T.-Werke erzielt hatte, vorläufig zur Körperschaftsteuer, obgleich das Elektrizitätsunternehmen durch die Übertragung selbst einen Verlust erlitten hatte. Gegen diese steuerliche Behandlung des Übertragungsaktes wandte sich das Elektrizitätsunternehmen mit einer Beschwerde an den RFH., der dieser mit seinem Urteil vom 11. XII. 1929 — IA 111/29 — im wesentlichen stattgab.

Die vom Elektrizitätsunternehmen vertretene Auffassung, daß für die Zeit vom 1. I. 1925 bis zum Übergang des Vemögens schon deshalb keine Steuer zu erheben sei, weil der Veräußerungsvertrag rückwirkende Kraft haben solle und die T.-Werke als Versorgungsbetrieb mit dem Einkommen aus dem auf sie übergegangenen Vermögen, da es der Versorgung der Bevölkerung mit elektrischem Strom diene, nicht steuerpflichtig seien, lehnte allerdings auch der RFH. ab. Er hat bereits wiederholt ausgesprochen, daß beim Abschluß eines Vertrages über die Veräußerung des Vermögens getroffenen privatrechtlichen Vereinbarungen, die Veräußerung solle rückwirkend gelten, steuerlich keine Bedeutung zukomme.

Für die steuerliche Behandlung des Falles maßgebend ist § 18 KörpStG. Nach Abs. II gilt in den Fällen, in denen das Vermögen einer Erwerbsgesellschaft auf einen anderen übergeht, als Gewinn des letzten Steuerabschnitts der Betrag, um den der Wert der für die Übertragung des Vermögens gewährten Gegenleistung den Wert des Vermögens übersteigt, der am Schluß des vorangegangenen Steuerabschnittes der Veranlagung zur Körperschaftssteuer zugrunde gelegen hat. Nach Abs. III findet diese Besteuerung des sog. Fusionsgewinnes aber nicht statt, wenn, wie das hier geschah, das Vermögen einer Erwerbsgesellschaft als Ganzes mit oder ohne Liquidation auf eine andere inländische Erwerbsgesellschaft übertragen wird. Die Steuerbehörden waren im vorliegenden Fall, trotzdem die Fusion selbst einen Verlust brachte, gleichwohl zu einer Besteuerung gekommen, weil in den Fällen des § 18 Abs. III ein selbständig zu betrachtender Steuerabschnitt von der letzten Veranlagung, hier also vom 1. I. 1925 an, bis zur Auflösung des Unternehmens laufe. Das Betriebsergebnis dieses Steuerabschnitts werde durch den Übergang des Vermögens noch nicht berührt. Die wirtschaftliche Auswirkung des Überganges selbst solle und könne bei der Gewinnermittlung dieses Steuerabschnitts nicht berücksichtigt werden. Diese Rechtsauffassung teilte der RFH. nicht. Das Gesetz sagt nicht ausdrücklich, welche Grundsätze im Fall des § 18 Abs. III KörpStG. anzuwenden sind. Wenn man aber berücksichtigt, daß Sinn und Zweck des Abs. III ist, im Interesse der Gesamtwirtschaft zu verhüten, daß nützliche Fusionen infolge steuerlicher Belastungen unterbleiben, so legt das die Auffassung nahe, daß zum Nutzen der Gesellschaften nicht nur die Besteuerung der Veräußerungsgewinne unterbleiben soll, sondern daß die bei der Veräußerung des Vermögens im ganzen etwa entstehenden Verluste steuerlich in irgendeiner Form berücksichtigt werden müssen. Dem wird entsprochen, wenn man einen solchen Verlust bei der Ermittlung des im Gewerbebetriebe des letzten Steuerabschnitts erzielten Gewinnes in Rechnung stellt. Dieser „letzte" Steuerabschnitt wird im übrigen durch die Auflösung der Gesellschaft beschlossen, da mit ihr Zweck und Betrieb des Unternehmens enden.

Es ist also folgendermaßen zu verfahren: Durch Aufstellung von besonderen Bilanzen auf den Tag der Auflösung ist zu ermitteln, wie sich das Endvermögen des bis zur Auflösung laufenden Steuerabschnittes einmal mit und sodann ohne Berücksichtigung des Vermögensüberganges berechnet. Stellt sich das Endvermögen bei Berücksichtigung des Veräußerungsergebnisses niedriger als ohne dessen Berücksichtigung, so ist es der Besteuerung zugrunde zu legen. Ist es höher, dann ist nach § 18 Abs. III KörpStG. der Gewinn, der über den bei Außerachtlassung der Veräußerung sich ergebenden Gewinn hinausgeht, auszuscheiden.

Zur Frage der Körperschaftsteuerpflicht der Elektrizitätsgenossenschaften. — Eine eingetragene, einem Revisionsverband angehörende Genossenschaft betreibt die Vermittlung der Versorgung ihrer Mitglieder mit elektrischem Strom durch geeignete Maßnahmen. Mitglieder können werden natürliche Personen, Gesellschaften und Gemeinden. Der Genossenschaft gehören elektrische Anlagen, Kraftwerk, Transformatoren, Grundstücke und Leitungsnetz. Die gesamten Anlagen übertrug sie an eine Elektrizitäts-G. m. b. H. zur Erzeugung und Abgabe elektrischen Stromes. Die G. m. b. H. hat dafür mit den übernommenen Anlagen die Mitglieder der Genossenschaft mit Strom zu versorgen. An dem Gewinn der G. m. b. H. ist die Genossenschaft beteiligt. Außerdem hat sie Anspruch auf Verzinsung ihrer bei der G. m. b. H. gezeichneten Geschäftsanteile und gewisser Rücklagebeträge. Mit den übernommenen Anlagen versorgt die G. m. b. H. aber auch natürliche und juristische Personen, die nicht Mitglieder der Genossenschaft sind. Diese Nichtmitglieder, an Zahl rund das Fünffache der Mitglieder betragend, erhalten den Strom von der G. m. b. H. zu günstigeren Bedingungen geliefert als die übrigen Bezieher.

Die Steuerbehörden veranlagten die Elektrizitätsgenossenschaft auf Grund ihrer Bilanz mit dem ausgewiesenen Gewinn nach einem Steuersatz von 20 % vorläufig zur Körperschaftsteuer. Die Genossenschaft beantragte, den Gewinn nach § 21 Nr. 3a i. Verb. mit § 4 Abs. 2 KörpStG. nur mit 10 % zu versteuern, da sie ihren Geschäftsbetrieb auf den Kreis der Mitglieder beschränke und einem Revisionsverbande angehöre. Die Steuerbehörden lehnten den Antrag ab, da die Elektrizitätsgenossenschaft ihren Geschäftsbetrieb über den Mitgliederkreis ausdehne. Sie habe nämlich ihre Anlagen an die G. m. b. H. verpachtet, und diese beliefere vertragsgemäß mit den Anlagen auch Nichtmitglieder mit elektrischem Strom. Die Rechtsbeschwerde der Genossenschaft hatte keinen Erfolg. (Urteil des RFH. vom 20. III. 1930 — IA 26/29.)

Dem Genossenschaftswesen liegt der Gedanke zugrunde, daß die Mitglieder der Genossenschaft zugleich Unternehmer und Kunden sind. Als Mitunternehmer bringen sie die wirtschaftlichen Vorteile hervor, die sie als Kunden genießen. Auf diese Doppeleigenschaft der Genossen als Mitunternehmer und Kunden ist es zuletzt zurückzuführen, daß in den durch die Genossenschaft vermittelten Vorteilen keine Gewinne im kapitalistischen Sinne, sondern Ersparnisse erblickt werden können. Voraussetzung ist dabei, daß die Genossenschaft solche Geschäfte, die den Gegenstand des Unternehmens bilden, lediglich mit Mitgliedern abschließt, nicht also durch derartige Geschäfte Gewinne erzielt, die sie in irgendeiner Form ihren Genossen zugute kommen läßt. Einen solchen gemeinschaftlichen Geschäftsbetrieb übt jedoch die beschwerdeführende Elektrizitätsgenossenschaft nicht aus. Sie hat sich damit begnügt, den Vertrag mit der G. m. b. H. abzuschließen, nach dem diese die Mitglieder der Genossenschaft mit elektrischem Strom beliefert. Man könnte nun auch die Auffassung vertreten, daß die Elektrizitätsgenossenschaft ihre genossenschaftliche Tätigkeit durch die G. m. b. H. ausüben ließe, daß also die G. m. b. H., etwa wie ein Mittelsmann, für die Genossenschaft deren genossenschaftliche Tätigkeit entfalten solle. Das wäre an sich angängig, aber die G. m. b. H. müßte sich dann in der Form und in dem Umfange betätigen, daß die Voraussetzungen für einen genossenschaftlichen Geschäftsbetrieb erfüllt wären. Das ist aber nicht der Fall. Die beschwerdeführende Elektrizitätsgenossenschaft war daher als Erwerbsgesellschaft zu behandeln und konnte Steuervergünstigungen nicht beanspruchen.

Dr. jur. C. v. dem Busch.

Strom-, Gas- und Wasserversorgung im Vergleichsverfahren zur Abwendung des Konkurses. — Bei den zahlreichen Vergleichsverfahren zur Abwendung des Konkurses, die diese Krisenzeit bringt, taucht immer wieder die Frage auf, ob die Elektrizitäts-, Gas- und Wasserwerke am Vergleichsverfahren beteiligt sind oder nicht; je nachdem beurteilt sich die Frage, wie die rückständigen Strom-, Gas- und Wassergelder zu bezahlen sind, denn die am Verfahren nicht Beteiligten haben Anspruch auf volle Begleichung ihrer Forderungen. Es handelt sich dabei um die Frage, ob Verträge dieser Art als einheitliche, noch nicht voll erfüllte Verträge im Sinne des § 4 der Vergleichsordnung anzusehen sind, worüber die Juristen sich bisher noch nicht einig waren. Daraus ist viel Unsicherheit und unnötiges Hin- und Herschreiben entstanden. Es ist daher zu begrüßen, daß das Oberlandesgericht Köln (24. VI. 1930 — 2 U 363/29 —) dieser unerfreulichen Ungewißheit ein Ende gemacht hat durch die eindeutige Entscheidung, daß die Werke für ihre eigentlichen Leistungen in der Elektrizitäts-, Gas- und Wasserversorgung vom Vergleichsverfahren nicht betroffen werden, wohl aber für Nebenleistungen wie Installationen, Lieferung von Geräten und ähnliches. VdEW.

Digitized by Google

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Voranzeige.

Veranstaltung eines Gesellschaftsabends am Freitag, dem 9. Januar 1931.

Der Elektrotechnische Verein veranstaltet am Freitag, dem 9. Januar 1931, im Marmorsaal (mit Bankettsaal, Wintergarten und roter Veranda) des Zoologischen Gartens einen Gesellschaftsabend, zu dem die Mitglieder des Elektrotechnischen Vereins mit ihren Angehörigen und eingeführten Gästen bereits jetzt freundlichst eingeladen werden. Genauere Mitteilung folgt in der nächsten Nummer der ETZ.

Bericht

über die

ordentliche Sitzung am 25. November 1930 im Langenbeck-Virchow-Haus.

Vorsitzender: Herr Staatssekretär Dr.-Ing. E. h. Feyerabend.

Vorsitzender: Meine sehr geehrten Damen und Herren! Ich eröffne die Sitzung und heiße Sie alle willkommen. Gegen den Bericht über die ordentliche Sitzung am 28. Oktober sind Einwendungen nicht erhoben worden. Der Bericht gilt somit als festgestellt. Seit dieser Sitzung sind 29 Neuanmeldungen eingegangen; eine Liste liegt hier aus.

Die in der Tagesordnung der gemeinschaftlichen Sitzung des Elektrotechnischen Vereins und der Heinrich-Hertz-Gesellschaft am 21. Oktober enthaltenen Vorträge des Dr.-Ing. Runge über „Untersuchungen an amplituden- und frequenzmodulierten Sendern" sowie des Dr.-Ing. Gothe über „Neuere Messungen an Kurzwellen-Richtantennen", die wegen Mangels an Zeit nicht gehalten werden konnten, werden in einer gemeinsamen Sitzung der beiden Vereine am 2. Dezember gebracht werden. Ferner werden sprechen in der ordentlichen Sitzung des Elektrotechnischen Vereins am 16. Dezember Herr Reichsbahnrat Draeger über „Energieversorgung der Berliner Stadtschnellbahn" und in der Fachsitzung für den Bau und Betrieb von Elektrizitätswerken am 9 Dezember Herr Dr.-Ing. Levi über „Eigenbedarfsanlagen im Kraftwerk West".

Der Elektrotechnische Verein hat aus den Überschüssen des „Festes der Technik", zu deren Veranstaltern auch unser Verein gehört, über eine mäßige Unterstützungssumme zu verfügen. Ich erlaube mir auf diesen Fonds hinzuweisen und stelle unseren Mitgliedern, die in wirtschaftliche Bedrängnis geraten sind, insbesondere wenn sie stellungslos sind und eine Familie zu unterhalten haben, anheim, begründete Unterstützungsgesuche an die Geschäftstelle des Vereins zu richten.

Im weiteren mache ich darauf aufmerksam, daß zahlreiche Mitglieder ihren Jahresbeitrag für 1931 noch nicht bezahlt haben. Damit diesen Mitgliedern die ETZ vom 1. Januar 1931 ab pünktlich weitergeliefert werden kann, bittet die Geschäftstelle um baldige Bezahlung des Mitgliedsbeitrags. In Berücksichtigung der allgemeinen Notlage ist der Vorstand damit einverstanden, daß wirtschaftlich schwache Mitglieder den Jahresbeitrag in zwei Halbjahrsraten entrichten.

Wir kommen nun zum zweiten Punkt der Tagesordnung, zu dem Filmvortrag des Herrn Obering. Wallich über das Thema: „Herstellung von Kappenisolatoren und ihr Schutz gegen Lichtbogen großer Leistung". Ich bitte Herrn Wallich, das Wort zu nehmen."

Der Vortragende gibt einleitend an Hand von Lichtbildern einen Überblick über die vom Verband Deutscher Elektrotechniker genormten Stützen- und Kettenisolatoren für Hochspannungs-Freileitungen und geht dann kurz auf die Hauptvorzüge der letztgenannten Bauart ein. Unterstützt durch ausgewählte Abschnitte aus einem ausführlichen Werkfilm wird hierauf der gesamte Herstellungsgang der Kappenisolatoren als der am weitesten verbreiteten Bauart von Kettenisolatoren gezeigt, wobei auch die Stückprüfung dieser Isolatoren nach den neuen VDE-Vorschriften[1] dargestellt wird. Hieran schließt sich eine zusammenfassende Darstellung des Aufgabenkreises der keramischen, elektrischen und mechanisch-technischen Versuchsfelder, die die führenden Isolatorenfabriken mit der Zunahme der Übertragungspannungen einrichten und den wachsenden Anforderungen entsprechend in einem Umfange ausbauen mußten, von dem man sich außerhalb der engeren Fachkreise kaum einen richtigen Begriff macht. Auch diese Ausführungen werden durch Filmvorführungen kennzeichnender Versuche erläutert. Den Abschluß des Vortrages bildet die Vorführung eines Zeitlupenfilms von 1500 Aufnahmen in 1 s[2] der im Höchstspannungsversuchsfeld der Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren G. m. b. H. aufgenommen worden ist. Die vorgeführten Aufnahmen zeigen Vergleichsversuche an Bahn-(Knüppel-)Isolatoren, Kappenisolatoren und Isolatorenketten, die ohne und mit den bei Vorversuchen als besonders wirksam erkannten Schutzarmaturen durch Lichtbogen hoher Leistung beansprucht werden. Bei der außerordentlich hohen Zeitdehnung (auf das rd. 75fache) gewähren diese Aufnahmen einen vorzüglichen Einblick in den Verlauf der Lichtbogenüberschläge und seine Beeinflussung durch die Abwehrwirkung der Schutzarmaturen.

Vorsitzender: „Wird zu den Ausführungen des Herrn Vortragenden das Wort verlangt? — Das ist nicht der Fall. Dann habe ich die angenehme Pflicht, Herrn Obering. Wallich für seine umfassenden, formvollendeten Ausführungen unsern herzlichsten Dank auszusprechen. Ich glaube in Ihrer aller Sinne zu handeln, wenn ich diesen Dank auch auf die Hermsdorf-Schomburg-Isolatorenfabrik ausdehne, die es dem Elektrotechnischen Verein ermöglicht hat, die hochinteressanten Vorführungen hier kennenzulernen. Wir sind der Firma unsere Bewunderung dafür schuldig, wie sie es unter Ausnutzung der neuesten Mittel der photographischen und der optischen Technik fertiggebracht hat, selbst in die allerschnellsten Vorgänge des Betriebs Einblick zu verschaffen und — was das wichtigste ist — daraus die Folgerungen für die Vervollkommnung der Einrichtungen zu ziehen.

(Lebhafte Zustimmung.)

Ich schließe die Sitzung."

Neuanmeldungen zum Elektrotechnischen Verein e. V.

Bernau, Paul, Zögling der Gauß-Schule, Bln.-Neukölln.
Birka Regulator G. m. b. H., Bln.-Wannsee.
Buder, Kurt, Zögling der Gauß-Schule, Bln.-Siemensstadt.
Eyermann, Karl, Elektroing., Ludwigshafen a. Rh.
Fricke, Robert, Zögling der Gauß-Schule, Berlin.
Herrmann, Werner, Betriebsingenieur, Brasow (Rumänien).
Hühn, Curt, Zögling der Gauß-Schule, Berlin.
Jerzyk, Wilhelm, Zögling der Gauß-Schule, Bln.-Staaken.
Jurewitsch, Edgar, Dipl.-Ing., Tuckum (Lettland).
Jürries, Walter, stud. ing., Berlin-Steglitz.
Kattner, Walter, Zögling der Gauß-Schule, Bln.-Lankwitz.
Kramer, Helmut, Zögling der Gauß-Schule, Berlin.
Matz, Wilhelm, Zögling der Gauß-Schule, Berlin.
Mellinger, Josef, Direktor, Budapest.
Nadrowski, Herbert, Zögling der Gauß-Schule, Berlin.
Oswald, Karl, Dipl.-Ing., Berlin.
Petri, Werner, Zögling der Gauß-Schule, Berlin.
Rambow, Friedrich-Karl, Ingenieur, Bln.-Schöneberg.
Reichardt, Wilhelm, Zögling der Gauß-Schule, Bln.-Pankow.
Sandberg, Johannes, Ingenieur, Oslo.
Schäfer, Karlheinz, Elektroing., Darmstadt.
Schultz, Albert, Elektroing., Ueckermünde (Pom.).
Schultze, Hans, Zögling der Gauß-Schule, Bln.-Neukölln.
Schweitzberger, Willi, Zögling der Gauß-Schule, Berlin.
Steinbach, Heinz, Ingenieur, Bln.-Charlottenburg.
Thomas, Fritz, Zögling der Gauß-Schule, Bln.-Niederschönhausen.
von Tolkacz, Josef, cand. electr., Danzig-Langfuhr.
Tüshaus, Bernard, Elektroing., Warendorf i. Westf.
Verebély, Laszlo, o. Professor, Budapest.
Vollhardt, Herbert, cand. ing., Bln.-Charlottenburg.
Ziegler, Walter, Zögling der Gauß-Schule, Berlin.

An die dem Ausschuß für Einheiten und Formelgrößen angeschlossenen Vereine sowie an die Herren AEF-Mitglieder.

Nachdem Herr Präsident a. D. Geh. Rat Prof. Dr.-Ing. E. h. Dr. phil. Strecker aus Altersrücksichten den Vorsitz im Ausschuß für Einheiten und Formelgrößen

[1] Sonderdruck VDE 446.
[2] ETZ 1930, S. 1112.

Digitized by Google

(AEF) niedergelegt hat und zum Ehrenvorsitzenden dieses Ausschusses gewählt worden ist, hat der Elektrotechnische Verein Herrn Prof. Dr. J. Wallot, bisher außerordentliches Mitglied, der zum Vorsitzenden des AEF gewählt worden ist, als Vertreter des Elektrotechnischen Vereins in diesen Ausschuß entsandt, und zwar als ordentliches Mitglied des AEF.

Elektrotechnischer Verein.
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 7 Pallas 7286.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Neues Mitgliederverzeichnis.

Wie bereits in Heft 17, Seite 622 der ETZ 1930 angekündigt, läßt der VDE ein neues Mitgliederverzeichnis erscheinen.

Durch besondere Abmachungen ist es möglich gewesen, den Vereinen eine begrenzte Anzahl dieser Verzeichnisse kostenlos zur Verfügung zu stellen, jedoch müssen Bestellungen hierauf spätestens bis Ende dieses Jahres bei den betreffenden Vereinen bzw. bei der Geschäftstelle des VDE eingegangen sein.

Nach dem 1. Januar 1931 kann das Mitgliederverzeichnis nur durch Verkauf abgegeben werden; dieser erfolgt durch die Geschäftstelle des VDE (Verlagsabteilung).

Bezug von Einbanddecken für den Jahrgang 1930 der ETZ.

Wir werden mit Abschluß des Jahres 1930 wiederum den Beziehern der ETZ Einbanddecken zur Verfügung stellen.

Die Preise sind die gleichen wie im Vorjahr und werden 2,20 RM für den Halbjahr-Band einschließlich Versandkosten betragen.

Bestellungen erbitten wir schon jetzt aufzugeben, damit rechtzeitige und pünktliche Lieferung gesichert ist.

Die Bestellung kann erfolgen durch Einzahlung auf unser Postscheckkonto, Berlin 213 12 (Versandanschrift genau aufgeben, ebenso Vermerk beifügen „ETZ-Einbanddecke") oder durch schriftliche Bestellung. In letzterem Falle erfolgt der Versand durch die Verlagsabteilung des VDE, Berlin W 57, Potsdamer Str. 68, unter Nachnahme.

Kommission für Maschinen und Transformatoren.

Schlußentwurf.

Regeln für die Bewertung und Prüfung von Gleichstrom-Lichtbogen-Schweißmaschinen R. E. S. M./1931.

Diese Regeln sind in Anlehnung an die „Regeln für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen R.E.M." [1] aufgestellt, jedoch haben nur die Bestimmungen Aufnahme gefunden, die Abweichungen von den R.E.M. enthalten. Sofern im nachstehenden nichts anderes bestimmt ist, gelten daher die R.E.M.

Inhaltsübersicht.

I. Gültigkeit.
§ 1. Geltungsbeginn.
§ 2. Geltungsbereich.
II. Begriffserklärungen.
§ 3. Spannung und Strom.
§ 4. Arbeitsweise.
§ 5. Nennbetrieb.
§ 6. Regelbereich.
§ 7. Schweißbetriebsarten.
III. Genormte Werte.
§ 8. Spannungen.
IV. Bestimmungen.
A. Allgemeines.
§ 9. Probelauf.
§ 10. Leistung des Antriebsmotors.
B. Kommutierung und Lichtbogenbildung.
§ 11. Kommutierung.
§ 12. Lichtbogenbildung.
C. Spannung.
§ 13. Leerlaufspannung.
D. Drehsinn und Polarität.
§ 14. Drehsinn.
§ 15. Polarität.
E. Ursprungzeichen und Schilder.
§ 16. Leistungschild.
§ 17. Mehrfache Stempelungen.
F. Toleranzen.
§ 18. Zulässige Abweichungen.

[1] S. Sonderdruck VDE 452.

Bekanntmachung.

Kommission für Maschinen und Transformatoren.

Zu dem in ETZ 1930, S. 652, angekündigten Entwurf zu „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Gleichstrom-Lichtbogen-Schweißmaschinen R.E.S.M./1931", der von der Kommission für Maschinen und Transformatoren in Zusammenarbeit mit der Fachgruppe I b des Fachausschusses für Schweißtechnik beim VDI in Ergänzung der „Regeln für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen R.E.M." hinsichtlich der für Lichtbogen-Schweißmaschinen in Frage kommenden besonderen Bestimmungen aufgestellt worden ist, waren verschiedene Änderungen, Anregungen und Einsprüche innerhalb der Äußerungsfrist eingelaufen.

Gemäß Beschluß der diesjährigen Ausschußsitzung wurde der Vorstand ermächtigt, den unter Berücksichtigung der Eingänge zu überarbeitenden Entwurf mit Gültigkeit vom 1. Januar 1931 zu verabschieden.

Der Vorstand hat die nachstehende Fassung in seiner Sitzung vom 12. Dezember 1930 angenommen.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

IV. Bestimmungen.

A. Allgemeines.

§ 9. Probelauf.
§ 10. Leistung des Antriebsmotors.

B. Kommutierung und Lichtbogenbildung.

§ 11. Kommutierung.
§ 12. Lichtbogenbildung.

C. Spannung.

§ 13. Leerlaufspannung.

D. Drehsinn und Polarität.

§ 14. Drehsinn.
§ 15. Polarität.

E. Ursprungzeichen und Schilder.

§ 16. Leistungschild.
§ 17. Mehrfache Stempelungen.

F. Toleranzen.

§ 18. Zulässige Abweichungen.

I. Gültigkeit.

§ 1.

Geltungsbeginn.

Diese Regeln gelten für Gleichstrom-Lichtbogen-Schweißmaschinen, deren Herstellung nach dem 1. Januar 1931 begonnen wird[2].

§ 2.

Geltungsbereich.

Diese Regeln gelten für Gleichstrom-Lichtbogen-Schweißmaschinen, die nicht mit gleichbleibender Klemmenspannung über Vorschaltwiderstände arbeiten.

Die von diesen Regeln ausgenommenen Schweißmaschinen unterliegen ebenso wie elektrische Antriebs- und etwaige Erregermaschinen nur den Bestimmungen der R.E.M.; sofern nichts anderes angegeben ist, gilt im besonderen als ihre Betriebsart der Dauerbetrieb.

II. Begriffserklärungen.

§ 3.

Spannung und Strom.

(Ergänzung zu § 7 der R.E.M.)

Leerlaufspannung ist die im unbelasteten Zustande, d. h. bei offenem Schweißstromkreis, auftretende Klemmenspannung.

Arbeitspannung ist die im belasteten Zustande, d. h. bei gezogenem Lichtbogen, auftretende Spannung, gemessen an den Schweißkabel-Anschlußklemmen der Maschine.

Lichtbogenspannung ist die bei gezogenem Lichtbogen an den Elektroden auftretende Spannung.

Schweißstrom ist der Strom im Schweißstromkreise beim Arbeiten mit dem Lichtbogen.

[2] Angenommen durch den Vorstand im Dezember 1930.

Digitized by Google

§ 4.

Arbeitsweise.

(Ergänzung zu § 8 der R.E.M.)

Gleichstrom-Lichtbogen-Schweißgenerator ist ein Sondergenerator für Gleichstrom, dessen Kurzschlußstrom ohne besonderen Vorschaltwiderstand in der Größe so beschränkt ist, daß bei voller Erregung die Maschine dynamisch nicht gefährdet ist.

Gleichstrom-Lichtbogen-Schweißumformer ist ein Maschinensatz, bestehend aus einem Schweißgenerator und einem Antriebsmotor.

§ 5.

Nennbetrieb.

(Änderung von § 6 der R.E.M.)

Der Nennbetrieb ist gekennzeichnet durch die auf dem Schilde genannten Werte von Arbeitspannung und Schweißstrom, Betriebsart, Drehzahl usw.

§ 6.

Regelbereich.

Der Regelbereich ist gekennzeichnet durch zwei zusammengehörende Wertepaare von Arbeitspannung und Schweißstrom, innerhalb derer ein stabiler Schweißbetrieb ohne Rücksicht auf die Betriebsart als solche möglich ist.

§ 7.

Schweißbetriebsarten.

(Änderung von § 19a der R.E.M.)

Unterschieden werden:

1. Dauerbetrieb (DB): nach § 19a, 1, der R.E.M.
   Dauerbetrieb liegt vor bei Schweißmaschinen für automatische Lichtbogen-Schweißung und ähnliche Sonderfälle.
2. Dauerbetrieb mit aussetzender Belastung (DAB): nach § 19a, 5, der R.E.M.
   Als genormte Werte der relativen Einschaltdauer gelten 25, 50 und 70 %.

III. Genormte Werte.

§ 8.

Spannungen.

(Änderung von § 9 der R.E.M.)

Tafel I.

Genormte Nennspannungen in Volt.

15	20	**25**	30	**40**	50	60

Die fettgedruckten Spannungen bedeuten Vorzugspannungen.

IV. Bestimmungen.

A. Allgemeines.

§ 9.

Probelauf.

(Ergänzung zu § 32 der R.E.M.)

Während des Probelaufes ist der Erregerstrom, falls eine Nebenschlußwicklung vorhanden ist, konstant zu halten. Sonst darf an der Einstellung der Maschine nichts geändert werden.

Maschinen, die zum Schweißen besonderer zusätzlicher Apparate wie Drosselspulen, Beruhigungswiderstände u. dgl. bedürfen, sind mit diesen zu prüfen.

§ 10.

Leistung des Antriebsmotors.

Der Antriebsmotor ist so zu bemessen, daß er die im Dauerbetrieb erforderliche Antriebsleistung dauernd, die im Dauerbetrieb mit aussetzender Belastung erforderliche Antriebsleistung entsprechend der relativen Einschaltdauer unter Einhaltung der Bedingungen der R.E.M. abgeben kann.

B. Kommutierung und Lichtbogenbildung.

§ 11.

Kommutierung.

(Ergänzung zu § 44 der R.E.M.)

Sowohl im Leerlauf wie bei allen Belastungen bis zu den auf dem Leistungsschild angegebenen Stromhöchstwerten muß die Kommutierung praktisch funkenfrei sein.

§ 12.

Lichtbogenbildung.

Bei allen auf dem Leistungsschild angegebenen Stromstärken und zugehörenden Spannungen muß bei Verwendung von blanken Stahlelektroden das Ziehen und Halten des Lichtbogens in allen Richtungen – waagerecht, senkrecht und auch überkopf — gut möglich sein.

C. Spannung.

§ 13.

Leerlaufspannung.

Bei Maschinen mit verschieden einstellbaren Grenzwerten der Leerlaufspannung muß bei dem niedrigsten Wert die Spannung noch stabil sein, beim höchsten Wert darf die Felderwärmung die zulässige Erwärmungsgrenze auch bei dauerndem Leerlauf nicht überschreiten.

Falls infolge der Leerlaufspannung die Möglichkeit einer besonderen Gefährdung vorliegt, sollen Schutzmaßnahmen Anwendung finden.

D. Drehsinn und Polarität.

§ 14.

Drehsinn.

(Ergänzung zu § 76 der R.E.M.)

Bei Maschinen, die nicht in beiden Drehrichtungen gleich arbeiten, ist der Drehsinn durch einen Pfeil kenntlich zu machen.

§ 15.

Polarität.

Die der Nenndrehrichtung entsprechende Polarität der Schweißkabel-Anschlußklemmen der Maschine ist deutlich mit + und — zu kennzeichnen.

E. Ursprungzeichen und Schilder.

§ 16.

Leistungschild.

(Änderung von §§ 81 u. 82 der R.E.M.)

Jede Maschine muß ein Leistungschild tragen; dieses soll so befestigt werden, daß es auch im Betriebe bequem gelesen werden kann. Auf dem Leistungschild sind deutlich und haltbar folgende Angaben entsprechend dem Bestell- oder Listenwert anzubringen:

1. Modellbezeichnung oder Listennummer,
2. Fertigungsnummer,
3. Nenndrehzahl,
4. Höchste Leerlaufspannung,
5. Betriebsart,
6. Nennspannung und zugehörender Nennstrom,
7. Nenn-Erregerspannung (bei Eigen- und Fremderregung),
8. Regelbereich.

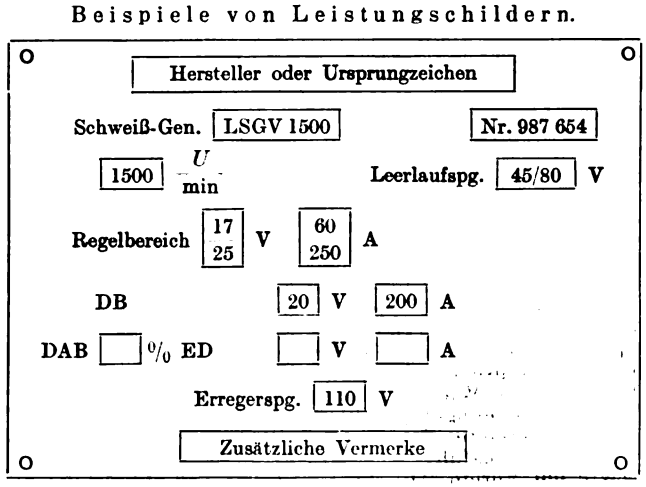
Zu 5: Die Betriebsart wird in folgender Weise gekennzeichnet.

a) Dauerbetrieb: DB;

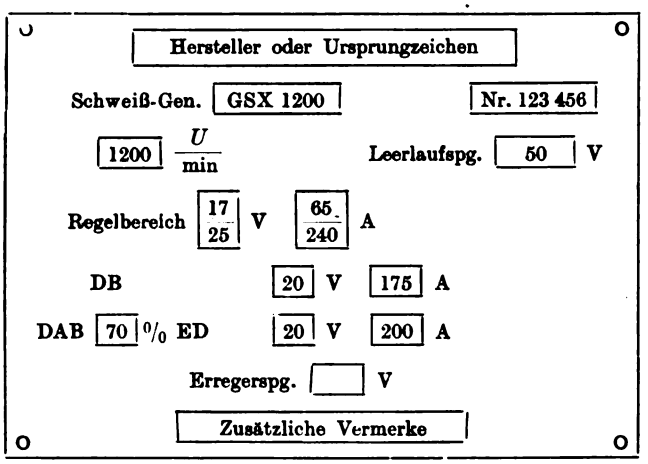
b) Dauerbetrieb mit aussetzender Belastung: DAB und relative Einschaltdauer.

Tafel II.

Beispiele von Leistungschildern.



Digitized by Google



Das Schild des Antriebsmotors hat den Bestimmungen der R.E.M. zu genügen.

§ 17.

Mehrfache Stempelungen.

(Änderung von § 83 der R.E.M.)

Bei Maschinen für Dauerbetrieb mit aussetzender Belastung sind auch die dem Dauerbetrieb als Nennbetrieb entsprechenden Angaben auf dem Leistungschild zu machen.

F. Toleranzen.

§ 18.

Zulässige Abweichungen.

(Änderung von § 87 der R.E.M.)

Soweit die in den R.E.M. angegebenen Toleranzen in Betracht kommen, gelten die Werte der Tafel XIII.

AEF

Ausschuß für Einheiten und Formelgrößen.

Zuschriften mit dem Bemerk „Betrifft AEF" sind zu richten an die Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins, Berlin W 35, Potsdamer Straße 118a, Fernsprecher Amt Kurfürst 9697.

Präsident a. D. Geh. Rat Prof. Dr.-Ing. E. h. Dr. phil. K. Strecker hat aus Altersrücksichten den Vorsitz im Ausschuß für Einheiten und Formelgrößen niedergelegt und ist zum Ehrenvorsitzenden dieses Ausschusses gewählt worden. Eine Würdigung der Tätigkeit des Herrn K. Strecker aus der Feder des langjährigen AEF-Mitgliedes, Herrn Prof. Dr. Görges folgt nachstehend. Zum Vorsitzenden des AEF ist der Unterzeichnete berufen worden. Wallot.

K. Strecker und der AEF.

Nach der diesjährigen Herbsttagung des Ausschusses für Einheiten und Formelgrößen hat Herr Präsident Dr. Dr.-Ing. E. h. Karl Strecker den Vorsitz in diesem Ausschuß mit Rücksicht auf sein Alter niedergelegt. Bei dieser Gelegenheit ziemt es sich, der Bedeutung des AEF und der Verdienste seines bisherigen Vorsitzenden um ihn eine kurze Betrachtung zu widmen.

Über die Entstehung und die Tätigkeit dieses Ausschusses hat Strecker selbst in der Festschrift zum fünfzigjährigen Bestehen des Elektrotechnischen Vereins einen kurzen sachlichen Bericht erstattet. Was er aber darin nicht gesagt hat, ist, daß die Einsetzung dieses Ausschusses im wesentlichen seinem tatkräftigen Vorgehen zu danken ist, und daß er die Geschäfte und die Verhandlungen des AEF von seiner Gründung im Jahre 1906 bis jetzt in vorbildlicher Weise geleitet hat.

Schon in frühen Zeiten lassen sich die Bestrebungen zur Vereinheitlichung von Maßen und Formelgrößen verfolgen. Strecker bezeichnet mit Recht als ein auf dem besonderen Gebiete der Elektrotechnik epochemachendes Ereignis die internationale Einigung auf die Maßeinheiten Volt, Ampere, Ohm, Coulomb und Farad im Jahre 1881. Gelehrte und Vereine hatten auch bereits Listen von Einheits- und Formelgrößen aufgestellt, diese betrafen aber immer nur einzelne Fachgebiete. Schon im Jahre 1901 hatte der Elektrotechnische Verein, auf Veranlassung von Professor Hochenegg in Wien hin, einen Unterausschuß für einheitliche Bezeichnungen eingesetzt. Über die von diesem geleisteten Arbeiten hat Strecker in den Vereinssitzungen wiederholt ausführlich berichtet. Auf seine Anregung setzte der Verein 1906 einen „Allgemeinen Ausschuß für Einheiten und Formelgrößen" ein, der eine große Anzahl von anderen Vereinen, auch solche des Auslandes, zur Mitarbeit einlud und zugleich sein Aufgabengebiet bedeutend erweiterte. Es gelang, im ganzen 19 Vereine zur Teilnahme an den Arbeiten des AEF zu gewinnen. Seine erste Aufgabe war, ein Verzeichnis einheitlicher Formelzeichen der wichtigen und allgemein gebräuchlichen Größen aus den Gebieten der Physik, des Maschinenbaus, der Elektrotechnik, der physikalischen und der Elektrochemie, ferner Listen der Zeichen für die Maßeinheiten und der mathematischen Zeichen aufzustellen. Die stattlichen Listen, die der AEF herausgegeben hat, legen Zeugnis von dem Erfolge seiner Arbeit ab. Außerdem hat der AEF aber auch eine Anzahl von „Sätzen" herausgegeben, die teils wichtige Zahlenwerte, teils Benennungen, teils Begriffsbestimmungen enthalten. Mehrere dieser Benennungen haben sich sofort eingebürgert, ein Beweis dafür, daß ein Bedürfnis danach vorlag. Durch sie sowie durch die Begriffsbestimmungen ist ein besseres gegenseitiges Verständnis angebahnt und unser Gewissen hinsichtlich einer einwandfreien Ausdrucksweise geschärft worden. Unklare Bezeichnungen können die größte Verwirrung anrichten. Als Sachverständiger vor Gericht mußte ich einmal den Richtern sagen, die Parteien redeten aneinander vorbei, weil jede von ihnen unter einem bestimmten Ausdruck etwas anderes verstünde. Das kann man auch bei Aussprachen öfters beobachten. In Patentschriften kann eine unklare Ausdrucksweise geradezu verhängnisvoll werden.

Einige Beispiele mögen zeigen, wie der AEF durch Einführung neuer Benennungen zur Klärung der Begriffe beigetragen hat. Bei der stürmischen Entwicklung der Technik werden dauernd neue Benennungen erforderlich. Diese entstehen häufig aus dem Bedürfnis des Tages heraus ohne besondere Überlegung oder werden auch fremden Sprachen entlehnt, wie „Booster" und „Shunt". Das Wort booster kommt, wenn ich richtig unterrichtet bin, in der englischen Schriftsprache nicht vor, to boost bedeutet z. B., beim Turnen jemandem durch Nachschieben auf das Reck zu helfen, wenn er nicht allein hinaufkommen kann. Zahlreich sind die Verwechslungen einer Größe mit ihrem Maß, wie z. B. bei dem Ausdruck „Wattloser Strom" und „Amperewindungszahl". Solche Ausdrücke müssen im Interesse eines sauberen Ausdruckes aus der Sprache ausgemerzt werden. Für den „wattlosen Strom" hat der AEF das Wort „Blindstrom" vorgeschlagen, wobei darauf Bedacht genommen ist, daß sich die Vorsilben „Blind" und „Wirk" ganz allgemein zur Bildung der Bezeichnung der leistungslosen und der Leistungskomponente einer effektiven Wechselstromgröße eignen, wie z. B. „Blindleistung", „Wirkleistung", „Blindwiderstand" usw. Das Fehlerhafte des Ausdruckes „Amperewindungszahl" wurde mir vor einigen Jahren bei der Durchsicht einer Doktorarbeit wieder recht vor Augen geführt. Der Verfasser sagte, er wollte alle Größen in CGS-Einheiten ausdrücken, und fuhr dann fort: „die Amperewindungszahl beträgt 500 CGS-Einheiten". Man findet ja selbst in Büchern die Formel kW gleich 3700, statt: Leistung gleich 3700 Watt. Prof. Emde berichtet von einem Falle, wo eine Reihe von Formeln in der Art „Watt gleich 736 PS" im Unterricht an die Tafel geschrieben war, was so verstanden werden sollte, daß die Zahl der Watt gleich 736 mal der Zahl der Pferdestärken sein sollte. Hier hat man die Verwechslung des Maßes mit der zugehörigen Maßzahl in Reinkultur.

Der AEF hat die „Amperewindungszahl" durch die ausgezeichnete Bezeichnung „Durchflutung" ersetzt. Vorher fehlte überhaupt ein einwandfreier Ausdruck für diese Größe. Nun kann man sagen, „die Durchflutung beträgt 5000 Ampere oder Amperewindungen". Diese Bezeichnung ist deshalb so treffend, weil sie die Beziehung des Stromes zum magnetischen Kreise ganz außerordentlich anschaulich macht. Wenn man sich dies klar gemacht hat, kann man auch nicht mehr von Bruchteilen einer Windung reden.

Besondere Begriffsbestimmungen erfordern lange Beratungen und daher viel Zeit bis zu ihrer endgültigen Fassung. So ist an der Aufgabe: Potential, Spannung und elektromotorische Kraft etwa 20 Jahre lang gearbeitet worden. In der jetzt vorliegenden Fassung wird mancher eine sichere Grundlage bei seinen Arbeiten und weiteren Studien finden. Gerade wegen der Schwierigkeit der Formulierung befindet sich eine Anzahl solcher Sätze noch im Zustande des Entwurfs, es ist aber von ihnen eine wesentliche Förderung in der Klärung der Begriffe zu erwarten.

Professor Strecker hat sich aller dieser Aufgaben mit gleicher Liebe und Sorgfalt angenommen. Mit Genugtuung und Freude kann er auf das zurückblicken, was bereits erreicht ist. Alle, die unter seiner Führung je an den Beratungen teilgenommen haben, werden seine ruhige.

Digitized by Google

sachliche Art bewundert haben, die sich nie aus der Fassung bringen läßt. Bei allen Mitgliedern ist der Wunsch lebendig, daß seine reiche Erfahrung und sein Rat dem AEF auch künftig noch erhalten bleiben. Dieser Wunsch hat darin seinen Ausdruck gefunden, daß der Ausschuß für Einheiten und Formelgrößen Herrn Präsidenten Strecker zu seinem Ehrenvorsitzenden ernannt hat. Diese Auszeichnung wird in allen Kreisen freudigen Beifall finden. Darüber hinaus aber drängt es mich, dem verehrten Meister unser aller wärmsten Dank für die Dienste auszusprechen, die er in jahrzehntelanger Arbeit auf einem spröden Gebiete der gesamten Technik in uneigennütziger Weise geleistet hat.

Zum Nachfolger in der Leitung des AEF ist Herr Professor Dr. Julius Wallot, Berlin-Charlottenburg, gewählt worden, der als stellvertretender Vorsitzender schon viele Jahre mit Prof. Strecker zusammen gearbeitet hat.

H. Görges.

SITZUNGSKALENDER.

Elektrotechn. Gesellschaft Frankfurt a. M. 7. I. 1931, abds. 8 h, Hörsaal der Kunstgewerbeschule, Neue Mainzerstraße 47: Vortrag Prof. Dr. F. Dessauer, „Untersuchungen über Luftelektrizität und deren biologische Einflüsse".

Oberschles Elektrotechn. Verein, Gleiwitz. 19. XII. 1930, nachm. 5 h, Büchereisaal der Donnersmarckhütte, Hindenburg: Film der Felten & Guilleaume Carlswerk A.G.: „Durch das Schärengewirr mit dem Kabeldampfer."

Oberrhein. Elektrotechn. Verein, Karlsruhe. 1. XII. 1930, abds. 8 h, Grashof-Hörsaal der T. H.: Film „Die Elektrotechnik auf der Leipziger Messe".

Pomm. Elektrotechn. Verein, Stettin. 19. XII. 1930, abds. 8¼ h, Konzerthaus Stettin: Obering. Matthes, „Die el. Einrichtung für Wasserwerk- und Pumpenanlagen".

Deutsche Beleuchtungstechnische Gesellschaft, Berlin. 18. XII. 1930, nachm. 5½ h, Physikal. Hörsaal der T.H.: Vortrag Dr.-Ing. C. Körfer, „Versuche über Leistungsteigerungen im Steinkohlenbergbau durch verbesserte Beleuchtung". Anschließ. Aussprache.

PERSÖNLICHES.

J. Epstein †.

Am 18. November d. J. starb, 68jährig, nach längerem Leiden Professor Dr. Josef Epstein, Direktor der Elektrotechnischen Lehranstalt des Physikalischen Vereins

J. Epstein †.

und Ehrenmitglied der Elektrotechnischen Gesellschaft zu Frankfurt a. M. Als Sohn eines Leipziger Kaufmanns 1862 geboren, studierte Epstein in seiner Vaterstadt Physik und Mathematik, promovierte daselbst und legte die Staatsprüfung für das höhere Lehramt ab. Im Jahre 1889 berief ihn der Physikalische Verein zu Frankfurt a. M. als Dozenten und Leiter seiner neugegründeten „Elektrotechnischen Lehranstalt", die Epstein zu rascher Entwicklung und hohem Ansehen brachte, während er, namentlich in den Sonnabendvorlesungen des Vereins, gleichzeitig als Pionier für die Einführung der jungen Elektrotechnik bei der gebildeten Laienwelt wirkte. 1897 trat er, seinem starken Forschungs- und Gestaltungsdrang folgend, in die Dienste der E.A.G. vorm. W. Lahmeyer & Co. über, um hier fast 1½ Jahrzehnte lang als Oberingenieur und Leiter des Forschungslaboratoriums sehr erfolgreich zu arbeiten. Der „Epstein-Apparat" zur Untersuchung von Magnetblechen, ein Transformator zur Frequenzvervielfachung, sowie andere geistreiche Ideen und Konstruktionen entstanden vorzugsweise in dieser Periode. Nach dem Übergang der Lahmeyer-Fabrik an die AEG übernahm Prof. Dr. Epstein wieder seine frühere Tätigkeit als Leiter der Elektrotechnischen Lehranstalt, der er treu blieb, bis ihn im Jahre 1929 dringende Gesundheitsrücksichten nötigten, sich nach vier Jahrzehnten unermüdlicher Berufstätigkeit in den Ruhestand zurückzuziehen.

Einen großen Verlust bedeutet der Tod Epsteins insonderheit für die Frankfurter Elektrotechnische Gesellschaft, der er während dieser ganzen Zeit als eifrig tätiges Mitglied angehört hat, deren Vorsitzender er zu wiederholten Malen war, und die ihn 1928 durch die Verleihung ihrer Ehrenmitgliedschaft auszeichnete. Begabt mit einem ungewöhnlichen Vortrags- und Lehrtalent, wie er war, sah man ihn auch hier oft am Rednerpult und lauschte gern seinem ausdrucksvollen und einprägsamen Vortrag. Als Delegierter der E.T.G.-Frankfurt saß er viele Jahre im Hauptausschuß des VDE und war gleichzeitig ein eifriger und fruchtbarer Mitarbeiter in zahlreichen Fachkommissionen. Persönlich erfreute sich Professor Epstein der allgemeinen Wertschätzung und Verehrung nicht nur als hochachtbarer Fachgenosse, sondern vor allem auch als warmherziger, stets rat- und hilfsbereiter, wahrhaft liebenswerter Mensch, dem alle, die ihn näher kannten, ein ehrenvolles Gedächtnis bewahren werden.

P. Schneider.

G. Liss †.

Am Donnerstag, dem 23. X. 1930, gegen 10 Uhr, verschied, wie schon gemeldet[1], infolge eines Gehirnschlages, Herr Betriebsdirektor Dr.-Ing. Georg Liss, im Alter von nur 50 Jahren. G. Liss war am 26. IV. 1880 zu Alttarnowitz geboren. Nach der im Jahre 1899 an dem Gymnasium zu Gleiwitz bestandenen Abschlußprüfung und kurzer praktischer Arbeitszeit auf der Donnersmarckhütte bezog Liss die Hochschule zu Berlin-Charlottenburg, wo er im Jahre 1905 sein Diplomexamen im Maschinenbaufach mit gutem Erfolg bestand. Seine erste Stellung nahm er bei den Siemens-Schuckertwerken ein, wo er verschiedene Abteilungen durchlief und schließlich endgültige Anstellung bei der Montageabteilung fand. Die Ausführung großer Hüttenwerksanlagen im In- und Ausland war hier sein besonderes Arbeitsgebiet. Diese Tätigkeit trug ihm im Jahre 1912 eine Anstellung bei der Gelsenkirchener Bergwerks-AG. Abt. Esch a. d. Alzette ein, wo er die Leitung der elektrischen Betriebe übernahm. Der Krieg und seine Folgen vertrieben ihn mit seiner Familie aus Luxemburg. Nach kurzen Verhandlungen übernahm Liss 1919 bei der Phönix, AG. für Bergbau und Hüttenbetrieb, Abt. Hörder Verein, Hörde, die Stellung des Betriebschefs der elektrotechnischen Abteilung. Im April 1922 wurde er zum Oberingenieur ernannt und in dieser Stellung von den Vereinigten Stahlwerken übernommen. Im Juni 1926 übertrug man ihm den Posten eines Betriebsdirektors und übergab ihm damit die Leitung der ganzen Maschinenbetriebe des Hörder Werkes.

Im Jahre 1922 wurde Direktor Liss inzwischen auf Grund seiner Dissertation über „Die Nutzarbeit des Walzwerksvorganges" zum Dr.-Ing. promoviert. Liss zeichnete sich in dieser Tätigkeit durch große Fachkenntnisse, Gewissenhaftigkeit, Pflichttreue und restlose Hingabe an seinen Beruf und das Unternehmen aus sowie durch den vornehmen Charakter, die stete Hilfsbereitschaft und die guten Beziehungen zu Vorgesetzten, Kollegen und Untergebenen.

[1] ETZ 1930, S. 1570.

Digitized by Google

So war Liss in den Jahren 1923 ... 1925 Beisitzer des Westfälischen Bezirksvereins des Vereins Deutscher Ingenieure, 1922 ... 1924 Beisitzer im Vorstand des Elektrotechnischen Vereins des rhein.-westf. Industriebezirkes, seit vielen Jahren Mitglied des Maschinen-Ausschusses des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute usw.

G. Liss †.

1928 wurde Liss dann zum Vorsitzenden des Elektrotechnischen Vereins des rhein.-westf. Industriebezirks gewählt. Er hat sich diesem Amte mit seiner ganzen Kraft gewidmet, sei es, daß es sich um die inneren Belange des Vereins, um Vortragswesen oder gesellige Veranstaltungen handelte oder um die Beziehungen zu den Nachbarvereinen, zum Verband Deutscher Elektrotechniker und zum Haus der Technik, oder endlich um die Aufgabe der verschiedenen Ausschüsse des Vereins, denen er als Vorsitzender angehörte. Der Verein verliert in ihm einen treuen Freund von vornehmem Charakter, einen berufenen Führer in den Aufgaben des Vereins. Sein Andenken wird stets in hohen Ehren gehalten werden.

BRIEFE AN DIE SCHRIFTLEITUNG.

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Schriftleitung und ohne deren Verbindlichkeit.)

Messung der Eigenzeit eines Klydonographen mittels Wanderwellen bekannter Zeitdauer.

In ETZ 1930, H. 19, S. 676, werden von den Herren C. STOERK und T. BUNGARDEAN Messungen an Wanderwellen beschrieben, bei denen ein von Herrn Dr. SOMMER angegebenes Verfahren benutzt ist. Dazu möchte ich noch nachtragen, daß bereits vor Erscheinen der Sommerschen Arbeit Herr Dr. GABOR mir den gleichen Vorschlag gemacht hat. Da damals die Einrichtung des Hochspannungsinstituts der Technischen Hochschule Berlin noch im Gange war, konnte der Vorschlag erst später nach der Veröffentlichung durch SOMMER ausgeführt werden. Das Verfahren wird seit einigen Jahren mit gutem Erfolg bei den Übungen im Hochspannungslaboratorium angewendet.

Berlin, 4. XII. 1930. A. Matthias.

Über den maßgebenden Leistungsfaktor eines Gleichrichters.

In ETZ 1930, H. 34, hat Herr Kurt MÜLLER-LÜBECK eine Arbeit veröffentlicht, in der er annimmt, daß die Oberwellen des Gleichrichterstromes im Effektivwerte des Gesamtstromes als klein zweiter Ordnung angesehen werden können, so daß nur der Effektivwert der Grundwelle des Gesamtstromes zu berechnen ist. Unter dieser Annahme ist aber ohne weiteres zu setzen, daß der maßgebende Leistungsfaktor $\lambda = \cos\alpha_1' = \frac{N_w}{\sqrt{N_w^2 + N_B^2}}$ ist (bei Benutzung derselben Bezeichnungen wie MÜLLER-LÜBECK). Die mehr komplizierten Ausdrücke, die MÜLLER-LÜBECK erhalten hat, beruhen auf weiteren Annäherungen. Bei dem Dreiphasengleichrichter in seinem Beispiele wird deswegen der maßgebende Leistungsfaktor (unabhängig vom Leistungsfaktor der Hauptbelastung) etwa 0,86.

Trondjem, 4. IX. 1930. K. Faye-Hansen.

Erwiderung.

Die Zulässigkeit der in meinem Aufsatz durchgeführten Näherungsrechnung läßt sich nach der folgenden genaueren Überlegung einsehen:

Liegt an einem Netz mit sinusförmigen Spannungen eine Grundbelastung mit sinusförmigen Strömen mit dem Eigenleistungsfaktor $\cos\varphi$ und außerdem ein Gleichrichter mit beliebig geformten Strömen mit den Eigenleistungsfaktoren λ_E und λ_M („elektrischer" und „magnetischer" Leistungsfaktor), und ist das Belastungsverhältnis der Ströme dieser beiden Verbraucher gleich ξ, so ist der resultierende Gesamtleistungsfaktor λ_r ohne jede Näherung gegeben durch

$$\lambda_r = \frac{\cos\varphi + \xi\lambda_E}{\sqrt{1+\xi^2+2\xi(\lambda_E\cos\varphi + \sqrt{1-\lambda_M^2}\sin\varphi)}}. \quad (1)$$

Denn die gesamte Wirkleistung der beiden Verbraucher ist mit den früheren Bezeichnungen gleich

$$E I\cos\varphi + E I_1'\cos\alpha_1' = E I\cos\varphi + E I'\frac{I_1'}{I'}\cos\alpha_1'$$
$$= E I\left(\cos\varphi + \xi\frac{I_1'}{I'}\cos\alpha_1'\right)$$

mit $\xi = I'/I$; ferner ist die gesamte Scheinleistung gleich $E I_r$, wenn I_r der Effektivwert des resultierenden Gesamtstromes ist. Für letzteren findet man aber

$$I_r^2 = I^2 + I_1'^2 + 2 I I_1'\cos(\alpha_1' - \varphi) + I_2'^2 + I_3'^2 + \ldots$$
$$= I^2 + I'^2 + 2 I I_1'\cos(\alpha_1' - \varphi) = I^2 + I'^2 + 2 I I'\frac{I_1'}{I'}\cos(\alpha_1' - \varphi)$$
$$= I^2\left(1 + \xi^2 + 2\xi\frac{I_1'}{I'}\cos(\alpha_1' - \varphi)\right).$$

Berücksichtigt man noch, daß

$$\lambda_E = \frac{I_1'}{I'}\cos\alpha_1 \quad \text{und} \quad \lambda_M = \sqrt{1-\left(\frac{I_1'}{I'}\sin\alpha_1'\right)^2}$$

ist, so gelangt man zu der Gl. (1).

Würde an Stelle des Gleichrichters eine normale Maschine mit sinusförmigen Strömen treten, so wäre jetzt der resultierende Leistungsfaktor

$$\lambda_r = \frac{\cos\varphi + \xi\lambda}{\sqrt{1+\xi^2+2\xi(\lambda\cos\varphi + \sqrt{1-\lambda^2}\sin\varphi)}}, \quad (2)$$

wenn λ den Eigenleistungsfaktor der Maschine bedeutet.

Wir nennen jetzt definitionsgemäß λ den maßgebenden Leistungsfaktor des Gleichrichters, wenn die ξ-Werte in beiden Gleichungen dieselben sind. Also ist

$$\frac{\cos\varphi + \xi\lambda}{\sqrt{1+\xi^2+2\xi(\lambda\cos\varphi + \sqrt{1-\lambda^2}\sin\varphi)}} = \frac{\cos\varphi + \xi\lambda_E}{\sqrt{1+\xi^2+2\xi(\lambda_E\cos\varphi + \sqrt{1-\lambda_M^2}\sin\varphi)}} \quad (3)$$

die Definitionsgleichung für den maßgebenden Leistungsfaktor des Gleichrichters.

Ist nun die Grundbelastung des Netzes sehr groß gegenüber der Gleichrichterbelastung (z. B. Ortsnetz-Belastung gegenüber Gleichrichteranlage), so ist ξ klein gegenüber 1, und man kann die Ausdrücke (1) bis (3) nach Potenzen von ξ entwickeln und die Entwicklung nach der ersten Potenz von ξ abbrechen. Dann bedeutet Gl. (1)

$$\lambda_r = \cos\varphi + \xi\sin\varphi(\lambda_E\sin\varphi - \sqrt{1-\lambda_M^2}\cos\varphi) + \ldots \quad (4)$$

Gl. (2)

$$\lambda_r = \cos\varphi + \xi\sin\varphi(\lambda\sin\varphi - \sqrt{1-\lambda^2}\cos\varphi) + \ldots \quad (5)$$

und Gl. (3)

$$\lambda\sin\varphi - \sqrt{1-\lambda^2}\cos\varphi = \lambda_E\sin\varphi - \sqrt{1-\lambda_M^2}\cos\varphi \quad (6)$$

(unabhängig von ξ). Diese Ausdrücke sind in dem betreffenden Aufsatze direkt abgeleitet worden, u. zw. zeigt sich dann, daß man diese Ausdrücke sofort erhält, wenn man von vornherein die Oberwellen des Gleichrichterstromes im Effektivwert des Gesamtstromes unterdrückt.

Digitized by Google

Zur weiteren Erläuterung wurde ein Beispiel durchgerechnet mit den Werten eines praktischen Falles: $\xi = 0{,}01$, $\cos\varphi = 0{,}900$, $\lambda_E = 0{,}780$, λ_M 0,895. Dabei stellt sich übrigens heraus, daß man λ_r nach den genauen Gl. (1) und (3) mittels fünfstelliger Logarithmen rechnen muß, wenn man mit den mittels Rechenschieber errechneten Werten von λ_r nach den Näherungsgleichungen (4) und (6) einen sinnvollen Vergleich anstellen will. Man findet nach Gl. (1) $\lambda_r = 0.89972$ und nach Gl. (4) $\lambda_r = 0{,}89973$ und demgemäß nach Gl. (3) $\lambda = 0.872$ und schließlich nach der Näherungsformel (6) denselben Wert $\lambda = 0{,}872$ (Fehler $< 0{,}1\,\%$). Die Genauigkeit der Resultate ist also größer als praktisch notwendig wäre. Erst die aus Gl. (6) weiter abgeleitete gröbere Näherungsgleichung

$$\lambda = \lambda_E + (\lambda_M - \lambda_E)\cos\varphi$$

liefert mit $\lambda = 0{,}883$ einen ungenaueren Wert (Fehler = 1 %). Um die Näherungsformel darüber hinaus noch einer schärferen Prüfung zu unterwerfen, wurde dieselbe Rechnung durchgeführt für den praktisch wohl kaum vorkommenden Fall $\xi = 0{,}1$. Die Rechnung ergibt dann nach der genauen Gleichung (3) den Wert $\lambda = 0{,}863$ gegenüber dem Werte 0,872 nach der Näherungsformel (6) (Fehler = 1 %) und gegenüber dem Werte 0,883 nach der letzten gröberen Näherungsformel (Fehler = 2 %) bei einem resultierenden Leistungsfaktor $\lambda_r = 0{,}896\,80$.

Nach alledem erscheint mir der Einwand des Herrn Prof. FAYE-HANSEN völlig unbegründet zu sein.

Berlin-Wilmersdorf, 26. X. 1930.

K. Müller-Lübeck.

LITERATUR.

Besprechungen.

Elektrowerkzeuge, Kleinwerkzeugmaschinen mit Einbaumotor und biegsamen Wellen. Von Dr.-Ing. H. Fein. Mit 164 Textabb., V u. 112 S. in gr. 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1929. Preis kart. 6,90 RM.

Das Buch soll den Betriebsingenieuren, Konstrukteuren und Meistern sowie den Studierenden Aufschluß über Elektrowerkzeuge geben. Die ganze Materie ist mit viel Geschick behandelt und die vielerorts gegebenen Tabellen geben ein gutes Bild über die Leistungsfähigkeit solcher Werkzeuge. Dem Betriebsingenieur wäre es vielleicht für seine Zwecke angenehmer, wenn er direkt verwendbare Werte für Zeitbestimmungen bekäme und Umrechnungen nicht erst vornehmen müßte. Der Verfasser sagt in seiner Einleitung, daß ihm Unterlagen der meisten in- und ausländischen Hersteller zur Verfügung standen. Leider ist dieses Material bildmäßig nicht gebracht worden, und so entsteht das Empfinden, daß die an sich gute Arbeit nur ein Propagandamittel einer einzigen Firma darstellt. Ludwig.

Atombau und Spektrallinien. Wellenmechanischer Ergänzungsband. Von A. Sommerfeld. Mit 30 Abb., X u. 351 S. in 8°. Verlag Friedr. Vieweg & Sohn A.G., Braunschweig 1929. Preis geh. 12 RM, geb. 14,50 RM.

Das Sommerfeldsche Buch ist seit einer Reihe von Jahren das gründlichste und umfassendste Lehrbuch vom inneren Aufbau des Atoms, das wir besitzen. Nachdem es vor einigen Jahren bereits die 4. Auflage erreicht hatte, traten in der Quantentheorie jene umwälzenden Entwicklungen ein, die an die Namen de Broglie, Schrödinger und Heisenberg geknüpft sind; die Darstellung dieser neuen Entwicklungsrichtung ist der Gegenstand des vorliegenden wellenmechanischen Ergänzungsbandes, der jedoch nicht nur als Ergänzung des älteren Bandes zu betrachten ist, sondern für jeden Kenner des Gebietes seinen selbständigen Wert besitzt.

Auch dieses Buch des bekannten Münchener theoretischen Physikers zeichnet sich durch seine auf physikalische Probleme gerichtete Zielsetzung aus, der das Mathematische immer nur Mittel zum Zweck ist, ein Mittel freilich, das der Verfasser mit seltener Virtuosität beherrscht. So finden wir nach einer kurzen Darstellung der begrifflichen Grundlagen, die wir im Interesse des besseren Verständnisses für den Leser allerdings gern etwas ausführlicher gesehen hätten, eine ausführliche Darstellung aller Spezialprobleme, die vom einfachsten Fall ausgehend in durchsichtiger Weise bis zu den verwickeltsten Anwendungen aufsteigt. Besonderes Interesse dürften die relativistischen Verallgemeinerungen erwecken, ferner die Behandlung der Elektronenbeugung und des Elektronendralls, welche Probleme man hier mit Sommerfeldscher Gründlichkeit durchgedacht findet. Diese Gründlichkeit, verbunden mit einfacher Klarheit der Sprache, macht das Buch ebenso zu einem Lehrbuch wie zu einem Nachschlagewerk für jeden, der in der Quantenmechanik experimentell oder theoretisch mitarbeiten wil.

H. Reichenbach.

Wasserkraft-Jahrbuch 1928/29 (4. Jahrg.). Herausg. v. Prof. Dr.-Ing. K. Dantscher u. Ing. C. Reindl. Mit 223 Abb. i. Text u. 487 S. in 8°. G. Hirth Verlag AG., München 1929. Preis geb. 22 RM.

Zum vierten Male erscheint nunmehr das Wasserkraft-Jahrbuch in unverändertem Umfange und gleichbleibender Form. Dies spricht für seine rasche Einführung und seine Bewährung. Wie in den früheren Bänden gliedert sich das neue Jahrbuch wieder in vier Abschnitte. Im 1. Abschnitt wird die Entwicklung der Wasserkraftnutzung in verschiedenen europäischen Ländern aufgezeigt. Diese Übersichten sind nicht nur an sich interessant; denn sie können gleichzeitig Grundlagen abgeben für die Probleme der „zwischenstaatlichen Energiewirtschaft" oder für eine „Energiewirtschaft ohne Staatengrenzen", wie es im Vorwort zur Neuerscheinung heißt. Der 2. Abschnitt behandelt die Wasserkraft- und Energiegesetzgebung in den wichtigsten Wasserkraftländern Europas, dann die hydrographischen Institute Europas. Die übrigen Aufsätze dieses Abschnittes behandeln „die wirtschaftsgeographischen Grundlagen der österreichischen Energiewirtschaft und ihre Beziehungen zum Deutschen Reich", „wasserwirtschaftliche Untersuchungen mit besonderer Berücksichtigung der Korrelationsmethode", „Gewässerkunde als Unterlage für Projektierung, Bau und Betrieb von Wasserkraftanlagen" und „die Gefällsaufteilung an Kraftstaffelflüssen". Der 3. Abschnitt bringt zunächst einen ästhetischen Aufsatz über die „Wasserkraftanlagen im Landschaftsbild", dann „die Bedeutung des Versuchswesens für die Ausbildung der Wasserkraftwerke", „die Dehnungen im Druckschacht des Achenseekraftwerks", „die Betonauskleidung der Werkkanäle" und einen „Beitrag zur Systematik optimaler Stollenprofile und zur hydraulischen Nomographie künstlicher Gerinne".

Der 4. Abschnitt „Wasserkraftmaschinen" behandelt folgende Themen: „der Fortschritt der amerikanischen Wasserturbinen bis zum Jahre 1929", „neuere schwedische Wasserturbinen", „über Anfressungen bei Wasserturbinen und Erprobung von gegen Anfressungen besonders widerstandsfähigen Baustoffen", „rechnerische Untersuchungen zum Kavitationsproblem", „Wellenschwingungen bei Freistrahlturbinen", „zur Theorie des Auswuchtens rasch umlaufender Körper, insbesondere von Turbinenlaufrädern", „die Steuerungseinrichtungen selbsttätiger Turbinenregler".

Die außerordentliche Vielseitigkeit des gebotenen Stoffes, behandelt von Kennern, wird allein genügen, daß auch der neue Band des Wasserkraft-Jahrbuches von selbst seinen Weg gehen wird, zumal auch der Verlag für eine gediegene Aufmachung gesorgt hat.

O. Streck.

Eingegangene Doktordissertationen.

Heinrich Graf Rehbinder, Untersuchung des Einflusses der Feldstärke und der Polarität der Elektroden sowie der Dielektrizitätskonstanten des zu überschlagenden Stoffes auf die Höhe der Überschlagstoßspannung im unhomogenen Feld. T. H. Braunschweig 1930.

A. Ludwig Müller, Die Beanspruchungen des Ölschalters im Abschaltvorgang. T. H. Dresden 1930. (Sonderdruck aus „Arch. El." 1930, Bd. 25.)

Franz Neugebauer, Schwingungsdämpfung bei endlicher Dämpferträgheit mit Anwendung auf die Drehschwingungen von Kurbelwellen für Flugzeugmotoren. T. H. Dresden 1930. (Sonderabdruck aus „Techn. Mechanik u. Thermodynamik" Bd. 1 (1930), H. 4 u. 5.)

Siegfried Berg, Zur Frage der Beanspruchung beim Dauerschlagversuch. T. H. Darmstadt 1929.

Alfred von Engel, Elektrische u. gasanalytische Untersuchungen von Lichtbogen in Öl. T. H. Darmstadt 1930.

Wilhelm Esser, Wirtschaftlichkeitsberechnungen isolierter Rohrleitungen u. ihre wärmetechnischen Grundlagen. T. H. Darmstadt 1929.

Alfred Haltmeier, Auskühlung ebener u. zylindrischer Wände aus dem Beharrungszustand. T. H. Darmstadt 1927.

Digitized by Google

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Die Verteilung der Elektroindustrie in Deutschland 1925. — Während die gewerbliche Betriebszählung von 1907 für die Elektroindustrie des damals größeren Deutschlands 5956 Betriebe mit 142 171 Beschäftigten festgestellt hatte, ergab die erste Erhebung nach dem Krieg im Jahr 1925 ohne das Saargebiet 21 993 Betriebe mit 448 044 darin tätigen Personen, wenn man die örtlichen[1], und 23 805 Betriebe mit 393 879 Personen, wenn man die technischen[2] Betriebseinheiten ins Auge faßt. Das Folgende bezieht sich ausschließlich auf letztere. Die Reichsstatistik von 1925 hat die gesamte Elektroindustrie in nachstehende 17 Unterabteilungen gegliedert gegen nur 7 im Jahr 1907:

Erzeugung bzw. Betriebszweck	Anzahl der Betriebe	Anzahl der Beschäftigten
1. Elektrische Maschinen und Transformatoren	402	51 423
2. Starkstromapparate	289	26 539
3. Heiz- und Kochvorrichtungen	280	10 609
4. Elektrizitätszähler	41	11 928
5. Glüh- und Bogenlampen	425	29 164
6. Kabel und Leitungen	206	22 380
7. Akkumulatoren	235	11 007
8. Installationsmaterial	765	29 031
9. Meßinstrumente	58	7 292
10. Apparate für Telegraphie und Telephonie mit Draht	135	30 182
11. Apparate für Telegraphie ohne Draht	387	12 464
12. Elektrische Fernmeldeeinrichtungen	96	5 121
13. Elektromedizinische Apparate	138	5 337
14. Elektrotechnische Kohleerzeugnisse	30	5 436
15. Isoliermaterial	147	8 059
16. Elektrotechnische Installation	18 418	116 071
17. Reparaturwerkstätten für elektrische Maschinen	1758	11 833
Summe	23 805	393 879

3629 Betriebe oder rd. 15 % der Gesamtzahl und 265 975 Personen bzw. rd. 67 % aller Beschäftigten gehörten zur eigentlichen elektrotechnischen Fabrikation, während der Rest auf Installationsgeschäfte und Reparaturwerkstätten entfiel. Zu diesen beiden Gruppen zählten von 16 719 Betrieben mit bis zu 5 Beschäftigten nicht weniger als 14 957 oder 91 %. Auf die nach der Zahl der Betriebe wichtigsten Gebiete des Deutschen Reichs war die Elektroindustrie in folgender Weise verteilt:

Gebiet	Anzahl der Betriebe	Anzahl der Beschäftigten
Berlin	3274	147 833
Bayern	2874	32 914
Rheinprovinz	2738	33 786
Freistaat Sachsen	2127	32 285
Westfalen	1350	16 869
Württemberg	1079	22 835
Niederschlesien	1079	9 428
Hannover	1032	8 505
Provinz Sachsen	992	7 562
Baden	934	10 546
Hessen-Nassau	900	18 698

Danach waren fast zwei Fünftel, 37,5 %, aller von der Elektroindustrie Beschäftigten in Berlin tätig. Daneben sind in dieser Beziehung als die bedeutendsten Standorte der deutschen Elektroindustrie Stuttgart mit Feuerbach, Nürnberg, Frankfurt a. M., Köln, Leipzig, München, Mannheim, Dresden mit Umgebung und Breslau anzusehen, wo überall mehr als 3000 Beschäftigte festgestellt worden sind. Eine stärkere Verbreitung über größere Teile eines Gebiets zeigt sich nur in dem nördlichen Teil der Rheinprovinz und dem Freistaat Sachsen. Natürlich können die hier mitgeteilten Zahlen heute in den meisten Fällen nur noch annäherungsweise gelten, doch wird man bis zu der nächsten Erhebung bei Erörterungen über den Umfang und die Verteilung der Elektroindustrie immerhin an sie anknüpfen müssen. Der Zentralverband der deutschen elektrotechnischen Industrie[3] nennt für 1929 als Zahl der in Betrieben mit 5 und mehr Arbeitnehmern Beschäftigten 351 791 (1926: 273 861), wovon 280 242 (214 617) auf Arbeiter und 71 549 (59 244) auf Angestellte entfielen. 66,1 % aller Beschäftigten waren in Betrieben mit mehr als 5000 Arbeitnehmern tätig.

Dr. B. Schmidt.

[1] Hierunter fallen auch gemischte Betriebe mit z. T. nicht elektrotechnischer Fabrikation.
[2] Hier sind die nicht elektrotechnischen Teile gemischter Fabrikation unberücksichtigt geblieben, elektrotechnische Abteilungen und Nebenbetriebe anderer Industriezweige aber als besondere Betriebe mitgezählt worden.
[3] Statistischer Bericht 1930, S. 258.

Italiens elektrotechnischer Außenhandel[1]. — Im ersten Halbjahr 1930 ist der Wert der Einfuhr elektrotechnischer Erzeugnisse von 180,837 Mill Lire i. V. auf 192,976 Mill Lire, also um nahezu 7 % gestiegen. Die Erhöhung betraf hauptsächlich Generatoren, Transformatoren, verschiedene elektrische Apparate und Radiogerät, während der Import von nicht näher bezeichneten Schwachstromvorrichtungen, Ofenelektroden, Elektrizitätszählern, Porzellanisolatoren und Glühlampen abgenommen hat. Der Wert der Ausfuhr betrug 44.922 Mill Lire gegen 46,859 i. V., hat sich also um 1,937 Mill Lire oder 4 % verringert. Zurückgegangen ist insbesondere der Export von Isolierrohren und Glühlampen; verschiedene elektrische Vorrichtungen, Radiogerät und nicht näher bezeichnete Apparate, isolierte Drähte und teilweise auch Generatoren weisen dagegen größere Beträge als in der gleichen Periode von 1929 auf.

Elektrische Lichtreklame in den V. S. Amerika. — Wie El. World mitteilt, ist jetzt zum erstenmal eine offizielle Statistik über den Wert der in den V. S. Amerika hergestellten elektrischen Lichtreklame, u. zw. für 1929 erschienen, nämlich der noch geringfügigen Änderungen unterliegende Bericht des Census of Manufactures, der diesen Wert auf rd. 31,716 Mill $ schätzt. Davon entfielen rd. 8,954 Mill $ auf die Reklame mit Neonröhren, ein Betrag, der sich mit den Erzeugnissen solcher Werke, die hauptsächlich Maschinen, Apparate usw. herstellen, auf rd. 9,172 Mill $ erhöht. Dabei ist die Produktion von Unternehmungen, deren Fabrikate geringer als 5000 $ bewertet werden, nicht berücksichtigt. Man kann also im ganzen mit rd. 32 Mill $ und einem Anteil der Neonröhrenreklame von etwa 30 % rechnen.

Vorgänge im Ausland. — Die Allmänna Svenska Elektriska AB., Västerås, hat von der schwedischen Handelsbank rd. zwei Drittel des 3,06 Mill Kr betragenden Aktienkapitals der Luth & Roséns Elektriska AB. erworben. Beide Gesellschaften sollen, ohne daß eine Vereinigung beabsichtigt ist, gemeinsam die große Verkaufsorganisation der Asea ausnutzen. — Nach der Ind. u. Handelszg. haben die in Polen bestehenden Fabriken von Kabeln und isolierten Leitungen gemeinsam das Centralverkaufsbüro für elektrische Leiter G. m. b. H., gegründet, um den einzelnen Werken möglichst gleichmäßige Beschäftigung zu sichern, die Produktionskosten zu verringern, den Versand zu verbilligen und die Auslandskonkurrenz zu bekämpfen.

Aus der Geschäftswelt. — Zu unserer Notiz über Verhandlungen des Siemens-Schuckert-Konzerns mit Großaktionären der „Elin" AG. für elektrische Industrie, Wien, in der ETZ 1930, S. 1703, wird uns mitgeteilt, daß diese Verhandlungen nicht infolge Einspruchs des österreichischen Handelsministers abgebrochen seien, sondern ohne irgendeinen Druck seitens des letzteren aus eigener Initiative der Österreichischen Siemens-Schuckert-Werke. — Seit dem 1. XII. hat die Gesellschaft für elektrische Unternehmungen-Ludw. Loewe & Co. AG., Berlin, die Vertretung für die Feinmeßwerkzeuge der Firma Carl Zeiß, Jena, in allen das metrische Maßsystem benutzenden Ländern außer der V. S. Amerika übernommen. — Die Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft und die A. Borsig G. m. b. H., Berlin, bringen ihre jetzt in Hennigsdorf bzw. Tegel betriebenen Lokomotivfabriken in eine gemeinsame G. m. b. H. ein.

In das Handelsregister wurden eingetragen: Elektro-Apparate & Armaturen-Fabrik Kiesel G. m. b. H., München (0,1 Mill RM): Herstellung elektrischer Spezialschaltgeräte und Apparate sowie vollständiger Schaltanlagen für Gleich- und Wechselstrom usw.; Stahmann & Co. G. m. b. H., Berlin (25 000 RM): Fabrikation und Vertrieb elektrotechnischer und brancheverwandter Artikel; P-H-Lampen- & Elektro-Gesellschaft m. b. H., Köln (20 000 RM): Großvertrieb von P-H-Lampen und verwandter Erzeugnisse; Otto Backhaus, G. m. b. H., Oberbrügge (20 000 RM): Herstellung udn Vertrieb von Waren elektrotechnischer Art aus Preßmaterial; „Atelos" Elektro-Leuchtband G. m. b. H., Berlin (25 000 RM): Herstellung, Vertrieb und Verleihung von Leuchtband, Reklameplatten und Reklameapparaten sowie Herstellung und Vertrieb der dazu gehörigen Leuchtbänder usw.; C. J. Vogel Draht- und Kabelwerke Vertriebsgesellschaft m. b. H., Berlin (20 000 RM): Vertrieb elektrotechnischer Materialien aller Art, insbesondere der Erzeugnisse der C. J. Vogel Draht- und Kabelwerke AG.

[1] Nach L'Energia el. Vgl. ETZ 1930, S. 920.

Abschluß des Heftes: 18. Dezember 1930.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 18 200 Expl.

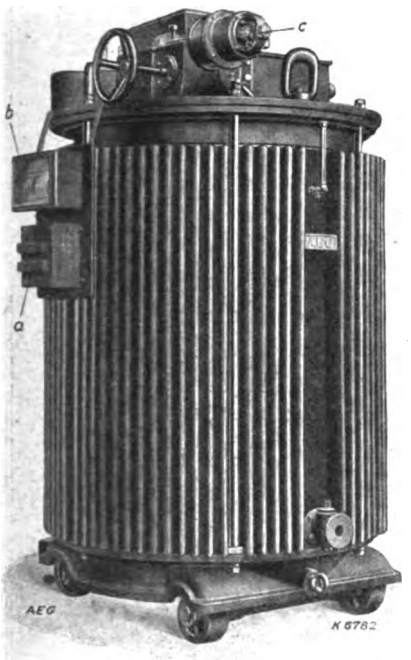
Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Steuerung von Drehtransformatoren.

Mitteilung der AEG.

Die Spannungsreglung in Drehstromnetzen ist im Laufe der Entwicklung der Groß-Kraft-Fernübertragung und durch die Zusammenfassung getrennt arbeitender Werke zu einer wichtigen Aufgabe der Starkstromtechnik geworden. Auf diesem Gebiete haben sich die Drehtransformatoren in den letzten Jahren neben den übrigen Spannungsregelsystemen nicht nur behauptet, sondern sie haben insbesondere für Ausläuferstationen an Bedeutung zugenommen. Die großen Vorteile dieser Apparate für Spannungsreglung, insbesondere in Transformatoren- und Verteilungsstationen, können erst durch eine betriebsichere, selbsttätige Steuerung in vollem Umfange zur Geltung kommen, weshalb auch die AEG der Entwicklung dieser Einrichtungen stets besondere Bedeutung beigemessen hat.



a = Vorschaltwiderstand, b = Schaltapparat, c = Antriebsmotor.

Abb. 1. Drehtransformator mit Ölfüllung.

Die übliche Ausführung eines größeren Drehtransformators mit Ölfüllung und angebauten Betätigungsorganen zeigt Abb. 1. Die Schaltung einer automatischen Spannungsregeleinrichtung ist etwas vereinfacht in Abb. 2 dargestellt. Die Verdrehung des Läufers des Drehtransformators bewirkt ein kleiner Antriebsmotor beliebiger Stromart, der über eine zweifache Schneckenradübersetzung mit der Welle des Läufers gekuppelt ist.

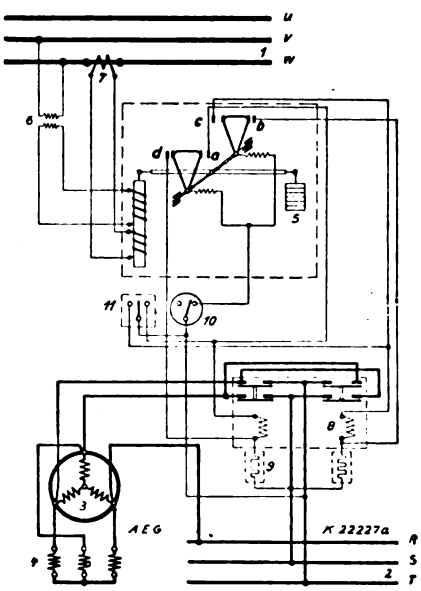
Das Einschalten des Antriebsmotors in beiden Drehrichtungen sowie das Abschalten wird von einem Schaltapparat besorgt, der für beide Drehrichtungen aus je einem Schütz und bei automatischer Spannungsreglung außerdem noch aus zwei Zwischenschützen besteht, welche die Spulen der Hauptschütze schalten. Die Zwischenschütze sind im Schaltbild der Übersichtlichkeit wegen fortgelassen. Nach Abfallen der Schütze wird der Antrieb durch einen Bremsluftmagnet rasch abgebremst. Diese Betätigungseinrichtung wird zwecks automatischer Spannungsreglung durch ein betriebsicheres und empfindliches Spannungsrelais gesteuert.

Der Vorgang beim automatischen Regeln ist folgender: Die Spannung hat sich geändert, wodurch sich die Zugkraft der Spannungsspule des Relais ändert, und das Relais z. B. nach rechts ausschwingt. Hierbei wird der Kontakt a geschlossen und dadurch die linke Schützspule an die Betätigungspannung gelegt. Das Schütz schaltet ein, der Motor läuft an und verstellt den Drehtransformator. Die Spannung ändert sich im gewünschten Sinne, und der Kontakt a öffnet sich. Der Motor läuft aber weiter, da die Schützspule durch das Zwischenschütz an die Betätigungspannung angeschlossen bleibt. Er wird erst ausgeschaltet und abgebremst, wenn der Kontakt d geschlossen ist. Hierdurch wird die Spule des Zwischenschützes kurzgeschlossen und beide Schütze fallen ab. Dies geschieht noch vor Berührung des Kontaktes c, der für die Reglung in der entgegengesetzten Richtung dient. Das Relais kann auch durch den Belastungsstrom beeinflußt werden, wodurch der Spannungsabfall, wenn verlangt, kompensiert werden kann.

Die automatische Steuereinrichtung muß bei Parallelbetrieb von Drehtransformatoren, die in die Stromkreise von hoch- und niederspannungseitig parallel geschalteten Transformatoren angeschlossen sind, erweitert werden. In derartigen Betrieben muß stets dafür gesorgt werden, daß die Läufer der Drehtransformatoren genau die gleiche räumliche Stellung haben, da sonst hohe Ausgleichströme Überlastungen und Betriebstörungen verursachen würden. Die gleiche Stellung der Läufer kann automatisch durch verschiedene Verfahren erreicht werden.

Die nächstliegende Lösung ist die mechanische Kupplung der Drehtransformatoren. Dies geschieht am einfachsten mit Hilfe einer gemeinsamen Welle, die mit den Motorenwellen der einzelnen Drehtransformatoren durch Kegelradpaare verbunden sind.

Ein zweites Verfahren besteht darin, daß die ungleiche Stellung der Läufer der Drehtransformatoren mit Hilfe einer Potentiometerschaltung zur Betätigung der Fernantriebe benutzt wird. Die Wellen der Läufer sind mit je einem Kontaktarm versehen, die über feststehende Widerstände hinwegschleifen. Die Widerstände sind parallel zu einer Gleichstromhilfsquelle angeschlossen. Zwischen den Kontaktarmen tritt ein Potentialunterschied auf, sobald sie nicht an der gleichen Stelle der Widerstände stehen, d. h. sobald die Läuferstellungen verschieden sind. Die Überwachungsrelais der automatischen Regeleinrichtungen sprechen durch diesen Spannungsunterschied an und betätigen die vorgenannte Steuereinrichtung.



1 = Hauptstromkreis, 2 = Betätigungsstromkreis, 3 = Antriebsmotor des Drehtransformators, 4 = Bremsluftmagnet, 5 = Spannungsrelais, 6 = Spannungswandler, 7 = Stromwandler, 8 = Schaltapparat, 9 = Vorschaltwiderstand, 10 = Umschalter auf nicht automatischen Betrieb, 11 = Betätigungsschalter.

Abb. 2. Prinzip-Schaltbild der selbsttätigen Spannungsreglung.

Ein drittes, rein elektrisches Verfahren ist das Differential-Wattmeter-Verfahren. Die Ausgleichströme, die bei ungleicher Winkelstellung auftreten, verursachen eine ungleiche Blindleistungsverteilung. Die Blindleistungen der einzelnen Transformatoren und Drehtransformatorensätze werden mit Hilfe vom empfindlichen Wattmeter-Differential-Relais miteinander verglichen. Im Falle von Ungleichheiten betätigt das Relais den Fernantrieb, bis die gleiche Blindleistungsverteilung wieder hergestellt ist.

Digitized by Google

Aufklärung zum Patentstreit

der Rheinisch-Westfälischen Sprengstoff-Actien-Gesellschaft gegen die H. Römmler Aktiengesellschaft, Spremberg N/L

Die Rheinisch-Westfälische Sprengstoff-Actien-Gesellschaft, Troisdorf, hat in Nr. 97 des Elektrotechnischen Anzeigers über einen zwischen ihr und der H. Römmler A.-G., Spremberg, schwebenden Rechtsstreit eine Veröffentlichung erscheinen lassen, die die Rechtslage nur zum Teil darlegt und uns deshalb nötigt, folgende

FESTSTELLUNGEN

zu treffen:

1. In dem Rechtsstreit, dessen erstinstanzlicher Ausgang das von der Rheinisch-Westfälischen Sprengstoff Actien-Gesellschaft veröffentlichte Urteil bildet, **sind Sachverständige nicht gehört worden.**

2. Gegen das Urteil des Landgerichts I ist **Berufung** eingelegt worden, **das Urteil ist daher nicht rechtskräftig.**

3. Die **Zwangsvollstreckung** ist durch Beschluß des Kammergerichtes, 10. Zivilsenat, vom 24.11.1930 hinsichtlich der Rechnungslegung ohne Sicherheitsleistung, im übrigen gegen Sicherstellung **eingestellt.**

4. **Gegen das Haupt-Klagepatent ist von der H. Römmler A.-G. Nichtigkeitsklage erhoben worden.**

Die Warnung „vor dem Bezuge und der Weiterverarbeitung der von der H. Römmler A.-G. hergestellten Preßmassen und Preßteile" muß entsprechend den vorstehenden Feststellungen beurteilt werden.

Die **H. Römmler Aktiengesellschaft**
Spremberg N/L
liefert nach wie vor die nach eigenem Verfahren hergestellten bekannten Erzeugnisse weiter.

H. Römmler Aktiengesellschaft
Spremberg N/L

Digitized by Google

Springer Library

JAN 14 1931

E T Z

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

INHALT

Über Versuche mit Induktionskondensatoren.
Von K. Fischer. 1765

Isolatoren aus Kieselsäureglas (Quarzisolatoren) (Schluß).
Von F. Skaupy. 1768

Die Gleichungen und das Diagramm der Wechselstromleitung.
Von F. Pinter. 1772

Mitt. d. PTR. Nr. 290. 1776

Rundschau

Selbsttätige Wasserspiegelregelung für Stauwerke. 1776
Auswuchten von Rotoren. 1777
Isogußgeräte. 1778
Apparat z. Mess. der Farbtemperatur el. Glühlampen. 1778
Zentrale Überwach. v. Heizung u. Lüftung. 1779
Konzentr. Verbindungsklemme f. Freileit. 1779
El. Lokomotiven f. d. Pennsylvania-Bahn. 1779
50 Jahre Aachener Straßenbahn. 1780
Die neueste Entwickl. der Siemens-Bodenfräse. 1780
Wirtschaftlichkeit der Förderung in Abbaustrecken b. steiler u. b. flacher Lagerung. 1781
Elektrische Antriebe im neuzeitlichen Tafelglas-Ziehverfahren. 1781
Uhrenanlagen m. kurzzeitig. Pendelsynchronisier. u. Elementbetr. 1782
Anormale Stromleit. als Ursache dielektr. Nachladung. 1783
Isolier. v. Hochspannungsleit. in der Nähe des Meeres. 1783
Bericht über Isolatoren auf der Internat. Hochspannungskonf. Paris 1929. 1784
Über die Stufe im Funkendurchbruch nach neueren Aufnahmen mit dem Kathodenstrahl-Oszillogr. 1784
El. Warmbehandlungsöfen im Fließarbeitsprozeß. 1785
Bericht des Vereins zur Überwach. d. Kraftwirtsch. d. Ruhrzechen 1929/30 (Auszug). 1785
Energiewirtschaft. 1786

Vereinsnachrichten. 1786

Persönliches: E. Kaan. 1787

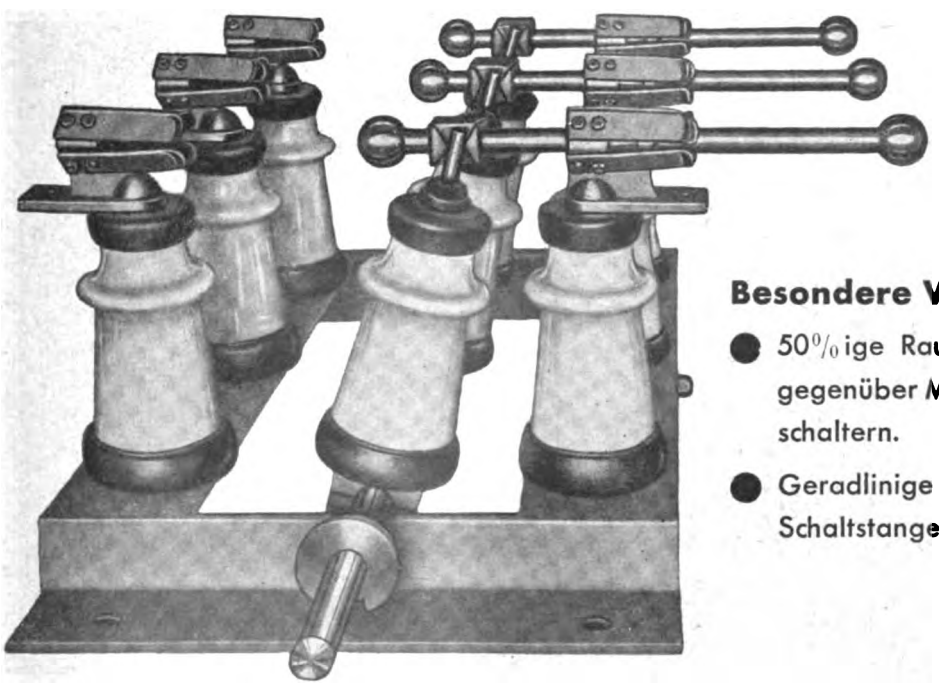
Literatur: P. S. Rini, F. Kuchenmeister, F. Singer, M. Pupin, G. v. Hanffstengel, Richards u. Geier. 1787 — Eingegang. Doktordissertat. 1788

Geschäftliche Mitteilungen. 1788

SUKLAM-Schubtrennschalter

mit Kugel-Kontakten und
Suklam-Stützisolatoren

D. R. P.



Besondere Vorzüge:

- 50%ige Raumersparnis gegenüber Messer-Trennschaltern.
- Geradlinige Führung der Schaltstangen.

E. NEUMANN Hochspannungs-Apparate, G. m. b. H.
Berlin-Charlottenburg 5, Spandauer Str. 10a—11

52. HEFT · 51. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9
(1765—1788) 25. DEZEMBER 1930

Digitized by Google

Der Name

Pittler

verkörpert
den Begriff
höchster
Vollendung

Original Pittler
Revolverdrehbänke

Ein- u. Mehrspindel-
Automaten

Form- u. Schrauben-
Automaten

Halbautomaten

Selbstöffnende
Gewindeschneid-
Köpfe

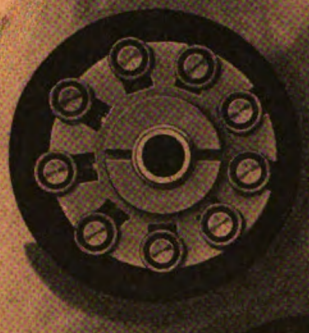
Verlangen
Sie
Leistungs-
Angaben

PITTLER WERKZEUG-
MASCHINENFABRIK A-G
LEIPZIG · WAHREN

Die

Wahrzeichen

erhöhter
Leistung



Zylinderstern
des
Lauf-Thoma
Pressölgetriebes

Das
Zeichen
für
Qualität

Handrad und Skala
für stufenlose
Drehzahlregelung

**Hydraulische
Spindelantriebe**

bei
Drehbänken und
Revolverbänken
liefert allein die

MAGDEBURGER
WERKZEUGMASCHINEN-
FABRIK A-G
MAGDEBURG

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

51. Jahrgang · Berlin, 25. Dezember 1930 · Heft 52

Über Versuche mit Induktionskondensatoren.

Von K. Fischer, Köln.

Übersicht. Bei Prüftransformatoren mit abgestufter einlagiger Zylinderwicklung beobachtet man, daß schon im Leerlauf die durch die Zylinderkapazität bewirkte voreilende Blindleistung größer wird als die nacheilende Magnetisierungsarbeit. Durch besondere Konstruktionen kann man die Wicklungskapazität so steigern, daß eine einfache Kompensationseinrichtung zum Ausgleich nacheilender Ströme entsteht. Es werden verschiedene Möglichkeiten erörtert, diese Methode der Kompensation zu verwerten.

Einleitung.

Es ist bekannt, daß bei Transformatoren höherer Spannung der Leerstrom kleiner gemessen wird, als sich aus der Magnetisierung des Eisens errechnet, weil die Hochspannungswicklung Kapazitätströme führt, die sich über den Kern auf die Primärwicklung übertragen. Die von mir beschriebene[1] Sonderkonstruktion eines Transformators mit einlagig bewickelten Zylinderspulen zeigt nebenbei die Eigenschaft, daß sich diese Stromverminderung im Leerlauf mit ziemlicher Genauigkeit vorausberechnen läßt, weil die Oberspannungswicklung eine Serienschaltung von Zylinderkondensatoren darstellt (Abb. 1), deren Ladespannungen bekannt sind. Man kann das elektrisierte Luft- oder Ölvolumen leicht feststellen und daraus zunächst die voreilende Blindleistung berechnen. In einem Volumenelement von der Länge l, dessen Grenzflächen F mit der Spannung U geladen sind, fließt bei einer Frequenz ω ein Verschiebungstrom

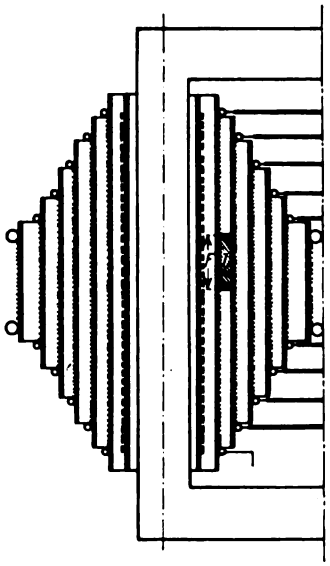


Abb. 1. Transformator mit Wicklung nach Fischer.

$$I = \omega \frac{\varepsilon F}{4\pi l} U \cdot \frac{10^{-11}}{9} \quad [\mathrm{A}].$$

Die Blindleistung ergibt sich durch Multiplikation mit U; wenn man gleichzeitig das Produkt $l F$ durch das Volumen V ersetzt, ist die Blindleistung

$$N = \frac{\omega \varepsilon}{4\pi} \cdot \frac{10^{-11}}{9} \cdot \frac{U^2}{l^2} V \quad [\mathrm{VA}].$$

Im Lufttransformator ist $\varepsilon = 1$; setzt man U/l gleich der Feldstärke $\mathfrak{E}$ und ω gleich $2\pi f$, dann ist

$$N = \frac{f}{2} \cdot \frac{1}{9} \cdot 10^{-11} \cdot \mathfrak{E}^2 V \quad [\mathrm{VA}].$$

Diese Blindleistung im Dielektrikum wird nun auf dem Wege über die Blindströme in der Hochspannungswicklung auf die Unterspannungswicklung übertragen, und man braucht diese Blindleistung nur von der nacheilenden Blindleistung des Eisenkernes abzuziehen, um die in Wirklichkeit aufzudrückende Leerlaufarbeit zu erhalten.

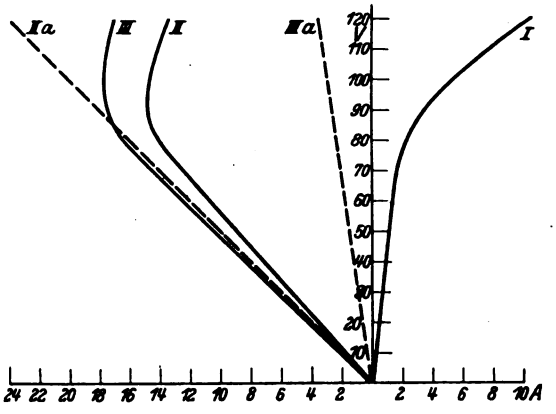


Abb. 2. Magnetisierungskennlinien.

Der Leerstrom wird also nach dem Aufbringen der Hochspannungswicklung um einen gewissen Betrag kleiner sein als vorher, oder er wird überhaupt voreilend sein. Bei einem Prüftransformator mit Ölisolation dieser Bauart ergaben sich z. B. die Magnetisierungskurven der Abb. 2. Schaulinie I bedeutet die Stromspannungslinie, wenn die Oberspannungswicklung noch nicht aufgebracht ist, aufgenommen auf der Unterspannungseite; nach Aufbringung der Hochspannungswicklung ergibt sich der Zusammenhang zwischen Strom und Spannung aus der Linie II; die Differenz von II und I ist eine gerade Linie $II\,a$, welche den übertragenen Kapazitätstrom darstellt. Wenn an die Hochspannungswicklung des Transformators noch der isoliert aufgestellte Kessel der nächsten Spannungsstufe mit einem Pol angehängt wird, dann ergibt sich die Schaulinie III, aus der man nebenbei leicht die Kesselkapazität gegen Erde ($III\,a$) feststellen kann.

Abb. 3. Strom- und Spannungsoszillogramm.

Ein anderer solcher Transformator wurde im Leerlauf mit einer Luftdrosselspule in Serie geschaltet und dann das Oszillogramm der Spannung am Transformator u_T und der Spannung an der Drossel u_D sowie das Oszillogramm des Stromes i (Abb. 3) aufgenommen. Das Oszillogramm entspricht folgenden Meßwerten:

	Strom	Spannung	Wattmeterangabe	Scheinleistung	Leistungsfaktor
Transformator ...	13	150	450	1950	0,2305
Drosselspule	13	380	380	4940	0,077
zusammen	13	242	830	3150	0,264

[1] ETZ 1925, S. 186.

Digitized by Google

Greift man zwei übereinander liegende Zylinder aus der Hochspannungswicklung heraus, dann stellen diese einen Kondensator besonderer Art dar. In dem einen steigt die Spannung vom Potential U_1 auf U_2 und im darüberliegenden vom Potential U_3 auf U_4. Die Potentialdifferenz ist aber überall ungefähr gleichgroß, d. h. die Verhältnisse liegen ähnlich, wie wenn eine konstante Spannung U den Enden zugeführt wird, wie dies in Abb. 4 angedeutet ist.

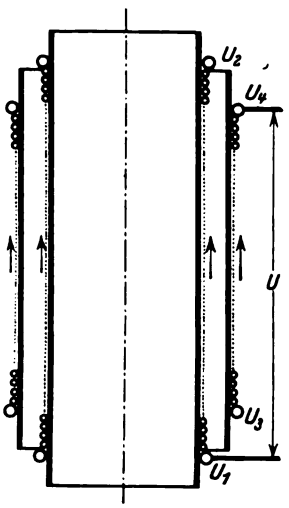


Abb. 4. Gleicher Wickelsinn.

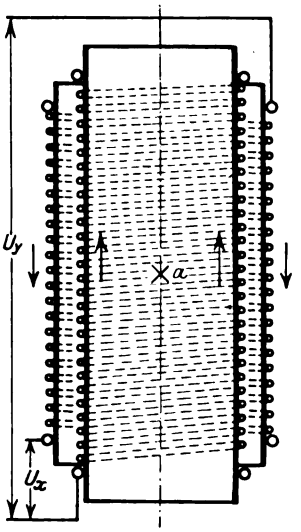


Abb. 5. Ungleicher Wickelsinn.

Wicklungskondensatoren.

Wie die Pfeilrichtung in Abb. 4 angibt, ist der Wickelsinn der beiden einlagigen Wicklungen der beiden Zylinder der gleiche. Betrachtet man diese beiden Zylinder für sich, also losgelöst aus der Transformatorenwicklung, dann bilden sie einen Kondensator. Das Verhalten als Kondensator hängt aber wesentlich davon ab, wie man die Spannung U zuführt. Wenn das wie gezeichnet geschieht, dann werden beide Zylinder bei gleichem Wickelsinn von gleichen Strömen durchflossen, und diese Ströme werden magnetische Felder erzeugen, die sich überlagern; es ist also Induktivität vorhanden. Würde man dagegen die Spannung beiden Zylindern auf derselben Stirnseite zuführen, dann würde der Ladestrom in dem einen in umgekehrter Richtung fließen wie in dem anderen, und dann wirken sich auch die magnetischen Felder entgegen. Ist dagegen, wie dies in Abb. 5 dargestellt ist, der Wickelsinn von zwei konzentrisch angeordneten Zylindern entgegengesetzt, dann erhält man ein magnetisches Summenfeld, wenn man die Wechselspannung U_x auf derselben Stirnseite zuführt. An der Stelle a wird also ein wirkliches magnetisches Feld nachweisbar sein. Führt man dagegen eine Spannung U_y oben und unten zu, dann werden sich die Felder entgegenarbeiten, und jedenfalls wird in der Mitte bei a kein Feld vorhanden sein. Nur an den Stirnflächen wird man Kraftlinien beobachten können, weil auf der einen Seite der Strom im inneren Zylinder und auf der anderen Seite der im äußeren einen Höchstwert hat, während der andere Zylinder jeweils an dieser Stelle den Strom Null führt.

Anordnungen nach Abb. 4 und 5 stellen im Grunde nichts anderes dar als Kondensatoren, bei denen die Beläge nicht wie üblich aus einer zusammenhängenden Metalldecke bestehen, sondern aus isolierten Drähten gewickelt sind, also aus Kondensatoren mit in gewisser Weise „geordneten" Belägen im Gegensatz zu gewöhnlichen Kondensatoren, bei denen man die Wege der einzelnen Ladeströme gar nicht kennt. Auch ein einzelner so bewickelter Zylinder stellt gegenüber einem konzentrisch liegenden Metallzylinder D (Abb. 6) nichts anderes dar. Greift man in allen Fällen ein Längenelement von der Größe X heraus, dann kann man auf jedes solches Längenelement genau wie in der Theorie der langen Leitungen einen Anteil von Widerstand, Induktivität und Kapazität anrechnen. Wie leicht einzusehen, wird man hier die Einheitsgröße nicht wie bei langen Leitungen auf eine Länge von 1 km, sondern etwa auf 1 cm beziehen. Im übrigen lassen sich die Rechnungsmethoden, die für lange Leitungen ausgearbeitet wurden, ohne weiteres auch auf die hier herrschenden Verhältnisse sinngemäß übertragen. Es sei nebenbei bemerkt, daß man mit langen Hartpapierzylindern, die in dieser Weise bewickelt sind, die Vorgänge in langen Leitungen in viel verständlicherer Weise experimentell nachahmen kann als durch einzelne Gruppen von Drosselspulen, Widerständen und Kondensatoren.

In allen Fällen stellen diese skizzierten Kombinationen schwingungsfähige Gebilde dar. Dasselbe gilt auch für die ganze Wicklung eines Transformators nach Art der Abb. 1, die ja im wesentlichen aus Elementen der beschriebenen Art zusammengesetzt ist. Wenn R der Widerstand je Zentimeter Baulänge eines solchen Drahtkondensators ist, C die Kapazität und L die Induktivität je Zentimeter, dann gilt für den Effektivwert von Strom und Spannung am Orte x bekanntlich

$$I_x = \frac{U_E}{\sqrt{2}} A \sqrt{\mathfrak{Cof}\, 2ax - \cos 2bx}$$

$$U_x = \frac{U_E}{\sqrt{2}} \sqrt{\mathfrak{Cof}\, 2ax + \cos 2bx},$$

wenn U_E die bei $x = l$, also am Ende aufgedrückte Spannung und

$$A = \sqrt{\frac{\omega^2 C^2}{R^2 + \omega^2 L^2}}$$

$$a = \sqrt{\frac{1}{2}\omega C \left[\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2} - \omega L\right]}$$

$$b = \sqrt{\frac{1}{2}\omega C \left[\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2} + \omega L\right]}$$

bedeuten. Der Faktor $2bx$ gibt die Länge der Wellen an, mit denen der beschriebene Stromkreis schwingt. Wenn die Wicklung als praktischer Kondensator arbeiten soll, dann darf offenbar $2bl$ nur ein Bruchteil von π sein. Einmal könnte sonst die Spannungserhöhung am Ende gefährlich werden und anderseits könnte die Kapazitätseigenschaft gar zu sehr durch R und L geschmälert werden.

Der Induktionskondensator.

Die beschriebenen Kondensatoren haben die besondere Eigenschaft, daß man ihnen die Ladung außer durch die Wicklung auch durch ein magnetisches Feld zuführen kann. In Abb. 7 a bedeutet A einen Schenkel eines Eisenkernes und B eine Wicklung, mit der man ihn erregen kann. Darüber ist eine Anzahl von Isolierzylindern angeordnet, welche alle mit feinem Emaildraht in einer einzigen Lage bewickelt sind, und zwar die geraden Zylinder in dem einen Wickelsinn und die ungeraden in dem anderen. Die Wicklungen können entweder bis nahe an den Rand gehen oder sie können in normale Flächenbeläge einmünden, wie dies in der Abb. 7 b gezeichnet ist. Es tritt dann eine Potentialverschiebung ein, die in den geraden und ungeraden Zylindern eine entgegengesetzte Richtung hat. Soweit die Wicklung reicht, steigt nämlich die Spannung in den geraden Zylindern, bei denen man z. B. das obere Ende auch erden kann, nach der Linie a an, während die in den ungeraden Zylindern, bei denen man gleichzeitig das untere Ende erden kann, nach der Linie b ansteigt (Abb. 7 c). Die Strichpunktlinie gibt dann die Potentialdifferenz U_D zwischen dem bewickelten Teil der Zylinder an. Diese Anordnung hat eigentlich nur Zweck,

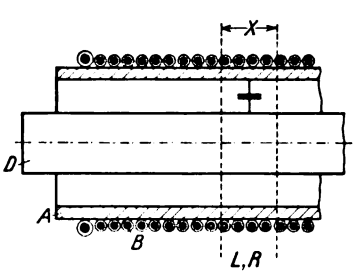


Abb. 6. Ein Zylinder, bewickelt.

wenn man durchgehende Metallbeläge an den Enden anschließt, weil das Dielektrikum in der Mitte nicht ausgenutzt ist. Vorteilhaft ist aber der Umstand, daß die hohe Spannung nicht irgendwie von den Wicklungen abgenommen und weitergeführt wird. Es wurden mit solchen Anordnungen mehrere Versuche ausgeführt, bei denen auch technologische Erfahrungen gesammelt werden konnten. Die Wicklung wurde dabei auf Hartpapierzylinder aufgebracht, und der schon von Prüftransformatoren her bekannte Vorteil der Emaildrähte zeigte sich besonders

Digitized by Google

dann, wenn das Ganze in Öl gesetzt wurde. Das Öl wird bei Verwendung von Emaildrähten stets frei von Fasern bleiben. Die gefundenen Meßergebnisse stimmten immer sehr gut mit den errechneten Werten überein. Die Emaildrahtschicht, bei welcher sich ein Draht dicht an den Nachbardraht anlegt, wirkt wie eine zusammenhängende Fläche.

Eine andere Versuchsanordnung ist in Abb. 8 dargestellt. Um an Zylindern zu sparen, ist hier zunächst eine Vorspannungswicklung *C* eingebaut. Um diese in einfacher Weise oben und unten anschließen zu können, müssen die Zylinder sämtlich in gleichem Wickelsinn gewickelt werden, aber so, daß dieser dem Wickelsinn der Vorspannungswicklung entgegengesetzt ist. Dabei müssen aber die Wicklungsenden der geraden Zylinder oben und die der ungeraden unten vereinigt und mit den Enden der Vorspannungswicklung verbunden werden. Die Stromrichtung ist dann in den Kapazitätszylindern überall gleich, aber in der Vorspannungswicklung entgegengesetzt, also so, daß sich magnetisch die Wicklungen auf dem Kern addieren. Die Beanspruchung des Dielektrikums ist in diesem Falle überall gleichgroß und sie ergibt sich aus der Summe der Spannung der Vorspannungswicklung und der Spannung eines Zylinders. Diese Anordnung erwies sich als besonders zweckmäßig, weil durch die Vorspannung die Zahl der einlagig bewickelten Kapazitätszylinder in ziemlichem Maße herabgedrückt werden konnte. Man kann bei Verwendung von Öl als Dielektrikum die obere Verbindungsleitung zwischen Vorspannungswicklung und Zylinderwicklungen durch zwei Isolatoren über Deckel führen und die Verbindung nach Wunsch öffnen und schließen, also die Kapazitätswicklung verändern. Auch kann man die Vorspannungswicklung mit Anzapfungen versehen und diese über Deckel führen, so daß man die Beanspruchung in der einfachsten Weise verändern kann. Da man einen Punkt der Anordnung erden kann, wird man die über Deckel geführte Verbindung dazu benutzen, die aus dem Kessel geführte Hochspannung wieder unschädlich zu machen.

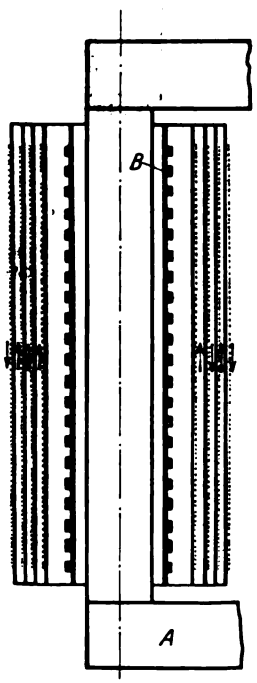


Abb. 7a. Induktionskondensator.

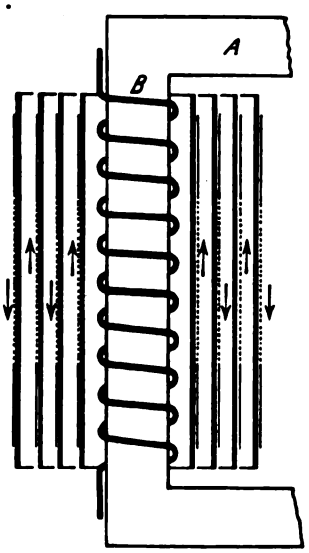


Abb. 7b. Wicklung endigt in Flächenbelägen.

Praktische Verwendungsmöglichkeiten.

Den bereits eingeflochtenen technologischen Bemerkungen ist zunächst die Tatsache hinzuzufügen, daß die einlagige Emaildrahtwicklung sich auf Spezialmaschinen herstellen läßt und nicht teuer wird. Man wird sie zweckmäßig so ausbilden, daß die feinen Drähte entsprechend der Zunahme der Kapazitätsströme im Durchmesser abgestuft sind. Es wurde auch versucht, die feinen Wicklungen in festes Isoliermaterial einzubetten; indessen geht dabei ein großer Vorteil verloren, nämlich der, daß man einzelne Zylinder, die aus irgendeinem Grunde schadhaft werden sollten, austauschen kann. Es ist übrigens bei zahlreichen Versuchen mit Öl als Dielektrikum zwischen Hartpapierzylindern nicht in einem einzigen Falle eine Störung aufgetreten. Es wurden verschiedene Öle versucht und vorläufig eine alte Erfahrung bestätigt, daß sehr gut getrocknetes Transformatorenöl die günstigsten Werte ergibt. Öle mit hoher Dielektrizitätskonstante, wie z. B. Rizinusöl, eignen sich viel weniger, weil sie ihre Feuchtigkeit anscheinend nicht abgeben und daher einen großen Verlustwinkel zeigen. Diese Versuche sowie solche mit komprimierten Gasen werden noch fortgesetzt.

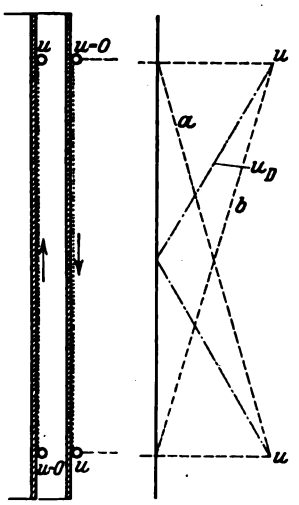


Abb. 7c. Potentialverlauf.

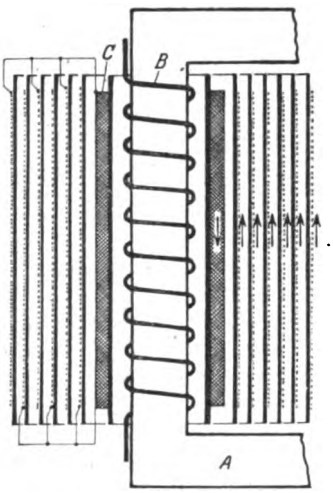


Abb. 8. Induktionskondensator mit Vorspannungswicklung.

Ein praktischer Kondensator dieser Bauart zeigt bei Verwendung von Öl als Dielektrikum den gleichen Aufbau wie ein Transformator. Ein z. B. dreiphasiger Kern aus sehr gutem Transformatorenblech trägt eine primäre Wicklung für irgendeine gewünschte Betriebspannung. Darüber sitzt die beschriebene Kapazitätswicklung, die aus einer Vorspannungswicklung und den feindrähtigen Zylinderwicklungen besteht. Die Einschaltung eines solchen Apparates, also der Anschluß der primären Wicklung an ein Netz, geschieht mit einem einfachen Handschalter, wobei man auch bei Blindleistungen bis 40 kVA kaum eine nennenswerte Funkenbildung beobachtet. Ebenso einfach ist natürlich die Ausschaltung.

Die Verluste bestehen aus Eisen-, Kupfer- und dielektrischen Verlusten. Sie lassen sich ziemlich klein halten; namentlich die Kupferverluste machen keine Schwierigkeiten. Bei einer Erstausführung eines solchen einphasigen Apparates für eine Leistung von 20 Blind-kVA ergaben sich schon folgende Verhältnisse:

Spannung Volt	Leerstrom ohne Kapazitätswickl. Amp.	Strom mit Kapazitätswicklung Amp.	Blindleistung VA	Wattaufnahme W	cos φ
100	2,05	18,8	1 880	190	0,101
150	2,9	26,0	3 900	340	0,087
200	3,8	35,0	7 000	565	0,081
250	4,6	44,0	11 000	840	0,0755
300	5,9	53,0	15 900	1200	0,0755
350	7,1	61,0	21 200	1545	0,073
400	8,6	69,4	27 800	2000	0,072

Nachdem jetzt genügend Erfahrungen für die Berechnung solcher Apparate vorliegen, kann man viel günstigere Werte gewährleisten, namentlich bei großen Leistungen.

Der größte Vorteil dieser Konstruktion ist wohl darin zu finden, daß man sie mit normalen Transformatoren vereinigen kann. Die Kompensationswicklung ist dann einfach eine dritte Wicklung, die sich in elektrischer Hinsicht als Kondensator zwischen Oberspannungs- und Unterspannungswicklung einschiebt. Der Transformator arbeitet dann im Leerlauf mit einem voreilenden Strom gewünschter Größe. Nicht nur bei Betriebstransformatoren, sondern auch bei Meßwandlern, Ofentransformatoren, Schweißtransformatoren usw. ergeben sich hier noch allerhand Möglichkeiten, die in einem späteren Aufsatz behandelt werden sollen.

Digitized by Google

Isolatoren aus Kieselsäureglas (Quarzisolatoren).

Von **Franz Skaupy**, Berlin.

(Schluß von S. 1747.)

VI. Isolatoren.

An Hand dieses Überblicks kann zu einer etwas eingehenderen Besprechung der verschiedenen Arten von Isolatoren übergegangen werden.

a) Hochspannungsisolatoren.

1. Einführungsisolatoren. — Erwähnt sei eine in Frankreich gern verwendete Einführung für Hochspannungshäuser, bei der eine Öffnung der Wand des Gebäudes durch eine mit ringförmigen Erhöhungen und Vertiefungen versehene Scheibe aus Pyrexglas verschlossen ist, durch deren zentrale Bohrung die Leitung geführt ist.

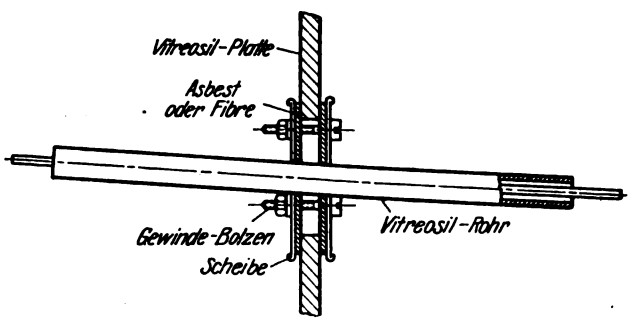


Abb. 6. Durchführung im Schnitt.

An der Durchtrittstelle ist ein Quarzrohr über die Leitung gezogen, das diesseits und jenseits der Wandung auf einer größeren Länge den Leiter umgibt (bis zu 300 mm beiderseits). Während man früher die Pyrexglasscheiben allein zur Einführung benutzte, hat man durch zusätzliche Verwendung des Quarzrohres erreicht, daß durch dieselbe Scheibe wesentlich höhere Spannungen eingeführt werden können, z. B. 60 kV statt 30 kV. Ein sich etwa ausbildender Lichtbogen entsteht nicht längs der Oberfläche der Glasscheibe, sondern geht durch die Luft, wodurch eine Beschädigung der Scheibe vermieden wird. Für 60 kV hat die Scheibe einen Durchmesser von 43 cm, die Quarzröhre eine Länge von 500 mm bei einem Innendurchmesser von 12 mm. Aus Abb. 5 (S. 1747) ist zu ersehen, daß für die Einführung von Leitungen auch Quarzplatten allein mit entsprechenden Bohrungen oder Quarzplatten mit durch die Bohrung über den Leiter geschobenen Quarzröhren Verwendung finden können. Eine solche aus Platte und Rohr bestehende Anordnung zeigt im einzelnen Abb. 6, wo die Röhre in der Platte durch eine Asbestdichtung festgehalten wird.

Abb. 7. Durchführungsisolator.

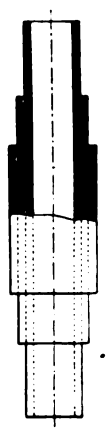


Abb. 8. Zusammengesetzter Durchführungsisolator.

2. Durchführungsisolatoren. — Die Abb. 7 und 8 zeigen zwei gebräuchliche Typen von Vitreosildurchführungen. Die Form 8 besteht aus ineinandergeschobenen Röhren von besonders großer Wandstärke. Auch zur Verstärkung der isolierenden Wirkung von Porzellandurchführungen hat man massive Einsatzkörper aus geschmolzenem Quarz herangezogen. Die Abb. 9 zeigt zwei Ausführungsformen solcher Porzellanisolatoren, in deren Innern um den Leiter herum ein Quarzkörper angeordnet ist, welcher dem an dieser Stelle besonders ungünstigen Verlauf der Kraftlinien des Feldes Rechnung trägt[9].

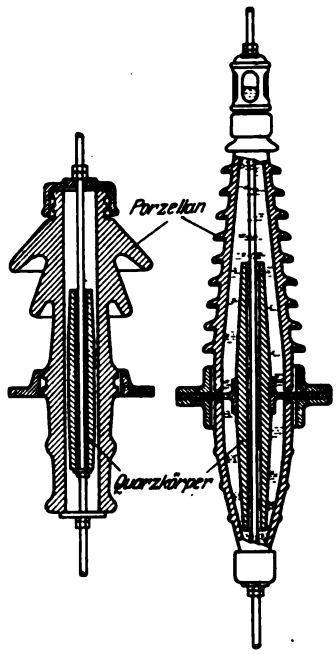


Abb. 9. Porzellanisolatoren mit Quarzkörper kombiniert.

Abb. 10. Massiver Isolator für Entstaubungsanlage.

Abb. 11. Quarzstützer und -durchführungen für Entstaubungsanlagen.

Die Verwendung von Quarzisolatoren in elektrischen Entstaubungsanlagen wurde bereits erwähnt. Der Isolator befindet sich dabei in einem heißen, staub- und rauchführenden Gas, das u. U. auch chemisch sehr wirksam ist. Da an der Stromdurchführung meist die Elektroden aufgehängt sind, muß sie außer der hohen Spannung gleichzeitig großen mechanischen Beanspruchungen gewachsen sein. Einen massiven Isolator dieser Art zeigt Abb. 10. In solchen Anlagen wird auch zur Abstützung bzw. Aufhängung der einzelnen Elektrodenteile entsprechend geformter Quarz verwendet, da andere Materialien hier versagen (Abb. 11).

3. Stützisolatoren. — Die Abb. 12 a ... e veranschaulichen verschiedene Formen solcher Stützer aus Vitreosil mit einer Wandstärke von 6 ... 12 mm, Abb. 12 f einen Schirmisolator. Eine französische Konstruktion finden wir in

[9] Vgl. M. Mollet, Rev. Gén. de l'El. Bd. 24, S. 677 (1928).

Digitized by Google

Abb. 13, während Abb. 14 ein ganzes Lager von Innenstützern für 45 bzw. 75 kV zeigt.

4. Hochspannungs-Schmelzsicherungen mit einem Schutzrohr aus Quarz sind in Abb. 15 dargestellt.

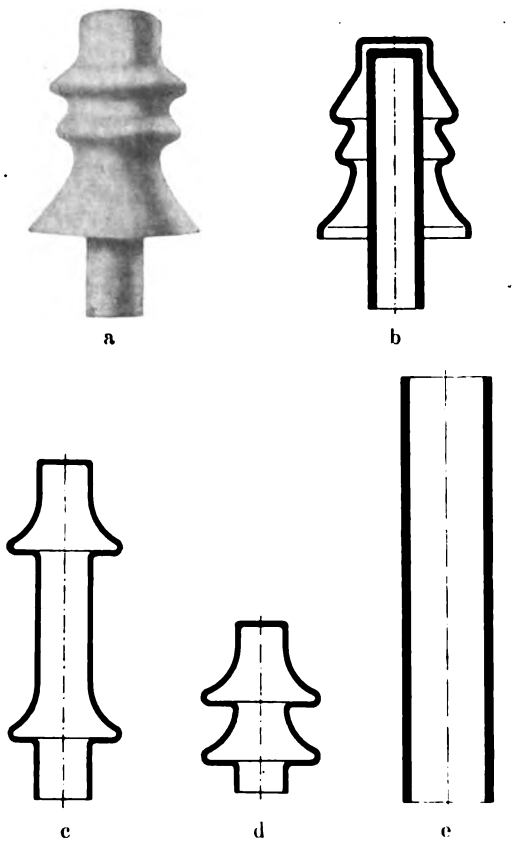


Abb. 12 a ... e. Stützisolatoren.

5. Antennenschalter. — Ein solcher Schalter besteht z. B. aus einer Anzahl von Messern, die auf einer gemeinsamen Achse aus Vitreosil sitzen, während die entsprechenden Scheiden auf einem zweiten allen gemeinsamen Quarzstück befestigt sind.

6. Quecksilberschalter. — In einer hochevakuierten Röhre wird der Strom dadurch unterbrochen, daß eine mit den beiden Stromeinführungen verbundene, zuerst zusammenhängende Quecksilbermasse durch die elektromagnetische Betätigung eines Schwimmers in zwei mit je einer Elektrode in Verbindung stehende Teile getrennt wird. Der die Unterbrechungstelle umgebende Teil des Schwimmers wird aus Quarz hergestellt.

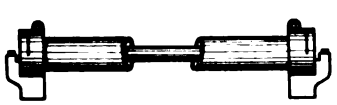


Abb. 15. Hochspannungs-Schmelzsicherung.

Abb. 15a. Isolierrohr für Eintauchelektrode (Elektrodampfkessel).

7. Isolierrohre für Elektrodampfkessel. — Die beim Durchgang hochgespannten Wechselstroms oder Drehstroms durch das Wasser des Kessels entwickelte Wärme wird hier zur Heizung ausgenutzt. Den von den eingetauchten Elektroden zur Wand des Kessels fließenden Strom pflegt man durch Isolierrohre, welche die Elektroden umgeben, in seiner Bahn einzuengen und durch eine Relativbewegung dieser Rohre gegenüber den Elektroden zu regeln. Für solche Isolierrohre hat sich Quarzgut ausgezeichnet bewährt, wenn man von den Fällen absieht, in denen ein basisches Speisewasser benutzt werden muß, dem Quarz auf die Dauer nicht genügend standhält.

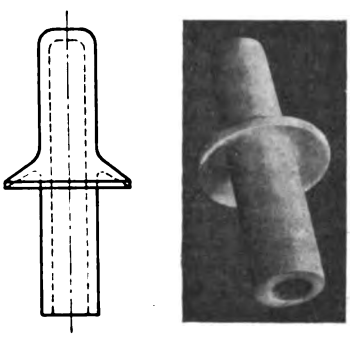


Abb. 12f. Schirmisolator.

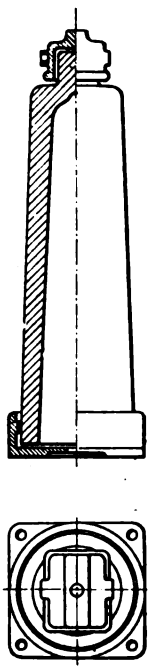


Abb. 13. Französischer Schirmisolator.

Abb. 14. Lager von Innenstützern.

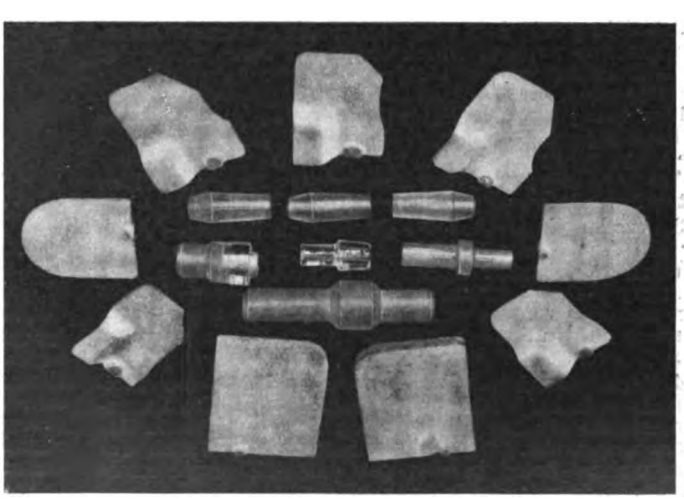
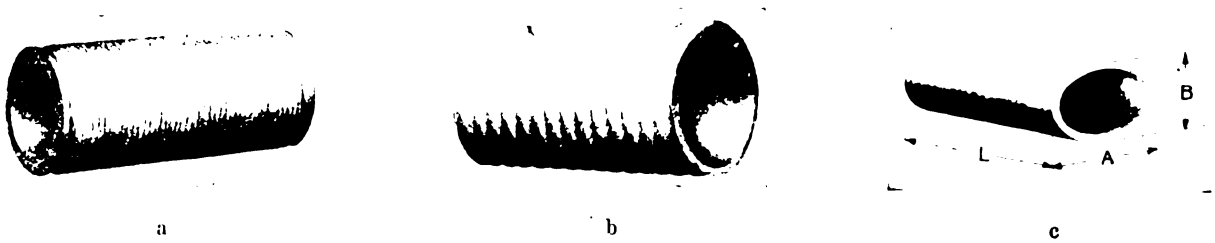


Abb. 15b. Quarzisolatoren für Zündkerzen (Mitte) und Schalter.

Digitized by Google

Die beschriebene Anwendung ist ein wichtiger Sonderfall. Allgemein kann man sagen, daß sich Quarzrohre als Isolierkörper für Flüssigkeitsanlasser und Regelwiderstände zur richtigen Stromführung und Strombegrenzung gut eignen, besonders wenn starke Temperaturschwankungen und chemische Einwirkungen (ausgenommen alkalische Lösungen) mit dem Betrieb verbunden sind (Abb. 15 a).



a b c

Abb. 16 a ... c. Träger für Heizwicklungen.

8. Zündkerzen für Automobile. — Derartige Teile, die hohen Beanspruchungen ausgesetzt sind, können mit bestem Erfolg mit einer Quarzisolation versehen werden (Abb. 15 b).

b) Isolatoren für hohe Temperaturen.

1. Träger für Heizwicklungen und Widerstände. — Die Abb. 16 a und b zeigen uns geriffelte Träger für Heizwicklungen aus Vitreosil für elektrische Widerstandsöfen oder für feste oder regelbare Widerstände. Die Riffel können in sehr verschiedenen Tiefen und Abständen ausgeführt werden. Auch Muffeln aus Vitreosil in den verschiedensten Querschnitten und Formen kann man ohne Schwierigkeit mit Heizwicklungen versehen (s. z. B. Abb. 16 c, eine ovale Muffel).

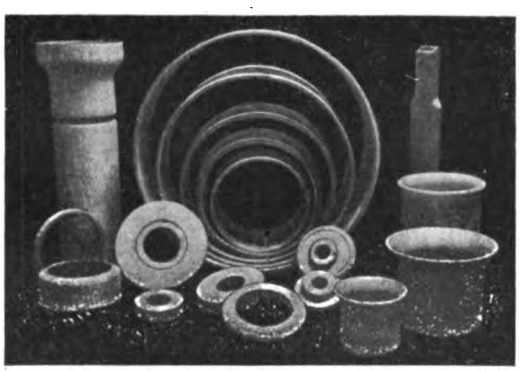


Abb. 17. Schutzrohre für Großgleichrichter.

2. Schutzrohre für die Kathoden von Großgleichrichtern. — Diese bestehen meist aus relativ kurzen Quarzzylindern von großem Durchmesser, in deren Mitte der Quecksilberlichtbogen mit seinem Ansatzpunkt auf der Kathode brennt. Sie schützen die äußere Wand des Gleichrichters bzw. deren Isolationsteile gegen die Wirkung des Lichtbogens. Die verschiedenen Firmen haben für diese Schutzrohre und ebenso für die gleich zu besprechenden Anodenschutzrohre besondere Konstruktionen, die hier nicht mitgeteilt werden können (Abb. 17).

3. Anodenschutzrohre für Großgleichrichter. — Auch über die Anode werden Schutzrohre geschoben, oft mit Anbauten von komplizierter Form. Sie dienen u. a. der Verhütung der Rückzündung. Auch in Gleichrichtergefäßen aus Glas werden Schutzröhrchen aus Vitreosil, insbesondere an den Anoden, verwendet, um Rückzündungen zu erschweren.

4. Pyrometerschutzrohre. — Sowohl bei thermo-elektrischen als auch bei Widerstandspyrometern werden Quarzrohre mit Erfolg für die Isolation und den Schutz des Leiters verwendet. Der Schutz besteht wie üblich aus einem weiten Rohr, in das das ganze Thermoelement bzw. die Widerstandswicklung eingeschlossen ist, und einem engen Rohr, das über die eine Zuleitung geschoben wird und sich dementsprechend in dem weiteren Rohr befindet.

c) Senderöhren und Glühkathoden-Gleichrichter aus Quarzglas. Radioröhren mit isolierenden Teilen aus Quarz.

Die Senderöhren der drahtlosen Telegraphie, insbesondere die für größere Leistungen, sind mit Rücksicht auf die uns interessierende Verwendung des geschmolzenen Quarzes dadurch charakterisiert, daß in der Röhre hauptsächlich an der Anode, aber auch in der Umgebung des Glühdrahtes, eine beträchtliche Wärmemenge entwickelt wird, welche nach außen abgeführt werden muß. Diese Abfuhr kann in zweierlei Weise geschehen, entweder durch Abstrahlen von der glühenden Anode oder durch Kühlung der Anode von außen, also durch Wärmeleitung. Für uns

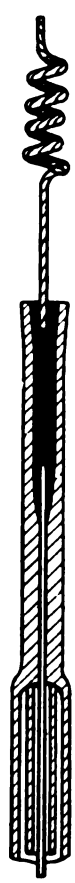


Abb. 18. Vakuumdichte Stromeinführung.

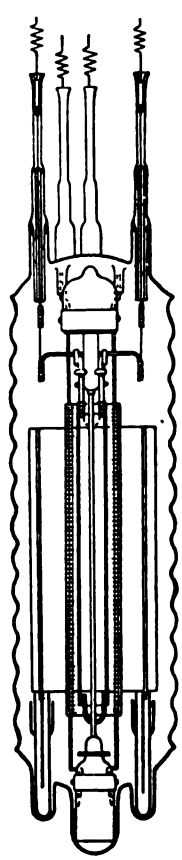


Abb. 19. Senderöhre.

ist der erste Fall der wichtigste. Bei größeren Leistungen ist es nicht mehr möglich, die ganze Energie durch eine Glaswand hindurchstrahlen zu lassen, weil sie das Glas zu sehr erhitzt, wenn man nicht zu übergroßen Behältern übergehen will. Es hat sich gezeigt, daß man diese Schwierigkeiten überwinden kann, wenn man Vakuumgefäße aus Quarzglas anwendet. Nicht nur, daß dieses Material viel temperaturbeständiger ist als Glas und daher ohne Schaden höhere Temperaturen der durchstrahlten Wand auszuhalten vermag, auch die Durchlässigkeit für Wärmestrahlen ist günstiger als bei Glas, so daß naturgemäß die Wände

Digitized by Google

bei gleicher Strahlung weniger erhitzt werden. Die Erhitzung der die Metallteile der Röhre isolierenden Zwischenstücke ist wegen der großen Leistung solcher Röhren natürlich auch eine beträchtliche, was dazu führt, auch diese isolierenden Teile aus Quarz herzustellen, z. B. die Träger

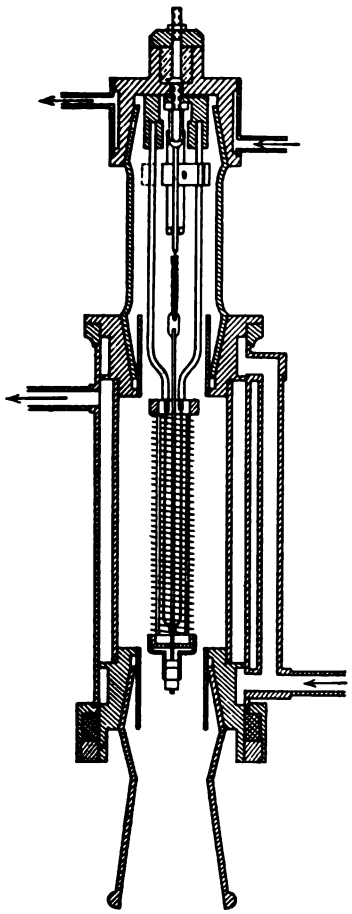


Abb. 20. Röhre mit wassergekühlter Anode.

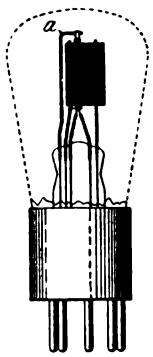


Abb. 21. Rundfunkröhre.

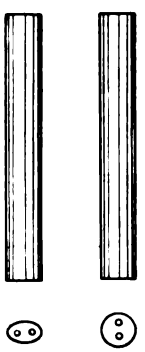


Abb. 21a. Kathodenträger (a in Abb. 21) für Rundfunkröhre.

der Elektroden, welche aus Stäben oder Röhren bestehen und entweder mit der Glocke verschmolzen oder in Ansätze der Glocke eingepaßt sind. Der niedrige Ausdehnungskoeffizient des Quarzglases erlaubt die Herstellung von Röhren von verhältnismäßig komplizierter Art, von Formen, die bei Verwendung von Glas entweder bei der Herstellung oder beim Gebrauch zu leicht durch Sprünge schadhaft würden. Aus demselben Grunde lassen sich an Quarzgefäßen leicht Reparaturen ausführen (z. B. Auswechseln von Glühdrähten oder Elektroden), ohne daß eine Gefahr des Springens besteht. Ein weiterer Vorzug solcher Röhren besteht in der Möglichkeit leichter Entgasung. Die Röhre kann vor dem Entlüften oder während dieses Prozesses zwecks Beseitigung der Feuchtigkeit und der Gase aus den Wänden und Elektroden auf wesentlich höhere Temperatur gebracht werden als entsprechende Glasgefäße. Z. B. kann man die zum Entlüften fertige Röhre unter Durchleiten von Wasserstoff auf 750° erhitzen, ja man kann manche Röhren beim Entgasen auf Temperaturen von 1050° bringen, während man bei Glasgefäßen bekanntlich selten mehr als 450° anwendet. Das Abschmelzen von der Pumpe geschieht mittels eines elektrischen Lichtbogens, da eine Flamme wegen der Durchlässigkeit des erhitzten Quarzes für Wasserstoff beim Abschmelzen das Vakuum verschlechtern würde.

Abb. 23. Träger für Induktionspulen.

Bei der Herstellung solcher Quarzröhren war ein schwieriges Problem zu lösen, die Ausbildung vakuumdichter Stromeinführungen. Eine gute, vielverwendete Lösung dieser Aufgabe zeigt die Abb. 18. Eine außen an das Gefäß angeschmolzene Kapillare enthält einen dicht in die Kapillare passenden Molybdändraht, der in das Innere des Rohres zu den Elekroden führt. Nach außen zu reicht er bis zu einer Erweiterung der Kapillare, die mit Blei ausgegossen ist. Wenn dieses Ausgießen im Vakuum geschieht, haftet das Blei vakuumdicht an der Quarzwand, und ein an dem äußeren Ende der Erweiterung in das Blei mit eingeschmolzener Kupferdraht kann als Stromzuführung dienen. Beim Evakuieren müssen die das Blei enthaltenden Teile naturgemäß außerhalb des Heizofens bleiben[10].

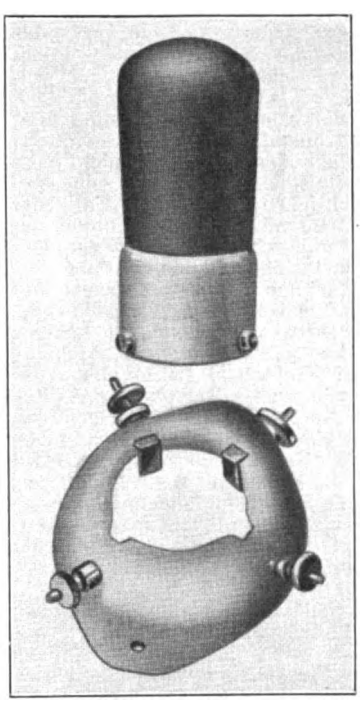


Abb. 24. Sockel für Rundfunkröhre.

Wie Abb. 19 an dem Beispiel einer 15 kW - Senderöhre zeigt, besteht der Quarzglaskörper aus einem zylindrischen (glatten oder gewellten) Teil, dessen Enden mit halbkugelförmigen Abschlußstücken verschmolzen sind. Letztere tragen die Stromeinführungen und die Träger für die Elektroden. Ein Öffnen der Röhren bei Reparaturen geschieht dann einfach dadurch, daß ein solches halbkugelförmiges Abschlußstück oder beide durch eine rotierende Karborundumscheibe von dem zylindrischen Teil abgeschnitten und nach Ersatz des schadhaften Teiles wieder angeschmolzen wird.

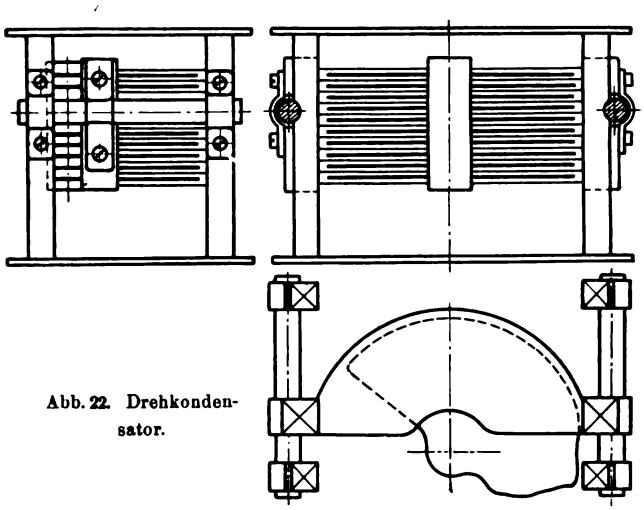


Abb. 22. Drehkondensator.

Was hier für die Senderöhren gesagt ist, gilt auch für die entsprechenden Konstruktionen von Glühkathoden-Gleichrichtern größerer Leistung. Beide sind in dieser Art mit Erfolg für sehr hohe Leistungen (z. B. 30 kW, versuchsweise bis 100 kW) ausgebildet worden[11].

Auch Röhren mit wassergekühlter Anode sind mit isolierenden Quarzglasteilen versehen worden. Bei einer solchen durch Abb. 20 dargestellten Röhre, die dauernd auf der Pumpe betrieben wird und mittels eines Quarz-

[10] DRP. 320556.
[11] Vgl. H. Morris-Airey, G. Shearing u. H. G. Hughes, J. Inst. El. Engs. London Bd. 65, S. 786 (1927).

Digitized by Google

schliffes auf die Pumpe aufgesetzt werden kann (unterer Quarzteil) ist das Isolationstück zwischen Anode und dem übrigen Elektrodensystem (letzteres ist abnehmbar) als doppelseitiger Schliff aus Quarzglas ausgebildet (oberer Quarzteil)[12].

Auch bei Radioröhren kleiner Leistung hat man Quarzteile mit Erfolg verwendet, z. B. bei der in Abb. 21 wiedergegebenen Röhre das mit ein oder zwei Bohrungen für den Heizdraht versehene Vitreosilröhrchen (Abb. 21 a) als Träger der indirekt geheizten Kathode.

[12] Vgl. C. F. Elwell, J. Inst. El. Engs. London, Bd. 65, S. 784 (1927).

d) Isolatoren für das Hochfrequenzfeld.

Auch hier seien einige Beispiele gegeben: Abb. 22 zeigt einen Drehkondensator, bei dem die Träger der beiden Plattensysteme durch Stäbe oder Röhren verschiedenen Querschnitts aus Quarzgut voneinander isoliert sind. Abb. 23 zeigt einen Träger aus Quarz für Induktionsspulen.

Gelegentlich hat man auch den Sockel und die Fassungen für Radioröhren aus Quarzgut hergestellt (Abb. 24). Solche Anwendungsformen erhalten ihre besondere Bedeutung in Kurzwellenanordnungen sowie in Fällen, wo besonders hohe Anforderungen an die Isolation gestellt werden.

Die Gleichungen und das Diagramm der Wechselstromleitung.

Von F. Pinter, Wien.

Übersicht. Die Arbeit befaßt sich mit der Berechnung von Wechselstromleitungen. Sie geht dabei von einfachen Überlegungen aus und führt über die arithmetischen Reihen der Binomialtafel zur vollständigen Lösung. Die Transformatoren an den Linienenden sind methodisch eingeschlossen. Ein praktisches Beispiel erläutert schließlich die Auswertung der Ergebnisse.

Einleitung.

Die bisher in der Literatur erschienenen zahlreichen einschlägigen Arbeiten entbehren z. T. des praktischen Zuschnittes. Sie setzen die allgemeine Kenntnis der Wellentheorie oder doch der hyperbolischen oder exponentiellen Liniengleichungen bzw. ihrer Ableitungen voraus[1] oder sie verweisen als Grundlage auf die nicht jedem Fachgenossen zugänglichen theoretischen Entwicklungen von Heaviside, Kennelly, Breisig, Fränkel, Herzog und Feldmann u. v. a.[2]. Unvollständig sind sie, da sie die Transformatorenstationen und transformatorischen Regelsätze am Linienanfang und -ende nicht nach der gleichen Methode einzuschließen vermögen[3]. Sie komplizieren schließlich im wirklichen praktischen Falle die Auswertung, da sie so gehalten sind, als ob es sich auch um Energieübertragungen auf unbeschränkte Entfernungen ohne unterteilende Zwischenstationen handeln könne.

Die einfachste (von Steinmetz angegebene) Methode, der Ersatz der verteilten Kapazität und Ableitung durch je einen Kondensator bzw. Widerstand am Linienende und -anfang, reicht heute allerdings nicht mehr. Strecken von 1000 ... 3000 km (einfacher) Länge ohne Ausgleichstationen unterwegs, wie sie als Beispiele in Arbeiten anderer behandelt werden, kommen jedoch schon wegen der Regelungschwierigkeiten praktisch auch in Zukunft nicht in Frage. Im Parallelbetriebe von Großkraftübertragungen muß nach Rüdenberg[4] sogar schon auf je etwa 200 km Streckenlänge eine Ausgleichstation kommen. Unter diesen (u. a.) Umständen kann man bei der praktischen Auswertung auf die sehr unbeliebten Exponential- und Hyperbelfunktionen, ohne ungenauer zu werden, stets verzichten.

In der vorliegenden Arbeit werden für jeden praktischen Fall (Doppellinien bis etwa 2×600 km ohne Ausgleichstation unterwegs) aus den hyperbolischen Reihen die noch zu berücksichtigenden Glieder entnommen und mit den Transformatorengrößen vereinigt. Die so erhaltenen sehr genauen Koeffizientenformeln können dann je nach der Streckenlänge durch Weglassung offensichtlich belanglos gewordener Glieder noch beliebig gekürzt werden. Bei äußerster Kürzung hat man die Genauigkeit der Methode mit je einem Ersatzkondensator und -widerstand am Linienende und -anfang.

A. Die Linie allein (Abb. 1).

Vorkommende Zeichen:

$U_n/0°$ Bezugspannung
U_n, I_n Spannung bzw. Strom am Linienende
U_0, I_0 Spannung bzw. Strom am Linienanfang
1, 2, 3, ... n Ordnungszahl oder Anzahl der Streckenteilchen
z_r Reihenschlußimpedanz der Streckenlängeneinheit oder jedes Streckenteilchens
z_n Nebenschlußimpedanz der Streckenlängeneinheit oder jedes Streckenteilchens

$$\left.\begin{aligned} Z_r &= n\, z_r \\ Z_n &= \frac{z_n}{n} \end{aligned}\right\}$$ Impedanzen der ganzen Strecke

-1 als Potenzexponent Kennzeichen des Leitwertes.

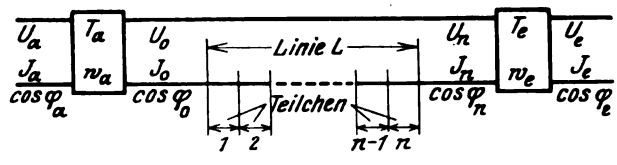


Abb. 1. Schema der Übertragungsanlage.

Die als Grundspannung anzusehende Bezugspannung U_n verursacht in jedem Streckenteilchen ($n, n-1, \ldots 1$ in Abb. 1) die Stromkomponente $U_n z_n^{-1}$, und der Leistungsstrom I_n bewirkt in jedem Teilchen die Spannungsänderung $I_n z_r$. Als erste Folge von U_n und I_n ergeben sich mithin die Werte der zweiten Spalte der Zahlentafel 1. Jede dieser Strom- bzw. Spannungsänderungen ruft nun aber selbst wieder in jedem (der Stromquelle näheren) Streckenteilchen $n-1$, $n-2$, ... eine Spannungs- bzw. Stromänderung $U_n z_n^{-1} z_r$ bzw. $I_n z_r z_n^{-1}$ hervor. Man erhält demnach als zweite Folge von U_n und I_n die Spalte 3 der Zahlentafel 1. Jede Strom- und Spannungskomponente dieser Folge verursacht weiterhin in jedem (der Stromquelle näheren) Teilchen $n-2$, $n-3$, ... 1 eine Spannungs- bzw. Stromänderung $I_n z_r^2 z_n^{-1}$ bzw. $U_n z_n^{-2} z_r$. Es ergibt sich die Spalte 4 als dritte Folge von U_n und I_n usf. Die Koeffizientenreihen in den Spalten der Zahlentafel 1 sind identisch mit den gleichrangigen Reihen in den Spalten der sog. Binomialtafel der gewöhnlichen Analysis. Als Summen der Koeffizientenfolgen (arithmetischen Reihen) sind die (in der letzten Zeile der Zahlentafel angeschriebenen) Binomialkoeffizienten bekannt.

Zahlentafel 1.

Anzahl im Element	Komponenten der Strom- bzw. Spannungsänderung				
	$I_n z_r$ / $U_n z_n^{-1}$	$I_n z_r z_n^{-1}$ / $U_n z_n^{-1} z_r$	$I_n z_r^2 z^{-1}$ / $U_n z^{-2} z_r$	$I_n z_r^2 z_n^{-2}$ / $U_n z_n^{-2} z_r^2$	...
n	1				
$n-1$	1	1			
$n-2$	1	2	1		
$n-3$	1	3	3	1	
$n-4$	1	4	6	4	
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	
$\sum$: lim $n = \infty$	$\binom{n}{1}$	$\binom{n}{2}$	$\binom{n}{3}$	$\binom{n}{4}$	...

[1] ETZ 1929, S. 451.
[2] Vgl. die Kritik in H. Kyser, Kraftübertragung, Bd. 2, 2. Aufl., S. 57.
[3] S. u. a. ETZ 1929, S. 878.
[4] ETZ 1929, S. 926.

Digitized by Google

Damit sind schon sämtliche auftretende Strom- und Spannungskomponenten in anschaulichster und einfachster Weise bestimmt. Zahlentafel 1 läßt sich auch wohl durch die leicht verständlichen und leicht lösbaren Integralreihen

$$I_n f(z_r, z_n, x) = I_n \left[z_r \int_0^n \mathrm{d}x + z_r z_n^{-1} \int_0^n \int_0^{n-1} \mathrm{d}x^2 + z_r^2 z_n^{-1} \int_0^n \int_0^{n-1} \int_0^{n-2} \mathrm{d}x^3 + \dots \right] \quad (1)$$

$$U_n f(z_r, z_n, x) = U_n \left[z_n^{-1} \int_0^n \mathrm{d}x + z_n^{-1} z_r \int_0^n \int_0^{n-1} \mathrm{d}x^2 + z_n^{-2} z_r \int_0^n \int_0^{n-1} \int_0^{n-2} \mathrm{d}x^3 + \dots \right] \quad (2)$$

ersetzen. Darin haben die aufeinanderfolgenden Integrale die Werte der korrespondierenden aufeinanderfolgenden Spalten der Zahlentafel 1, wenn $\mathrm{d}x$ die Länge der Streckenteilchen ist. Die Grenzen n, $n-1$, $n-2$, ... der Integrale sind die Anzahl Streckenteilchen, in denen die betreffenden zu summierenden Strom- und Spannungskomponenten auftreten. Gemäß dem Bildungsgesetz der Zahlentafel 1 hat man abwechselnd mit $z_n^{-1}\,\mathrm{d}x$ bzw. $z_r\,\mathrm{d}x$ zu multiplizieren, um aus einem Differential das nächst höhere in der Reihe und damit die Aufeinanderfolge der Integrale von der ersten bis zur n-ten Ordnung zu erhalten. Das 1., 3., 5. usw. bzw. das 2., 4., 6. usw. Integral auf der rechten Seite der Gl. (1) bzw. die ebensovielte Folge von I_n in der Zahlentafel 1 sind eine Spannungs- bzw. eine Stromänderung. Das 1., 3., 5. usw. bzw. das 2., 4., 6. usw. Integral auf der rechten Seite der Gl. (2) bzw. die ebensovielte Folge von U_n in der Zahlentafel 1 sind eine Strom- bzw. Spannungsänderung.

Man hat nun alle Strom- und ebenso alle Spannungskomponenten für sich in je eine neue Gleichung zusammenzuziehen. So ergeben sich bereits die vektoriellen Differenzen $I_0 - I_n$ und $U_0 - U_n$ zwischen den Strömen bzw. zwischen den Spannungen am Ende und am Anfang der Linie. Es gelten für $\lim n = \infty$ die Vektorgleichungen:

$$I_0 = I_n + I_n \left[\frac{n^2}{2!} z_r^1 z_n^{-1} + \frac{n^4}{4!} z_r^2 z_n^{-2} + \dots \right] + U_n \left[\frac{n^1}{1!} z_n^{-1} + \frac{n^3}{3!} z_n^{-2} z_r^1 + \dots \right]. \quad (3)$$

$$U_0 = U_n + U_n \left[\frac{n^2}{2!} z_n^{-1} z_r^1 + \frac{n^4}{4!} z_n^{-2} z_r^2 + \dots \right] + I_n \left[\frac{n^1}{1!} z_r^1 + \frac{n^3}{3!} z_r^2 z_n^{-1} + \dots \right]. \quad (4)$$

Eine einfache Umformung der Gl. (3) und (4) (aus einer früher erschienenen Arbeit[5] des Verfassers zu ersehen) führt zwanglos zu den hyperbolischen Reihen und damit zu den hyperbolischen und exponentiellen Liniengleichungen. Hier indessen sollen diese als exakt geltenden, streng genommen aber auch nur näherungsweise zutreffenden Gleichungen nicht verwendet werden. Schon die in den Klammern der Gl. (3) und (4) angeschriebenen ersten Reihenglieder ermöglichen eine für alle praktisch vorkommenden Fälle sehr genaue, jedenfalls hinreichend genaue Berechnung der Linie. Man hat demnach nur noch (s. Zeichenerklärung eingangs) $n z_r = Z_r$, $n z_n^{-1} = Z_n^{-1}$ zu setzen, um die Näherungsgleichungen

$$I_0 \approx I_n + I_n Z_r Z_n^{-1} \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{24} Z_r Z_n^{-1} \right) + U_n Z_n^{-1} \left(1 + \frac{1}{6} Z_r Z_n^{-1} \right). \quad (5)$$

$$U_0 \approx U_n + U_n Z_n^{-1} Z_r \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{24} Z_n^{-1} Z_r \right) + I_n Z_r \left(1 + \frac{1}{6} Z_r Z_n^{-1} \right). \quad (6)$$

als praktische Grundlage für die weiteren Entwicklungen der folgenden Abschnitte zu erhalten.

In der Nebenschlußimpedanz Z_n sind die etwaigen zusätzlichen Koronaverluste als eingeschlossen zu betrachten. Korona muß übrigens wegen der bekannten mit ihr verbundenen Unzuträglichkeiten sozusagen vermieden werden. Man nimmt in der Regel einfach den Isolationswiderstand (ohmschen Nebenschlußwiderstand) der Linie etwas kleiner an und schließt dadurch auch schon den unvermeidlichen Rest von Koronaverlusten ein (20 kΩ auf 1000 km insgesamt).

[5] Arch. El. Bd. 24, S. 216 (1930).

Die weitere Behandlung und Auswertung der erhaltenen Liniengleichungen wird im Zusammenhang mit den Gleichungen der Transformatorstationen an den beiden Linienenden geschehen.

B. Die vollständige Übertragungsanlage (Abb. 1).

Vorkommende Zeichen:

j imaginäre Einheit als Kennzeichen der senkrechten Komponente
U_0, I_a, U_n, I_n wie unter Abschnitt A
U_e, I_e, $\cos\varphi_e$ Sekundärwerte des Endtransformators T_e
U_a, I_a, $\cos\varphi_a$ Primärwerte des Anfangstransformators T_a
n Zeiger bei Nennwerten von Spannungen und Leistungen
w, b Zeiger bei Wirk- bzw. Blindkomponenten
R, S ohmscher bzw. induktiver Widerstand eines Übertragungsgliedes in Ohm der Oberspannungseite
-1 Potenzexponent bei Widerständen als Kennzeichen der Leitwerte
l, e, a Zeiger bei Widerständen der Linie (L) bzw. des Endtransformators (T_e) bzw. des Anfangstransformators (T_a),
r, n Zeiger bei Reihen- bzw. Nebenschlußwiderständen,
A, B, C, D dimensionslose Konstanten
$\mathfrak{R}_r$, $\mathfrak{R}_n$ Konstante mit dem Charakter eines Ohmschen (Reihen- bzw. Nebenschluß-)Widerstandes des gesamten Anlagekomplexes, ausgedrückt in Ohm der Oberspannungseite
$\mathfrak{S}_r$, $\mathfrak{S}_n$ Konstante mit dem Charakter eines induktiven (Reihen- bzw. Nebenschluß-)Widerstandes des gesamten Anlagekomplexes, ausgedrückt in Ohm der Oberspannungseite
w_a, w_e Windungszahlenverhältnis zwischen Ober- und Unterspannungseite des Transformators T_a bzw. T_e.

Im folgenden entspricht das ersichtliche Vorzeichen der Blindstromkomponenten der Endstation einer Blindleistungsentnahme; dafür ist der Leistungsfaktorwinkel φ_e als positiv anzusehen. Der Leistungsfaktorwinkel φ_a gilt als positiv, wenn die Sendestation Blindleistung abgibt. Induktive Widerstände sind negativ, kapazitive positiv eingeführt worden. Umgekehrt verhält es sich natürlich mit den zugehörigen Leitwerten.

Die Strom- und Spannungsänderungen in den Transformatoren T_a und T_e am Linienanfang und -ende sollen durch Ergänzung der Gl. (5) und (6) berücksichtigt werden. Es führt folgender Vorgang zum Ziele:

1. Die Größen Z_r und Z_n^{-1} der Linie in den Gl. (5) und (6) sind durch ihre Komponentensummen $R_{lr} - j\,S_{lr}$ bzw. $R_{ln}^{-1} - j\,S_{ln}^{-1}$ zu ersetzen.

2. I_n ist in der Gl. (5) durch $\frac{I_e}{w_e}$ und in der Gl. (6) durch $\frac{\sqrt{3}\,I_e}{w_e}$ zu ersetzen. Ferner ist zu ersetzen U_n in Gl. (5) durch $\frac{w_e U_e}{\sqrt{3}} + \frac{I_e}{w_e}(R_{er} - j\,S_{er})$, dagegen in der Gl. (6) durch $w_e U_e + \sqrt{3}\,\frac{I_e}{w_e}(R_{er} - j\,S_{er})$. Der Faktor $\sqrt{3}$ gilt für Drehstrom.

3. Die gemäß Punkt 1. und 2. veränderten rechten Seiten der Gl. (5) und (6) sind dann in

$$I_a = I_0 w_a \text{ und } U_a = \frac{U_0}{w_a} + \frac{\sqrt{3}}{w_a} I_0 (R_{ar} - j\,S_{ar})$$

anstatt I_0 bzw. U_0 einzuführen.

4. Zur so gewonnenen Stromformel und Spannungsformel müssen die Magnetisierungsströme (i_a, i_e) der Transformatoren bzw. ihre Wirkungen addiert werden. Das i_e des Endtransformators wird berücksichtigt, indem man alle Glieder mit I_e in den gewonnenen Hauptgleichungen als zusätzliche Summanden nochmals anschreibt, darin aber $\frac{I_e}{w_e}$ durch

$$i_e \approx \left[U_e w_e + \frac{\sqrt{3}\,I_e}{w_e} \cdot \frac{R_{er} - j\,S_{er}}{2} \right] \frac{R_{en}^{-1} + j\,S_{en}^{-1}}{\sqrt{3}}$$

ersetzt und außerdem (nur in den zusätzlichen Gliedern) $R_{er} - j\,S_{er}$ unter Punkt 2. durch 2 dividiert, wobei man sich i_e am halben Widerstande abgezweigt denkt[6]. Der Ma-

[6] S. a. Burger, Berechnung von Kraftübertragungen, S. 33. Verlag Julius Springer, Berlin.

Digitized by Google

gnetisierungstrom (i_a) des Anfangstransformators ist zu berücksichtigen dadurch, daß zu der (bereits um die Glieder mit i_e ergänzten) Gleichung für I_a bzw. U_a addiert wird:

$$i_a \approx \left[U_a - \sqrt{3}\, I_a \frac{R_{ar} - j\, S_{ar}}{2\, w_a^2} \right] \frac{R_{an}^{-1} + j\, S_{an}^{-1}}{\sqrt{3}}\, w_a^2$$

bzw.
$$e_a \approx i_a \sqrt{3}\, \frac{(R_{ar} - j\, S_{ar})}{2\, w_a^2}.$$

Die rechten Seiten der Gl. (5) und (6) haben nach wie vor der Ergänzung und Umwandlung nur die Spannung und den Strom am Systemende als Veränderliche. Zieht man nach der Ausmultiplizierung, bei der übrigens nur die Beziehung $j^2 = -1$ zu beachten ist, unter Vernachlässigung belangloser Beträge alle Gleichungsglieder mit derselben Veränderlichen zusammen, so erhält man für die allgemein gültigen Gleichungsformen (mit $\sqrt{3}$ für Drehstrom)

$$U_a = (A - j\, B) \frac{w_e}{w_a}\, U_e + \frac{\sqrt{3}}{w_e\, w_a}\, I_e\, (\Re_r - j\, \Im_r) \quad . \quad (7)$$

$$I_a = (C - j\, D) \frac{w_a}{w_e}\, I_e + \frac{w_e\, w_a}{\sqrt{3}}\, U_e \left(\frac{1}{\Re_n} - j\, \frac{1}{\Im_n} \right) \quad (8)$$

die in allen praktischen Fällen sehr genauen Koeffizientenformeln

$$\Re_r \approx (R_{er} + R_{lr} + R_{ar}) - S_{ln}^{-1} \left[\underline{\frac{S_{lr}}{2} \left(R_{er} + \frac{R_{lr}}{3} + R_{ar} \right)} + \frac{R_{lr}}{2} \left(S_{er} + \frac{S_{lr}}{3} + S_{ar} \right) \underline{+ (R_{er}\, S_{ar} + S_{er}\, R_{ar})} \right] \quad (9a)$$

$$\Im_r \approx (S_{er} + S_{lr} + S_{ar}) + S_{ln}^{-1} \left[\underline{\frac{R_{lr}}{2} \left(R_{er} + \frac{R_{lr}}{3} + R_{ar} \right)} - \frac{S_{lr}}{2} \left(S_{er} + \frac{S_{lr}}{3} + S_{ar} \right) - S_{er}\, S_{ar} \right] \quad (9b)$$

$$A \approx 1 - \frac{S_{ln}^{-1}\, S_{lr}}{2} \left(1 - \underline{\frac{S_{ln}^{-1}\, S_{lr}}{12}} \right) + \underline{\frac{R_{ln}^{-1}\, R_{lr}}{2}} - S_{ln}^{-1}\, S_{ar} \left(1 - \underline{\frac{S_{ln}^{-1}\, S_{lr}}{6}} \right) + S_{en}^{-1} \left(\Im_r - \frac{S_{er}}{2} \right) + \frac{S_{an}^{-1}\, S_{ar}}{2} \quad (9c)$$

$$B \approx \frac{S_{ln}^{-1}\, R_{lr}}{2} \left(1 - \underline{\frac{S_{ln}^{-1}\, S_{lr}}{6}} \right) + \underline{\frac{R_{ln}^{-1}\, S_{lr}}{2}} + S_{ln}^{-1}\, R_{ar}; \quad (9d)$$

ferner

C wie A, D wie B: jedoch ist (in den Gliedern mit den Zeigern a und e) Zeiger e durch a und umgekehrt zu ersetzen (die übrigen Glieder bleiben dieselben)

$$\Re_n^{-1} \approx \underline{\frac{S_{ln}^{-2}\, R_{lr}}{6}} + R_{ln}^{-1} + C\, R_{en}^{-1} + A\, R_{an}^{-1} + \underline{D\, S_{en}^{-1} + B\, S_{an}^{-1}}$$

$$\Im_n^{-1} \approx S_{ln}^{-1} \left(1 - \frac{1}{6}\, S_{ln}^{-1}\, S_{lr} \right) - C\, S_{en}^{-1} - A\, S_{an}^{-1} \quad (10a \ldots d)$$

Es ist in den Formeln (9) und (10) nur algebraisch zu addieren, zu multiplizieren und zu dividieren (Anwendungsbeispiel später). Die Anzahl Rechnungen ist nicht nennenswert größer als bei der bisher einfachsten aber auch ungenauesten Methode für kleinere Übertragungslängen. Das entwickelte Verfahren hat außer der hohen Genauigkeit (praktischer Fehler bis rd. 0.15 % von Spannung und Strom) insbesondere auch den Vorteil, daß nach einmaliger Ausrechnung der Koeffizienten U_a und I_a für beliebig viele Belastungsgrade in einfacher Weise mittels der Gl. (7) und (8) rechnerisch oder graphisch ermittelt werden können. Nach anderen Methoden muß man die Anlage für jede Belastung von Übertragungsglied zu Übertragungsglied (Transformator — Linie — Transformator) stets neu durchrechnen. Vollzählig wären die Glieder auf den rechten Seiten der Koeffizientenformeln (9) und (10) übrigens nur für (praktisch jedoch nie ohne Ausgleichs- oder Zwischenstationen unterwegs vorkommende) Streckenlängen von etwa 450 km an zu berücksichtigen. Bei Streckenlängen bis zu etwa 350 km ohne Zwischenstation dürfen aber noch die unterstrichenen Glieder entfallen, also sozusagen in allen praktischen Fällen. Selbst bei 500 km langen Strecken ohne Zwischenstation würde das nach Gl. (7) errechnete U_a[1] und ebenso das nach Gl. (8) errechnete I_a erst um etwa $^1/_2$ % fehlerhaft sein, wenn man die unterstrichenen Glieder wegläßt. Die Glieder (an letzter Stelle) der Koeffizientenformeln mit den Leitwerten R_{en}^{-1}, S_{en}^{-1}, R_{an}^{-1}, S_{an}^{-1} als Faktoren berücksichtigen die Magnetisierungsströme. Die meist übliche Vernachlässigung ihrer spannungsändernden Wirkung kann bei einer 200 km langen Linie schon rd. 1,5 % des gesuchten Spannungswertes ausmachen.

Zuweilen sind die Werte U_a, I_a der Sendestation gegeben. Dafür ist $U_a/0°$ anstatt $U_e/0°$ als Bezugsspannung anzusehen. Man betrachtet für die Feststellung dieser Gleichungsvariante am besten die wirkliche Sendestation als Empfangstation mit dem Belastungstrom $-I_a$ und die wirkliche Empfangstation als Sendestation mit dem Strome $-I_e$. In den Gl. (7) und (8) ist also vor allem U_e statt U_a, ferner $-I_e$ statt I_a und $-I_a$ statt I_e einzusetzen. Außerdem sind die Koeffizienten A und B gegen C und D und umgekehrt zu vertauschen [auch in den Koeffizientenformeln (10 c, d)]. Die Gleichungen lauten demgemäß:

$$U_e = (C - j\, D) \frac{w_a}{w_e}\, U_a - \frac{\sqrt{3}}{w_a\, w_e}\, I_a\, (\Re_r - j\, \Im_r) \quad . \quad (11)$$

$$-I_e = -(A - j\, B) \frac{w_e}{w_a}\, I_a + \frac{w_a\, w_e}{\sqrt{3}}\, U_a \left(\frac{1}{\Re_n} - j\, \frac{1}{\Im_n} \right) . \quad (12)$$

Die allgemein gültige exakte Koeffizientengleichung lautet:

$$1 = (A \mp j\, B)(C \mp j\, D) - (\Re_r - j\, \Im_r) \left(\Re_n^{-1} \mp j\, \Im_n^{-1} \right) . \quad (13)$$

Sie gilt im Zusammenhang mit den Gleichungspaaren (7), (8) und (11), (12) für Linien, Transformatoren, transformatorische Regelsätze und übertragen auch für Asynchronmaschinen, für jeden dieser Anlageteile einzeln oder für ganze Anlagekomplexe aus ihnen. Für eine Linie allein ist bei Annahme durchweg (streng genommen aber nie ganz) gleicher Widerstandsverteilung $A \approx C$, $B \approx D$, was übrigens auch aus den miteinander übereinstimmenden Konstanten der Gl. (5) und (6) hervorgeht. Dasselbe gilt auch bei Einschluß von gleichen Transformatoren an den beiden Linienenden. Das ergibt ein Vergleich der Koeffizientenformeln (9 c, d) mit (10 a, b), da der Wechsel der Zeiger a und e keine Wertänderung nach sich zieht.

Ist ein Teil der Übertragungsglieder (T_e, L, T_a) auszuschließen, so hat man nur einfach die zugehörigen Konstanten in den Formeln (9), (10) gleich Null und bei Ausscheidung eines Transformators sein Windungszahlenverhältnis (w_e bzw. w_a) in den Gl. (7), (8) gleich 1 zu setzen.

Für einen Transformator allein ergeben sich aus Gl. (9) und (10) die Koeffizientenwerte

$$A \approx C \approx 1 + \frac{1}{2}\, S_r\, S_n^{-1}, \qquad \Re_r \approx R_r, \qquad \Re_n = R_n^{-1},$$

$$B \approx D \approx 0, \qquad \Im_r \approx S_r, \qquad \Im_n = -S_n^{-1}.$$

C. Die graphische Auswertung. Beispiel.

a) Das Spannungs- und Stromdiagramm.

Die graphische Auswertung der hyperbolischen Liniengleichungen wird meist als exakte Lösung bezeichnet. Das stimmt in mehrerlei Hinsicht nicht. Streng genommen sind auch die hyperbolischen Gleichungen nur Näherungsgleichungen. Aber abgesehen davon muß man praktisch mit den Ungenauigkeiten der trigonometrischen und hyperbolischen Funktionenwerte in den Zahlentafeln der „Hütte" oder des „Taschenbuches für Elektrotechniker" rechnen. Die gesonderte Behandlung des End- und des Anfangstransformators verlangt im allgemeinen Fall noch zwei weitere Diagramme und sie vermehrt den Gesamtfehler. Ein Vergleich mit den Koeffizientenformeln (9) und (10) der Gesamtanlage läßt ersehen, daß diese in den wirtschaftlich möglichen Fällen kaum zu übertreffende Genauigkeit sowohl für die rein rechnerische Auswertung als auch für den Diagrammentwurf verbürgen.

Im Arch. El.[7] brachte der Verfasser ein vollständiges (unverkürztes) Betriebsdiagramm, das dem Gleichungspaare (7) und (8) hier entspricht. Man hat nur zu beachten, daß die komplexen Koeffizienten $(a_1 + j\, b_1)$, ferner $(\Re + j\, \Im)$ mit dem zugehörigen Argument Ψ_r aus $\operatorname{tg} \Psi_r = \Im : \Re$, weiter $(a_I + j\, b_I)$ mit δ aus $\operatorname{tg} \delta = b_I : a_I$ und $(\Sigma + j\, \Lambda)$ in der anderen Arbeit der Reihenfolge nach in der vorliegenden Arbeit ersetzt sind durch $(A - j\, B)$, ferner durch $(\Re_r - j\, \Im_r)$ mit dem zugehörigen Argument

[1] Wie Fußnote 5.

Digitized by Google

ψ_r aus $\operatorname{tg}\psi_r = \mathfrak{S}_r : \mathfrak{R}_r$, weiter durch $(C - jD)$ mit β aus $\operatorname{tg}\beta = D : C$ und durch $\left(\mathfrak{R}_n^{-1} - j\,\mathfrak{S}_n^{-1}\right)$.

Für den praktischen Gebrauch wird man sich des sogenannten Kreisrasters bedienen müssen, um durch großen Maßstab hinreichend genau zu sein. Wenn kein solches gerastertes Papier und auch kein genügend langer Zirkel für das Ziehen der Kreise zur Verfügung stehen, so kann dennoch das verkürzte Diagramm benutzt werden. Der Entwurf des Diagramms (Abb. 2) auf Grund der Gl. (7), (8) geschieht wie folgt:

e sei der Endpunkt des Bezugsvektors $\frac{w_e}{w_a} U_e/0°$, dessen Anfangspunkt, d. i. der Diagrammursprung O, links außerhalb der Bildfläche liegt. d ist der Endpunkt des Spannungsvektors $U_a = U_e \frac{w_e}{w_a}(A - jB)$ am Systemanfang bei Leerlauf. b ist der Endpunkt des Vektors U_a bei Belastung mit dem Nennwirkstrom I_{ewn} bei $\cos\varphi_e = 1$. Würde mit dem Blindstrom $|I_{ebn}| = |I_{ewn}|$ bei $\cos\varphi_e = 0$ belastet werden, so erhielte man f als Diagrammpunkt, wobei $\overline{df} \perp \overline{db}$ ist. Die jeweilig vorhandene reduzierte Impedanzspannung in Richtung $\overline{db}$ bzw. $\overline{df}$ ist nun mit dem Wirk- (I_{ew}) bzw. Blindstrome (I_{eb}) auch proportional der Wirk- (N_{ew}) bzw. Blindleistung (N_{eb}). Daher unterteilt man die Strecken $\overline{db}$ und $\overline{af}$ in Leistungseinheiten, um den jeweiligen Endpunkt des gesuchten Spannungsvektors (U_a) als Belastungspunkt (p) aufsuchen zu können.

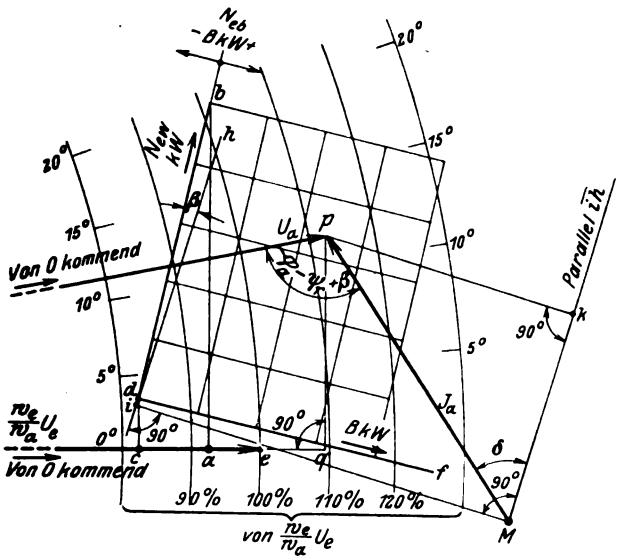


Abb. 2. Diagramm der vollständigen Anlage.

Zwischen dem Leistungs- und dem Spannungsmaßstab besteht die Beziehung (U_e in Volt einsetzen):

$$1\,\mathrm{kW} = 1\,\mathrm{BkW} = \frac{\left(\mathfrak{R}_r^2 + \mathfrak{S}_r^2\right)^{1/2}}{w_a\, w_e\, U_e^2}\ \mathrm{kV},$$

denn $\overline{db}$ ist gleichzeitig die Wirkleistung (N_{ewn}) und die Spannungskomponente

$$\frac{\sqrt{3}\, I_{ewn}}{w_e\, w_a}(\mathfrak{R}_r - j\,\mathfrak{S}_r) = \frac{N_{ewn}}{U_e\, w_e\, w_a}(\mathfrak{R}_r - j\,\mathfrak{S}_r).$$

Die Punkte b und d sind nun bestimmt durch

$$\overline{ec} = U_e \frac{w_e}{w_a} A - U_e \frac{w_e}{w_a}, \qquad \overline{cd} = U_e \frac{w_e}{w_a} B$$

$$\overline{ca} = \frac{\sqrt{3}\, I_{ewn}}{w_e\, w_a}\mathfrak{R}_r, \qquad \overline{ab} = \frac{\sqrt{3}\, I_{ewn}}{w_e\, w_a}\mathfrak{S}_r + \overline{cd}.$$

Das Stromdiagramm ist zweckmäßig mit dem Spannungsdiagramm zu kombinieren. Man geht davon aus, daß das Glied $I_{ew}\frac{w_a}{w_e}(C - jD)$ der Gl. (8) proportional dem Wirkstrom und der Wirkleistung ist, ebenso wie die reduzierte Impedanzspannung auf $\overline{db}$, so daß durch ebendieselbe Strecke auch der besagte Stromvektor darstellbar ist. Als Strommaßstab muß dafür (U_e in Volt einsetzen):

$$1\,\mathrm{kW} = \frac{w_a (C^2 + D^2)^{1/2}}{\sqrt{3}\, w_e\, U_e} 10^3\ \text{Amp. von } I_a$$

gelten. Es verbleibt nur noch, die Lage des restlichen Gliedes $\frac{w_e\, w_a}{\sqrt{3}} U_e\left(\mathfrak{R}_n^{-1} - j\,\mathfrak{S}_n^{-1}\right)$ der Gl. (8) festzustellen. Zu diesem Behufe zieht man unter dem Winkel β (Erklärung über $\operatorname{tg}\beta$ siehe vorher) gegen $\overline{db}$ den Strahl $\overline{hi}$, macht $\overline{di}$ gleich $\frac{w_e\, w_a\, U_e}{\sqrt{3}\,\mathfrak{R}_n}$ und errichtet im Punkte i die Senkrechte $\frac{w_e\, w_a\, U_e}{\sqrt{3}\,\mathfrak{S}_n} = \overline{Mi}$. Damit ist der Ursprung M des Stromdiagramms schon gewonnen. Der Endpunkt jedes gesuchten Stromvektors I_a fällt mit demjenigen des zugehörigen Spannungsvektors U_a im jeweiligen Belastungspunkt p zusammen.

Im verkürzten Diagramm ohne Kreisraster ist U_e zwar nicht ablesbar, aber doch bestimmbar. Man nimmt $\overline{Oe} = \frac{w_e}{w_a} U_e : \frac{w_e}{w_a} U_e = 100\,\%$ an, mißt $\overline{pq} : \frac{w_e}{w_a} U_e = y \perp U_e$ und $\overline{eq} : \frac{w_e}{w_a} U_e = x \parallel U_e$ in % von $\frac{w_e}{w_a} U_e$ und hat dann

$$U_a\left(\text{in \%\ von } \frac{w_e}{w_a} U_e\right) = \frac{U_a}{\frac{w_e}{w_a} U_e} = \sqrt{(1 \pm x)^2 + y^2}.$$

U_a und I_a schließen zufolge der Kombinierung miteinander den unwirklichen Winkel $|\varphi_a + \psi_r - \beta|$ ein (Bestimmung von ψ_r und β siehe vorher), von dem die konstante Winkeldifferenz $|\psi_r - \beta|$ abzuziehen ist, um den wirklichen Leistungsfaktorwinkel φ_a zwischen U_a und I_a zu erhalten. Aus dem verkürzten Diagramm ohne Kreisraster ist natürlich der Winkel $|\varphi_a + \psi_r - \beta|$ nicht ablesbar. Man muß φ_a dann (s. a. folgendes Beispiel) bestimmen aus

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{y}{1 \pm x}, \qquad \operatorname{tg}\delta = \frac{\overline{kp}}{\overline{Mk}}, \qquad \varphi_a = \alpha - \delta,$$

wobei für das aus seiner relativ richtigen Lage um $(\psi_r - \beta)$ verdrehte Stromdiagramm der Vektor $\overline{Mk} \parallel \overline{ih}$ die Richtung von U_e angibt. (Ausführlichere Darstellung enthält die bereits erwähnte andere Arbeit des Verfassers.)

b) Beispiel.

Es sind die Gleichungen einer 2×500 km langen unverzweigten kapazitiven Doppelleitung samt Endtransformatorstation anzugeben. Die sekundären Werte der Empfangstation betragen: $N_e = 50\,000$ kW, $\cos\varphi_e = 1$, $U_e = 15$ kV, 50 Hz. Die Doppelleitung besteht aus 6 Kupferhohlseilen von je 20 mm Dmr. mit 2×120 mm² Gesamtquerschnitt und mit 530 cm mittlerem geometrischen Abstand voneinander. Es beträgt demnach der ohmsche Reihenschlußwiderstand $R_{lr} = 37{,}92\ \Omega$, der induktive Reihenschlußwiderstand $j\,S_{lr} = 100{,}25\,\Omega$, der kapazitive Nebenschlußwiderstand $\frac{1}{\omega C} = j\,S_{ln} = 360\,\Omega$ und der Isolationswiderstand (ohmscher Nebenschlußwiderstand) $R_{ln} = 20\,\mathrm{k}\Omega$. Die Umspannung in der Endstation soll durch zwei parallele Transformatoren für je 25 000 kVA Leistung bei einem Windungszahlenverhältnis $w_e = 150/15\,\mathrm{kV} = 10$ geschehen. Die Kurzschlußspannung jedes Transformators beträgt 10 % von $w_e U_e$, die Kupferverluste betragen in kW je 0,8 % der normalen kVA-Leistung und der Wirk- bzw. Blindverlust des Nebenschlusses macht auf 1 Transformator 0,5 % bzw. 5 % der normalen Scheinleistung bei der Normalspannung $U_e = 15$ kV aus. Daraus erhält man die Reihenschlußwiderstände zu $R_{er} = 3{,}6\ \Omega$ und $j\,S_{er} = 44{,}86\,j\,\Omega$, ferner die Nebenschlußwiderstände zu R_{en} 90 kΩ und $j\,S_{en} = 9\,j\,\mathrm{k}\Omega$ für die gesamte Endstation (sämtliche Konstanten mit dem Zeiger a in den Koeffizientenformeln sind Null, da der Anfangstransformator nicht einbezogen ist).

Nun ergeben die Gl. (9) und (10) die nachstehenden Werte:

$$A \approx 0{,}8775, \qquad C \approx 0{,}7485$$
$$B \approx 0{,}050, \qquad D \approx 0{,}06216$$
$$\mathfrak{R}_r \approx 35{,}12\ \Omega, \qquad \mathfrak{R}_n^{-1} \approx 15 \cdot 10^{-6}\ \mathrm{S}$$
$$\mathfrak{S}_r \approx 135{,}08\ \Omega, \qquad \mathfrak{S}_n^{-1} \approx 2{,}55 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{S}.$$

Mit diesen Koeffizientenwerten erhält man gemäß Gl. (7) und (8) bei Vollast und $\cos\varphi = 1$ bzw. bei Leer-

Digitized by Google

lauf die Spannung U_0, den Strom I_0, den Leistungsfaktorwinkel φ_0 am Linienanfang (Abb. 1) wie folgt:

$$U_0 \approx A\,w_e\,U_e + \frac{\sqrt{3}\,I_{ew}}{w_e}\,\Re_r - j\left[B\,w_e\,U_e + \frac{\sqrt{3}\,I_{ew}}{w_e}\,\Im_r\right]$$

$$\approx [143330 - j\,52530] \text{ Volt bzw. (bei } I_{ew} = 0)$$

$$\approx [131625 - j\,7500] \text{ Volt,}$$

ferner

$$I_0 \approx C\,\frac{I_{ew}}{w_e} + \frac{w_e\,U_e}{\sqrt{3}}\,\Re_n^{-1} - j\left[D\,\frac{I_{ew}}{w_e} + \frac{w_e\,U_e}{\sqrt{3}}\,\Im_n^{-1}\right]$$

$$\approx [145{,}5 - j\,232{,}8] \text{ Amp. bzw. (bei } I_{ew} = 0)$$

$$\approx [1{,}45 - j\,221] \text{ Amp.}$$

und

$$\operatorname{tg}\alpha \approx \frac{52530}{143330} \approx 0{,}3665; \qquad \operatorname{tg}\delta \approx \frac{232{,}8}{145{,}5} \approx 1{,}6;$$

$$\varphi_0 (\text{Vollast}) = \alpha - \delta \approx -38° 50'.$$

Im Diagramm (Abb. 2) ist nun zu zeichnen:

$\overline{ec} = -w_e U_e + w_e U_e A \approx -150000 + 131625 = -18375$ V

$\overline{ca} = 11700$ V ($\approx 143330 - 131625$)

$\overline{ab} = 52530$ V

$\overline{ed} = w_e U_e B \approx 7500$ V

$\overline{df} \perp \overline{bd}$

$\overline{Mi} = -221$ A

$\overline{di} = 1{,}45$ A.

Zwischen dem Spannungs-, Strom- und Leistungsmaßstab besteht die Beziehung

$$1\,\text{kW} = 1\,\text{BkW} = 0{,}93 \cdot 10^{-3}\,\text{kV} = 2{,}89 \cdot 10^{-3}\,\text{A von } I_0.$$

Wäre auch der Transformator T_a am Linienanfang einzuschließen, so müßten mittels der errechneten Werte U_0 und I_0 seine Widerstände $R_{ar}, S_{ar}, R_{an}, S_{an}$ (falls nicht gegeben) bestimmt werden. Dann sind die Koeffizienten der Gesamtanlage gemäß den Gl. (9), (10) zu ergänzen und schließlich ist analog wie vorher für den Linienanfang gezeigt zu verfahren.

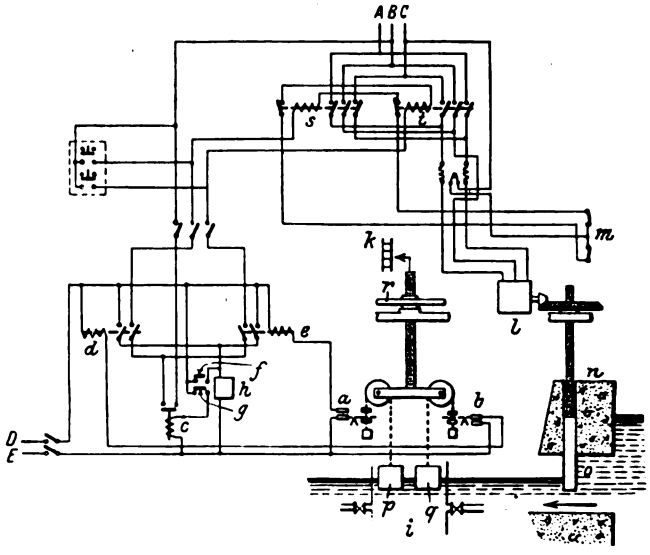
Es sei bemerkt, daß der Entwurf eines vollständigen Diagramms nach Art der Abb. 2 nicht allein auf Grund der Gl. (7) ... (10) möglich ist, sondern daß man dazu auch andere Gleichungen[8] als Grundlage verwenden kann. Im Grunde genommen handelt es sich darum, die Lage der Punkte b, d und M festzustellen. Das kann beispielsweise geschehen, indem man die Dreiecke *eab*, *ecd*, *diM* (mit dem Zeiger *e*) für den Endtransformator, dann (mit dem Zeiger *l*) für die Linie und schließlich (mit dem Zeiger *a*) für den Anfangstransformator aneinanderreiht (addiert), so daß man schließlich die Punkte $b \equiv b_a$, $d \equiv d_a$, $M \equiv M_a$ erhält. Die Wirkungen der Magnetisierungsströme der Transformatoren sind indessen klein, wenn auch nicht vernachlässigbar, und es ist daher bequem, sie gemäß den Formeln (9), (10) zu den größeren Verlustbeträgen der Linie algebraisch und nicht als Teilstrecken im Diagramm graphisch zu addieren. Wenn man die besagten Diagrammpunkte nach irgendeiner anderen Methode bestimmt, so lassen sich dann die Gl. (7), (8) der Gesamtanlage aufstellen, indem man die Koeffizienten aus dem Diagramm ermittelt.

[8] S. a. ETZ 1928, S. 1629.

Selbsttätige Wasserspiegelregelung für Stauwerke.

D. P. Dinapoli[1] empfiehlt für Stauanlagen eine von der Höhe des Wasserspiegels abhängige Verstellung des Schützes. Die Einrichtung besteht aus dem Schwimmermechanismus, den Relais und dem Schütz mit Motor und Kontakteinrichtung. Der Wasserspiegel schwankt bei der beschriebenen Anlage um ungefähr 610 mm. Es sind zwei Schwimmer vorhanden (Abb. 1), die je einen einpoligen Schalter betätigen in der Weise, daß der Spielraum zwischen Öffnen und Schließen einem Höhenunterschied des Wasserspiegels von 12,7 mm entspricht. Die beiden Schwimmer können mittels Handrads auf einen beliebigen Wasserstand eingestellt werden. Jede Änderung im Wasserspiegel bewirkt, daß entweder der Schalter *a* oder der Schalter *b* geschlossen wird, dadurch das Relais *d* oder *e* betätigt und der Hilfsmotor *h* in Bewegung gesetzt wird, der wiederum die Kontakte *g* schließt und das Relais *c* betätigt. Dies Relais schließt den Stromkreis für den Schleusenmotor *l*, und das Schütz öffnet oder schließt sich je nachdem, welcher Schwimmerschalter, welches Relais und welcher Kontakt betätigt wurde. Der Hilfsmotor *h* treibt die Kontaktwelle, welche 1 U/min macht, so daß 4 Kontakte/min hergestellt werden. Das Öffnen des Kontaktes *g* bewirkt ein Stromloswerden der Relais *c*, so daß die Kontakteinrichtung des Schleusenmotors geöffnet wird. So lange als Schwimmschalter *a* oder *b* geschlossen ist, bewegt sich das Schütz mit Unterbrechungen alle 15 s, bis der vorgeschriebene Stand des Wasserspiegels hergestellt ist. *Ka.*

[1] El. World Bd. 94, S. 1220.



a, b Schwimmerkontakte	*i* Schwimmerbrunnen
c Hauptrelais	*k* Skala
d, e Relais zur Betätigung von *s, t*	*l* Schleusenmotor
s, t Relais zur Steuerung des Schleusenmotors	*m* Endschalter
f Verriegelungskontakt	*n* Staudamm
g Hauptkontakt	*o* Schütz
h Hilfsmotor	*q, p* Schwimmer
	r Handrad

Abb. 1. Selbsttätige Wasserspiegelregelung.

Mitteilungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

Bekanntmachung über Prüfungen und Beglaubigungen durch die Elektrischen Prüfämter.

Nr. 290.

Auf Grund des § 9 des Gesetzes vom 1. VI. 1898, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, ist dem Bezirksverband Oberschwäbische Elektrizitätswerke in Biberach/Riß die Genehmigung erteilt worden, als Elektrisches Prüfamt 11 in seiner Prüfstelle in Ravensburg amtliche Prüfungen von Elektrizitätszählern und Meßgeräten auszuführen, und zwar

mit Gleichstrom	bis 300 A, 750 V	im Amt und am Betriebsort
mit Wechsel- und Drehstrom	bis 300 A, 500 V	im Amt und am Betriebsort.

(Verfügung des Reichsministers des Innern vom 30. IX. 1930, Reichsministerialblatt Nr. 43, 1930.)

Berlin-Charlottenburg, den 14. X. 1930.

Der Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.
Paschen.

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

LI. Jahrgang

1930

II. Halbjahr

Berlin

Im Buchhandel durch Julius Springer

1930

Digitized by Google

Digitized by Google

Inhaltsverzeichnis.

(II. Halbjahr 1930)

A. Sachverzeichnis.

	Seite		Seite
I. Aufsätze, Rundschau und kleinere Mitteilungen	III	IV. Vereinsnachrichten	XIX
II. Persönliches	XVII	V. Geschäftliche Mitteilungen	XX
III. Literatur (Buchbesprechungen)	XVII		

Zeichenerklärung: * = größerer Aufsatz. — Brf. = Brief an die Schriftleitung. — Lit. = Buchbesprechung. — B. = Berichtigung. Bespr. = Besprechung.
Die Zeichen *, Brf., Lit., B. und Bespr. stehen vor der Seitenzahl.
Die Umlaute ä, ö, ü und ae, oe, ue sind wie die einfachen Laute a, o, u behandelt; Worte mit Umlauten sind den gleichartigen Worten mit einfachen Lauten nachgestellt.

I. Aufsätze, Rundschau und kleinere Mitteilungen.

Absatz s. Werbung.

Abwärme s. Wärmewirtschaft.

AEF s. Einheiten u. Abt. A IV, Vereinsnachrichten.

Aerodynamik s. Flugwesen.

Akkumulator (s. a. Elektrizitätswerksbau, Lokomotiven).
— Das mikroporöse Gummidiaphragma für Akkumulatoren. Von H. Beckmann. *1605.
— Batterieladung und -pflege durch neuzeitliche Oxyd-Glühkathoden-Gleichrichter. Von W. Germershausen. *1257.

Akustik s. Technische Akustik.

Alarmanlagen s. Signalanlagen.

Anlasser.
— Drehstrommotor mit selbsttätiger Anlaßvorrichtung. 1337.
— Stern-Dreieck-Schalter für Dreinutmotoren. 1591.
— Anlassen von Flugmotoren. 1527.

Antenne s. Funkwesen.

Antrieb s. Bahnbau, Maschinenantrieb, Schalter usw.

Apparat s. Funkwesen, Heizung, Meßgeräte, Schalter usw.

Asynchronmotor s. Elektr. Maschinen.

Auftauen einer Wasserleitung, Elektrisches —. Nach Schütz u. Jessen, H. Gründig. 1659.

Aufzug s. Förderanlagen, Hebezeuge.

Auslaufmessung s. Meßverfahren.

Ausschuß s. Einheiten, Kongresse u. Abt. A IV, Vereinsnachrichten.

Ausstellungen.
— **Allgemeines.**
— „Ausstellung und Messe in Recht und Wirtschaft der Zeit". 1375.
— Ausstellungen und Messen, deren Beschickung der Zentralverband der deutschen elektrotechnischen Industrie nicht empfiehlt. 1466.

Ausstellungen.
— Fernsprecheinrichtung für ausländische Ausstellungsbesucher. 1375.

— **Deutschland und Österreich.**
— 7. Große Deutsche Funkausstellung. Berlin 1930. 1051.
— Aus der Großen Deutschen Funkausstellung und Phonoschau, Berlin 1930. Von W. Burstyn. *1446.
— Ausstellung „Soll und Haben des deutschen Volkes", Berlin. 1375.
— Das Haus der Technik in Bielefeld. 1076.
— Die Elektrizität auf der Internationalen Hygieneausstellung, Dresden 1930. Von B. Thierbach. 1533.
— Gießereifachausstellung Düsseldorf (elektr. Wärmemeßgeräte). Von A. Przygode. 1047.
— Die Elektrotechnik auf der 36. Wanderausstellung der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft in Köln 1930. 1176.
— Internationale Werkbund-Ausstellung „Die neue Zeit", Köln. 1375.
— Westdeutsche Funkausstellung, Köln. 1375.
— Ein Direktorium des Leipziger Meßamts. 1114.
— Vom Haus der Elektrotechnik, Leipzig. 1114.
— Die Leipziger Messe im Jahr 1931. 1630.
— Ausstellung „Österreichs Technik in Dokumenten der Zeit", Wien. 1375.

— **Ausland.**
— Internationale Mustermesse der Levante, Bari 1930. 1051.
— 2. Internationale Ausstellung für Radio und Luftchemie, Bukarest 1930. 1114.
— Ein Temple of Power auf der Weltausstellung Chicago 1933. 1178.

Ausstellungen.
— Elektrizitäts-Ausstellung in Dordrecht. 1114.
— Ausstellung ausländischer Laboratoriumsausrüstungen, Leningrad 1930. 1375. 1466.
— Deutscher Auskunftspavillon auf der Weltausstellung Lüttich. 1178.
— Internationale Mustermesse Luxemburg 1930. 1051.
— II. Internationale Ausstellung für Gesundheitstechnik und Städtehygiene, Mailand 1931. 1630.
— Ausstellung für Heimkultur, Radiowesen und Elektrizität, Reval 1930. 1466.
— Kunst- und Heimindustrie-Ausstellung, Stockholm. 1375.

Auswuchten s. Schwingungen.

Außenhandel s. Wirtschaftspolitik u. Abt. A V, Geschäftl. Mitteilungen.

Automobil (s. a. Bahnbau).
— Die neue Verordnung über den Kraftfahrzeugverkehr. Von F. Born. *1555.
— Lenkbare Automobilscheinwerfer. 1716.
— Zur Photometrierung von Automobilscheinwerfern. Von F. Born. *1239.

Bagger (s. a. Förderanlagen).
— Amerikanischer Eimerseilbagger. Nach W. Franke. 1015.

Bahnbau u. Bahnbetrieb (s. a. Lokomotiven).
— **Anlagen.**
— Aachen. 1780.
— Amerika. 983. 1371. 1660. 1779.
— Argentinien. *1329. 1079.
— Berlin. *1492.
— Buenos Aires. *1329.
— Costa Rica. 1660.
— Deutschland. 1277. *1355. *1492. 1595. 1780.
— England. 983. 1722.

Digitized by Google

Bahnbau u. Bahnbetrieb.
— Ferrocarriles Vascongados. 1340.
— Frankreich. 1593.
— Holland. 1561.
— Indien. *1135.
— Italien. 1244.
— Marokko. 1341.
— Mettmann—Gruiten. 1595.
— Mexiko. 1371.
— Mont Cenis. 1593.
— New York—Wilmington—Washington. 983.
— Österreich. 1175. 1262.
— Peggau—Übelbach. 1175.
— Pennsylvania-Bahn. 1779.
— Schlesien. *1355.
— Schweden. 1688.
— Schweiz. 982. *1037.
— Spanien. 1340.
— Stuttgart. 1277.
— Transandine-Bahn. 1079.
— Vesuv-Kreisbahn. 1244.
— Visp—Zermatt. 982.

— Elektrische Zugförderung mit drei Gleichstromspannungen. Nach W. R. Taliaferro. 1371.
— Die Untergrundbahn Gesundbrunnen—Neukölln in Berlin (GN-Bahn). Von A. Przygode. *1492.
— Ausbau des Stuttgarter Nahverkehrs. 1277.
— Gleislose elektrische Bahn Mettmann—Gruiten. Von M. Schiemann. 1595.
— Gleislose elektrische Bahn in England. 1722.
— Gleichstrom-Hochspannungs-Kleinbahn (Österreich). Nach W. Fritsch. 1175.
— Neue Bahnelektrisierungen in den V. S. Amerika. Nach A. G. Oehler. 983.
— Verkehrsentwicklung u. Untergrundbahn-Unternehmungen in Buenos Aires. Von A. Geldermann. *1329.
— Elektrischer Betrieb auf der französischen Mont-Cenis-Strecke. Nach M. Le Touzé und M. Tourneur. 1593.
— Die Elektrisierung der britisch-indischen Bahnen. Von P. v. Stritzl. *1135.
— Elektrische Zugförderung in Marokko. 1341.
— Hauptbahnelektrisierung in Mexiko. Nach J. B. Cox. 1371.
— Die weitere Elektrisierung der schwedischen Staatsbahnen. 1688.
— Die Elektrisierung der Zahnradbahn Visp—Zermatt. 982.

— **Betrieb.**
— Erfahrungen mit elektrischen Wechselstrom-Lokomotiven und -Triebwagen der Deutschen Reichsbahn. Von W. Reichel. *1355.
— 50 Jahre Aachener Straßenbahn. 1780.
— Die Wirtschaftlichkeit des elektrischen Betriebes der Schweizerischen Bundesbahnen im Jahre 1929. Nach E. Huber-Stockar. *1037.
— Betriebsergebnisse der mexikanischen Bahnelektrisierung. 1371.
— Vergleichende Leistungschaulinien zwischen Umformer- und Gleichrichterbetrieb. 1176.
— Eröffnung des elektrischen Bahnbetriebes in Costa Rica. Nach v. Meyern. 1660.
— Stromversorgung der elektrischen Bahnen in Holland. Nach J. J. W. van Loenen Martinet. 1561.

Bahnbau u. Bahnbetrieb.
— Gleislose elektrische Bahnen (Bericht über Studienreise). Nach A. Bertram, H. Nölkensmeier u. A. Schiffer. 983.

— **Fahrzeuge, Fahrleitung, Oberbau** (s. a. Lokomotiven).
— Die Stromwendung des Wechselstrom-Bahnmotors. Von K. Töfflinger. *1285.
— Der Gleichstrom-Bahnmotor im Betrieb mit welliger Klemmenspannung. Nach K. Töfflinger. 1530.
— Stromrückgewinn bei Gleichstrombahnen. Nach L. Grätzmüller. 1659.
— Oberleitungsomnibus mit Antrieb durch Kardan und drei Differentialgetriebe (England). 1722.
— Die elektrische Beleuchtung von Gepäckwagen. Nach M. Breuer. 1658.
— Kohledruckregler für Zugbeleuchtung. 1718.
— Geräuschdämpfung und Verminderung des Verschleißes bei Stromabnehmerrollen. 1532.
— Die Fahrleitung der spanischen Ferrocarriles Vascongados. Nach L. Pontecorvo. 1340.
— Stromschienenbefestigung (Frankreich). 1595.
— Verteilung von Wechselströmen in Eisenbahnschienen. Nach E. A. Sperry. 1531.
— Weichen und Kreuzungen bei gleislosen Bahnen. 1596.

— **Signalwesen, Verschiedenes.**
— Ein neues elektrisches Signalmittel für den Rangierbetrieb am Ablaufberg (Tonsignale). 1050.
— Elektrische Hupenanlage für die Alarmierung eines Eisenbahn-Hilfszuges. Nach Betz. 1109.
— Optisch-elektrische Zugbeeinflussung. Nach Bäseler. 1244.
— Eine mechanisch-elektrische Zugbeeinflussung. Nach Bäseler. 1344.
— Betriebsüberwachung von Zugbeeinflussungs-Einrichtungen. 1206.
— Lichttagessignale bei der Reichsbahn. Nach Buddenberg. 1342.
— Zur Frage der Ausfahrvorsignale der Österreichischen Bundesbahnen. Nach F. Zuleger. 1373.
— Die Reichsbahn führt die 0,8 *d* hohe Mutter ein. 1114.
— Beseitigung von Rundfunkstörungen in Wiesbaden. 1244.
— Einrichtung zum Prüfen und Messen von Hochspannungsanlagen. Von K. Täuber. *1125.
— Brüsseler Sitzung des Comité Mixte International de Traction Electrique. 1031.

Beeinflussung s. Leitungen (Allgem.).
Beleuchtung s. Glühlampe, Lichttechnik.
Bergbau (s. a. Förderanlagen, Hüttenwesen, Maschinenantrieb).
— Erzförderung und Mannschaftsfahrt im Schleppschacht. Nach H. Smonker. 1145.
— Ein neuer elektrischer Teufenanzeiger für Förderanlagen. 1405.
— Etagenanzeiger für Förderanlagen. 1690.
— Wirtschaftlichkeit der Bandförderung im Steinkohlenbergbau. Nach H. Folkerts u. H. Bechtold. 1626.
— Wirtschaftlichkeit der Förderung in Abbaustrecken bei steiler und bei flacher Lagerung. Nach H. Jahns. 1781.

Bergbau.
— Gründe für die zahlenmäßige Abnahme der Schrämmaschinen im Ruhrbezirk. Nach K. H. Ströddter. 1404.
— Die Sicherheit des elektrischen Schießens in Bergwerken. Nach W. Vogel. 1081.
— Zündwirkung von Öffnungsfunken. Nach C. B. Platt u. R. A. Bailey. 1465.
— Beleuchtung als Mittel zur Rationalisierung im Bergbau. Nach A. Gaertner u. L. Schneider. 1625.
— Belastungsgebirge eines Zechenkraftwerkes. Von C. Körfer. *1157. B. 1412.
— — Von R. Schneider. Brf. 1346.
— Bericht des Vereins zur Überwachung der Kraftwirtschaft der Ruhrzechen 1929/30. 1785.
Berichtigungen. 1024. 1124. 1348. 1380. 1412. 1476. 1540. 1604. 1636. 1668. 1704.
Berührungsschutz s. Fassungen, Installationswesen.
Bezugsquellen.
— Bezugsquellenkartei für Getriebe beim AWF. 985.
— „Bezugsquellenverzeichnis". 992. 1056. 1088. 1188. 1380. 1412. 1476. 1508. 1572. 1604. 1636. 1668. 1704. 1732.
Bibliothek, Zeitschriften— des E. V. 1345.
Bildtelegraphie s. Funkwesen.
Bimetall s. Regelung.
Blindstrom s. Elektr. Maschinen, Leistungsfaktor, Meßgeräte.
Blitz (s. a. Überspannung).
— Blitzschlag in das Fernkabel Wien—Budapest. Nach R. Wicar. 1110.
— Prüfmuffe für Blitzschutz- und Erdungsanlagen. 1305.
Bodenfräse s. Landwirtschaft.
Bogenlampe s. Lichttechnik.
Brandstiftung s. Rechtspflege.
Brennstoff s. Öl, Feuerungsanlagen.
Bügeleisen s. Heizung.
Bühne s. Lichttechnik.
Bürsten s. El. Maschinen.

Chemie s. Elektrochemie, Öl usw.

Dampfkessel (s. a. Feuerungsanlagen, Wärmewirtschaft).
— Die 100 at-Anlage des Großkraftwerkes Mannheim. Nach F. Marguerre. *1105.
— Dampfschaltplan und Kessel im EW. Plessa. 1733.
— Der heutige Stand des Dampfkesselbaues in Amerika. 1042.
— Einfluß der Ausbildung der Kesselanlage auf die Baukosten von Elektrizitätswerken. Nach F. Münzinger. 985.
— Der wirtschaftlichste Dampfdruck. Nach P. Gilli. 1114.
— Kesselregelung. Von Askania-Werke AG. Brf. 1634.
— Bericht des Vereins zur Überwachung der Kraftwirtschaft der Ruhrzechen 1929/30. 1785.

Dampfturbine.
— Hochdruckturbinen im Großkraftwerk Mannheim. 1107.
Detektor s. Funkwesen.
Dieselmotor (s. a. Elektrizitätswerksbau).
— Dieselmotoren als Spitzenmaschinen in Elektrizitätswerken. 1751.

Digitized by Google

Differentialschutz s. Relais.

Doktorat, Das technische — in Italien. 1629.

Draht s. Leitungen.

Drosselspule (s. a. Hochspannung).

— Die Berechnung von eisenlosen Drosselspulen. Von J. Hak. Brf. 1377.

— — Von K. Faye-Hansen. Brf. 1378.

— Löschdrossel mit Gleichstrom-Vormagnetisierung. Nach M. Terada. 1726.

Druckregler s. Regelung.

Durchführung s. Isolatoren.

Durchhang s. Leitungen, Meßgeräte.

Dynamo s. Elektr. Maschinen.

Eichung s. Elektrizitätszähler, Meßverfahren usw.

Einheiten (s. a. Normen).

— Arbeiten der PTR. über Festlegung und Vergleich von Einheiten. 1212.

— Magnetische Größen und Einheiten, welche von der Vollversammlung der IEC in Skandinavien 1930 angenommen worden sind. Von K. Strecker. *1418.

— Zur Frage der Kennzeichnung von Fernsprechübertragungssystemen. Von W. Deutschmann. *1543.

— Einführung des Begriffes „Halbschwingung" bei Zeitmessern. 1530.

— Entwicklung eines piezoelektrischen Kristalls als Frequenzstandard. Von H. J. Lucas. 1565.

— Entwürfe des AEF (s. a. Abt. AIV, Vereinsnachrichten).

— — Formen der elektrischen Entladung in Luft von Atmosphärendruck. 1470.

— — Benennungen in der Akustik. 1474.

— — Einheit der Frequenz. 1730.

Eisen s. Hüttenwesen, Magnetismus, Materialkunde.

Elektrische Maschinen (s. a. Anlasser, Maschinenantrieb, Meßverfahren, Regelung usw.)

— **Allgemeines.**

— Welche Leistung wird durch den Luftspalt einer elektrischen Maschine übertragen? Von H. Jehle. *976.

— Temperaturanstieg in elektrischen Maschinen. Von H. Jehle. *1166. Brf. 1731.

— — Von Fabinger. Brf. 1731.

— Was ist Streuung und wie berechnet man sie? Von E. Weber. *1221. *1267. Bespr. 1280. B. 1636.

— Das Stromdiagramm der Synchronmaschine mit ausgeprägten Polen. Nach J. Schammel. 980.

— Unterdrückung der selbsterregten Schwingungen von Synchronmaschinen. Nach K. Machens u. E. Manteuffel. 1563.

— Selbsterregte mehrphasige Reihenschluß-Erregermaschinen und die Rolle ihrer Ständerwicklungen. Von A. Heyland. *1545.

— Erregung von läufererregten Kommutator-Hintermaschinen (Drehstrom-Erregermaschinen) bei ungeeigneter Netzfrequenz. Von H. Harz. *1615.

— Die mehrphasigen Kommutator- und Induktionsmaschinen als Sonderfälle des „allgemeinen Transformators". Nach M. P. Kostenko. 1656.

— Stromwärme in Kommutatorfahnen. Von E. Rappel. *1032.

— Beitrag zur Temperaturmessung von Kommutatoren im Betrieb. Von A. Schliephake. *1128.

Elektrische Maschinen.

— Zusätzliche Kommutierungsverluste in Gleichstromwicklungen bei endlicher Stromwendedauer. Nach R. Stix. 1562.

— Die Auswertung von Auslaufmessungen durch die Teilzeitlinie. Von J. Wicher. *1426. B. 1668.

— Auswuchten von Rotoren. Nach J. J. Ryan. 1777.

— Hochbeanspruchte Schmiedestücke im Elektromaschinenbau. Nach E. Lasswitz. 1275.

— **Generatoren.**

— Stromverdrängung in Statorwicklungen als Wirkung des Stirnstreufeldes. Von R. Pohl. *1195. Brf. 1475. *1739.

— — Von R. Richter. Brf. 1475.

— Das Problem der unsymmetrischen Belastung des Synchron-Drehstromgenerators und des Drehstromtransformators. Nach W. Tolwinski. 1528.

— Wasserkraftgenerator des Kraftwerks Dnjeprstroi, Rußland. 1623.

— Nutenlose oder Hochspannungs-Synchronmaschine. Nach B. Kudrna. 1433.

— **Motoren** (s. a. Maschinenantrieb).

— Erzeugung eines gleichbleibenden Drehmomentes bei Anlaufversuchen. Von H. E. Linckh. *1101.

— Das Verhalten asynchron gekuppelter Schwungmassen. Von J. Ruths. *1517.

— Die Stromwendung des Wechselstrom-Bahnmotors. Von K. Töfflinger. *1285.

— Der Gleichstrom-Bahnmotor im Betrieb mit welliger Klemmenspannung. Nach K. Töfflinger. 1530.

— Einphasen-Induktionsmotor mit Kondensatoren in der Hilfsphase. Nach H. Wolf. 1623.

— Anlauferwärmung von Kurzschlußankermotoren. Von M. Liwschitz. *962. *1007.

— Neuer kompensierter Asynchronmotor. Nach H. de Pistoye. 1338.

— Drehstrommotor mit selbsttätiger Anlaßvorrichtung. 1337.

— Der Dreinutmotor. 1590.

— Motoren zum Antrieb von Spinnzentrifugen. Nach H. Schulmann. 1016.

— Gleichmäßigkeit des Ganges von Webstühlen und der Wirkungsgrad der Motoren. Von F. Dittrich. *1328.

— Synchronmotor für Sprechmaschinenantrieb. 1448.

— Die technische Entwicklung der Motoren und ihre Steuerungen für aussetzenden Betrieb. 1375.

— Wälzlager für Elektromotoren. Aussprache (6 Beiträge) zu einem Aufsatz von Unger. *1298. B. 1380.

— **Umformer, Phasenregler** (s. a. Leistungsfaktor).

— Zur Konstruktion und Berechnung der Dämpferanordnung des synchronen Einankerumformers. Nach L. Dreyfus. 1077.

— Ilgner-Umformer (Motor 850 kW) für eine Gefäßförderanlage. 1295.

— Stromerzeugung und Umwandlung in der Metall- und Holzverarbeitung Nach K. Meller. 1628.

— Wirtschaftlichkeit von Phasenschiebern und Kondensatoren. 1231.

Elektrizitätswerksbau u. -betrieb (s. a. Dampfkessel, Energiewirtschaft, Hochspannung, Leitungen, Schalter, Wasserkräfte usw.)

— Achenseewerk. 1425.

— Amerika. 1169. 1214. 1502. *1556. *1587.

— Bleilochsperre. 1478.

— Brusio, Kraftwerke AG. (Schweiz). 1207.

— Cedar-Rapids (Quebec). 1560.

— Chelsea (Quebec). 1558.

— Deutschland. *1025. *1069. 1190. *1477. 1630. 1692. *1733.

— Dnjeprstroi. 1623.

— Donau-Kraftwerke. 1425.

— Elsaß-Lothringen. 1019. 1599.

— England. 1246.

— Europa. 986.

— Finnland. 1439.

— Frankreich. 1019. 1567. 1594. 1599. 1655.

— Glomfjord (Norw.). 1014. B. 1375.

— **Holland. 1092.**

— Indien. 1136.

— Indien. 1136. 1213.

— Java. 1213.

— Kalyan (Indien). 1136.

— Kanada. *1556.

— Lothringen. 1019. 1599.

— Montevideo. 1888.

— Montreal (Kanada). 1560.

— Niagara. 1169. 1557.

— Niederländisch-Indien. 1213.

— Niederwartha. *1025. *1069.

— Norwegen. *1011.

— Österreich. *1421. *1684.

— Partenstein-Kraftwerk. 1423.

— Plessa. *1733.

— Polen. 1019. 1279. *1431.

— Queenston-Chippawa (Kanada). 1557.

— Rempen (Schweiz). 1553.

— Rumänien. *1335.

— Rußland. 1623. 1630.

— RWE. 1692.

— Ryburg-Schwörstadt. 1630.

— Saale-Talsperren. *1477.

— Schweiz. 1207. *1552.

— Shawinigan (Quebec). 1559.

— Siebnen (Schweiz). 1553.

— Stubachwerk. 1423.

— Sumatra. 1213.

— Thüringen. 1190. *1477.

— Tyssedal (Norw.) 1013.

— Uruguay. *1587.

— Wäggital. *1552.

— **Anlagen** (Beschreibung u. Entwurf).

— Das Pumpspeicher-Kraftwerk Niederwartha. Von Energieversorgung Groß-Dresden AG. *1025. *1069.

— Die 100 at-Anlage des Großkraftwerkes Mannheim. Nach F. Marguerre. *1105.

— Die Saale-Talsperren. Von H. Kyser. *1477.

— Arbeitspeicher in den Alpen. Von A. Ludin. Brf. 1441.

— — Von K. Krauß. Brf. 1441.

— Kosten, Raumbedarf und Betriebsergebnisse des Kraftwerkes Plessa des Elektrizitätsverbandes Gröba. Von F. Ohlmüller. *1733.

— Neuere Großwasserkraftanlagen in Österreich. Von E. Mattern. *1421.

— Die Wasserkraftanlagen am Niagara. Nach N. R. Gibson. 1169.

— Der Ausbau des St. Lorenz-Stromes. 1502.

Digitized by Google

Elektrizitätswerksbau u. -betrieb.
— La Gabelle am St. Maurice (Quebec). 1559.
— Wasserkraftwerke an Arly und Arve (Frankreich). 1594.
— Frankreichs Hochspannungsnetz von 60 kV und darüber. 1655.
— Das Bahnkraftwerk Kalyan in Indien. 1136.
— Industrielle Wasserkraftanlagen in Norwegen. Von E. Finne. *1011. 1375.
— Die Kraftwerke Brusio AG. 1207.
— Das Kraftwerk Wäggital (Schweiz). Von A. Kraft. *1552.
— Einfluß der Ausbildung der Kesselanlage auf die Baukosten von Elektrizitätswerken. Nach F. Münzinger. 985.
— Schwelkraftwerke. 1621.

— **Betrieb** (s. a. Hochspannung, Rechtspflege, Überstrom u. Abt. AV, Geschäftl. Mitteilungen).
— Neuerungen für den Betrieb von Drehstrom-Niederspannungs-Maschennetzen. Von H. Besold u. O. Müller. *953.
— Oberwellen doppelter und bruchzahliger Frequenz in Drehstromnetzen mit ΔΔ-Transformatoren und geerdetem Nullpunkt. Nach W. Lampert. 984.
— Kurzschluß- und Erdschluß-Abschaltungen in einem Bahnnetz. Nach K. Berger u. H. Habich. 1652.
— Umschaltung in städtischen Gleich- und Drehstromnetzen unter besonderer Berücksichtigung der Berliner Verhältnisse. Von A. Plüer. *1450.
— Berechnung der Wirtschaftlichkeit von Verteilungsnetzen aus den Werten der Statistik. Von E. Unger. *1509.
— Zur Großfernversorgung. Von M. Rehmer u. E. Rühle. *1141.
— Über die Betriebsicherheit der Großfernversorgung. Von M. Neustätter. *1366.
— Betriebsergebnisse des Kraftwerks Plessa. *1733.
— Deutsche Stromwirtschaft. Von M. Kühnert. Brf. 1121, 1122.
— — Von R. Haas. Brf. 1121, 1122.
— Die Wirtschaftlichkeit von Pumpspeicherwerken abseits der Verbrauchsgebiete. Von H. Schulze. *1397.
— Gestehungs- und Betriebskosten von Wasserkraftanlagen. Nach J. Ornig. 1663.
— Die Gestehungskosten des Stromes in großen Steinkohlenkraftwerken auf Grund von Erfahrungswerten. Von F. Schraeder. *1091. *1131. Brf. 1283. B. 1540.
— Belastungsgebirge eines Zechenkraftwerkes. Von C. Körfer. *1157. B. 1412.
— — Von R. Schneider. Brf. 1346.
— Dieselmotoren als Spitzenmaschinen in Elektrizitätswerken. 1751.
— Selbsttätige Frequenzregelung. Nach T. F. Robertson. 1370.
— Genauigkeit der Zeitmessung in frequenzgeregelten Netzen. Nach J. M. Adam. 1657.
— Wetterberatung bei der Betriebsführung großer Hochspannungsnetze. Von B. Koetzold. *1189.

Elektrizitätswerksbau u. -betrieb.
— Das RWE in der deutschen Elektrizitätswirtschaft. Nach A. Koepchen. Von C. Th. Kromer. 1692.
— Betriebsbeginn im Kraftwerk Ryburg-Schwörstadt. 1630.
— Die Bedeutung der Werbeabteilungen. 1290.
— Bedeutung des Handwerks als Stromabnehmer. 1288.
— Zur Verkaufstätigkeit der amerikanischen Elektrizitätswerke. 1409.
— Kosten der Stromverteilung in Amerika. Nach A. H. Kehoe. 1409.
— Strompreiserhöhung und § 138 BGB. Von C. v. d. Busch. 1631.
— Stromerzeugung und Umwandlung in der Metall- und Holzverarbeitung. Nach K. Meller. 1628.
— Eine fahrbare Netztransformatorenstation. Von O. Lütze. 1104.

— **Elektrizitäts-Großwirtschaft** (s. a. Energiewirtschaft).
— Ein europäisches Großkraftnetz. Nach O. Oliven. 986.
— Zur Großfernversorgung. Von M. Rehmer u. E. Rühle. *1141.
— Aus dem Geschäftsbericht der Elektrobank. 1439.
— Internationaler elektrischer Stromaustausch. Von K. Dohrn. *1607.
— Die deutsche Elektrizitätswirtschaft im Jahr 1930. Von C. Albrecht. *1586.
— Das RWE in der deutschen Elektrizitätswirtschaft. Nach A. Koepchen. Von C. Th. Kromer. 1692.
— Aus der deutschen Elektrizitätswirtschaft. 1051. 1085. 1152. 1179. 1247. 1376. 1466. 1502. 1568. 1599. 1630. 1728. 1754.
— Erzeugung und Verbrauch elektrischer Arbeit in Deutschland. 1052. 1179. 1344. 1376. 1534. 1693. 1786.
— Strombedarf Österreichs. 1422.
— Österreichs Elektroindustrie im Jahre 1929. Von E. Honigmann. *1684.
— Kurze Auslandsnachrichten. 1214. 1631.
— Der Elektrizitätsverbrauch der V.S. Amerika im 1. Halbjahr 1930. 1153.
— Kanadas „weiße Kohle" im Jahr 1929. Von G. Reglin. *1556.
— Die Entwicklung der Elektrizitätsversorgung in Elsaß-Lothringen. 1019.
— Die Elektrizität in Elsaß und Lothringen. Von C. Th. Kromer. Nach M. Klein. 1599.
— Der zweite Jahresbericht des englischen Zentralamtes. Von R. O. Kapp. 1246.
— Die Elektrowirtschaft Finnlands. Von R. Weisflog. 1439.
— Erzeugung und Verteilung elektrischer Arbeit in Frankreich 1927. Nach E. Genissieu. 1567.
— Die Elektrizitätswirtschaft Niederländisch-Indiens. Von E. R. Kammerer. 1213.
— Zur Elektrizitätsversorgung Norwegens. Nach Bärnholdt. 1375.
— Die Ablehnung der Harriman-Konzession in Polen. 1019.
— Polens Elektrizitätswirtschaft in den Jahren 1926 und 1927. Von W. Rosental. *1431.
— Der Anteil der Wasserkräfte in Polens Energiewirtschaft. Von W. Rosental. 1279.

Elektrizitätswerksbau u. -betrieb.
— Betrachtungen über die Elektrizitätsversorgung Rumäniens. Von H. Thieß. *1335.
— Die Elektrizitätswirtschaft der UdSSR 1928/29. Von N. Dehn. 1630.
— Die Landeselektrizitätsversorgung Uruguays. Von A. Ludin. *1587.

— **Verschiedenes.**
— Vergleich der Transportkosten elektrischer Arbeit und einiger Brennstoffe. Nach W. Mungioli. 1311.
— Zur Energiewirtschaft in warmen und heißen Ländern. Nach K. Lubowsky. 1500.
— Elektrische Gebäudeheizung außerhalb der Spitzenzeit. 1208.
— Die Besteuerung der Elektrizitätswerke in den V. S. Amerika. 1502.
— Der Stromverbrauch nordamerikanischer Haushaltungen im Jahr 1929. Nach M. Carpenter. 1630.
— Anteil der Beleuchtung und der Elektrogeräte am Stromverbrauch im Haushalt. Von A. G. Arnold. 1786.
— Elektrizität im Haushalt s. a. „Heizung".

Elektrizitätszähler (s. a. Prüfämter).
— Münzzähler mit Mehrverbrauch-Rabatt-Tarifwerk. Von H. Schulze. *1231.
— Stroboskopische Zählereichung. Nach S. Aronoff u. D. A. Young. 1340.
— Kontrollschaltung für Hochspannungszähler. Nach G. Alemany. 1434.

Elektrochemie (s. a. Element).
— Kraftwerke der elektrochemischen Industrie in Norwegen. 1012.
— Erhitzung von Metallen im elektrolytischen Bad. Nach P. Hoho. 1113.
— Temperaturkompensation bei Elektrolyten. Nach E. Blamberg u. K. Müller. 1408.
— Zur Entzinkung des Messings. Nach G. Masing. 1754.
— Korrosion s. „Materialkunde".

Elektroindustrie (s. a. Rechtspflege, Wirtschaftspolitik u. Abt. AV, Geschäftl. Mitteilungen).
— Aus dem Geschäftsbericht der Elektrobank. 1439.
— Aus dem letzten Sofina-Bericht. 1466.
— Deutschlands Elektroaußenhandel im Rahmen des Welt-Elektroaußenhandels. Von G. Becker. *1302. B. 1348, 1476.
— Siemens im italienischen Fernsprechwesen. 984.
— Kurze Auslandsnachrichten. 1214. 1631.
— Die englische Elektroindustrie in der Wirtschaftskrise. Von A. Friedrich. *1653.
— Die International Telephone and Telegraph Corporation in Rumänien und Schanghai. 1082.
— Die Jahrestagung der NELA. Von A. A. Wohlauer. 1409.

Elektrokarren s. Förderanlagen.
Elektrokultur s. Landwirtschaft.
Elektrostahl s. Hüttenwesen, Ofen.
Element (s. a. Akkumulator).
— Die elektrischen Elemente nach dem Stand der letzten französischen Patente. Nach L. Jumau. *1040.
— Das Kupferoxyd-Element in Amerika. 1083.

Digitized by Google

Energiewirtschaft (s. a. Elektrizitätswerksbau, Wärmewirtschaft, Wasserkräfte).
— Vergleich der Transportkosten elektrischer Arbeit und einiger Brennstoffe. Nach W. Mungioli. 1311.
— Wirtschaftliches über Wasser- und Dampfkraft. Nach G. A. Orrok. 1728.
— Zur Energiewirtschaft in warmen und heißen Ländern. Nach K. Lubowsky. 1500.
— Die Energiewirtschaft der Welt in Zahlen. Von C. Albrecht. *1720.
— Ein europäisches Großkraftnetz. Nach O. Oliven. 986.
— Internationaler elektrischer Stromaustausch. Von K. Dohrn. *1607.
— Elektrizitätswirtschaft s. „Elektrizitätswerksbau" (El.-Großwirtschaft).
Entaschung s. Dampfkessel, Feuerungsanlagen.
Entstaubung s. Gasreinigung.
Erdschlußspule s. Drosselspule, Hochspannung.
Erdung (s. a. Installationswesen).
— Prüfmuffe für Blitzschutz- und Erdungsanlagen. 1305.
— Elektromagnetische Ausgleichvorgänge in geschichtetem Erdreich. Nach F. Ollendorff. 1499.

Fabrik s. Elektroindustrie, Maschinenantrieb, Produktionswirtschaft usw.
Fahrzeug s. Automobil, Bahnbau, Förderanlagen, Lokomotiven.
Fassung (s. a. Installationswesen).
— Fafra-Berührungschutzfassung. 981.
Feldbestimmung s. Elektr. Maschinen, Hochspannung, Magnetismus.
Fernmeldeanlagen s. Fernmessung, Fernsprech-, Funk-, Telegraphenwesen, Signalanlagen, Techn. Akustik, Leitungen.
Fernmessung und -steuerung (s. a. Meßgeräte).
— Leistungsverstärker für Meßzwecke. Nach G. Schützler. 1305.
— Vielfach-Fernmessung (Amerika). Nach R. J. Wensley. 1464.
— Fernbedienung einer Gruppe von Synchronmotoren. Nach L. J. Cissna. 1147.
—Elektrische Fernsteuerung von Wasserrohrschiebern. Nach Eggers. 1656.
— Zentrale Überwachung von Heizung und Lüftung. 1779.
Fernschreibmaschine.
— Der Springschreiber T 30. Von E. Beier. *1323.
— Die Fernschreibmaschine als neuzeitliches Verkehrsmittel. *1388.
Fernsprechwesen (s. a. Funkwesen, Leitungen, Techn. Akustik).
— Das Weltfernsprechnetz in seinen geographischen Bedingtheiten. Nach P. Craemer. 1210.
— Zur Frage der Kennzeichnung von Fernsprechübertragungsystemen. Von W. Deutschmann. *1543.
— Zur Theorie der kurzen Siebketten. Nach A. Lurje. 1437.
— Entzerrung in elektrischen Fernmelde-Stromkreisen mittels inverser Netzwerke. Nach O. I. Zobel. 1596.
— Über den Klirrfaktor langer Fernkabelleitungen. Nach M. Grützmacher. 1660.
— Künstliche Verkehrsmessungen in selbsttätigen Fernsprechanlagen. Nach E. A. Elliman u. R. W. Fraser. 1497.
— Fernmeldekabel-Abschlußgerät. 1177.
Fernsprechwesen.
— Die neuere Entwicklung der Schnurverstärkertechnik. Nach E. Neumann. 1203.
— Kleine Selbstanschlußämter neuer Ausführung der Deutschen Reichspost. Nach K. Schwender. 1438.
— Die Ausbildung der höheren Beamten des Fernmeldedienstes bei der Deutschen Reichspost. 1408.
— Die neuere Entwicklung von Betrieb und Technik im amerikanischen Fernsprech-Weitverkehr. Nach K. Höpfner. 1437.
— Neuere Entwicklung von Betrieb und Technik im amerikanischen Fernsprech-Weitverkehr. Von K. Höpfner. *1573.
— Über die Einwirkung des Doppelerdschlußstromes auf benachbarte Fernmeldeleitungen. Von H. Geise u. W. Plathner. *1360.
— Die Gegeninduktivität von Leitungen mit Erdrückleitung. Nach H. Klewe. 1407.
— Elektromagnetische Ausgleichvorgänge in geschichtetem Erdreich. Nach F. Ollendorff. 1499.
— Beeinflussung durch Starkstrom s. a. „Leitungen".
— Der Fernsprechlinienbau in den V. S. Amerika. Nach A. Mentz. 1660.
— Die International Telephone and Telegraph Corporation in Rumänien und Schanghai. 1082.
— Siemens im italienischen Fernsprechwesen. 984.
— Das einheitliche Fernkabelsystem. Nach R. Wicar u. K. György sowie F. Lüschen. 1406.
— Das Fernkabel Emden—Groningen. Nach A. Mentz. 1306.
— Fernsprechseekabel England—Irland 1929. Nach W. T. Palmer. 1109.
— Das Doppelsternkabel München—Augsburg. Nach K. Fischer. 1343.
— Das dritte Ostpreußenkabel (1929). Nach Ew. Müller u. Feist. 1149.
— Das Fernkabel Paris—Bordeaux. Nach W. Rihl. 1465.
— Das Fernkabel Prag—Wien. Nach Chocholin u. Heider. 1374.
— Blitzschlag in das Fernkabel Wien—Budapest. Nach R. Wicar. 1110.
Fernsteuerung s. Fernmessung.
Feuerungsanlagen (s. a. Dampfkessel).
— Preisausschreiben für die Verwendung von Kohlenstaubasche. 1500.
Film (s. a. Techn. Akustik).
— 1500 Aufnahmen von Lichtbogenüberschlägen großer Leistung in 1 s. 1112.
— Rohrkamera (Aufnahme auf gleichmäßig bewegtem Film). Nach F. Beck. 1084.
Filter s. Gasreinigung.
Fließarbeit s. Förderanlagen, Produktionswirtschaft.
Flugwesen.
— Die elektrische Ausrüstung des Dornier-Flugschiffes Do X. Von W. Völkel. *1541.
— Kompaß mit Kobaltstahl-Magneten. Nach J. R. Gier. 1563.
— Jahresbericht 1930 der Abteilung für Funkwesen und Elektrotechnik der Dt. Versuchsanstalt für Luftfahrt e. V., Berlin-Adlershof. Von H. Faßbender. *1525.
— Die Elektrotechnik auf dem Internationalen Luftfahrtkongreß im Haag. Von F. Born. *1618.
Flugwesen.
— Die Funkabschirmung an Flugmotoren. Von W. Dorn. *1610.
— Der elektrische Nachrichtendienst der Luftfahrt. Nach Kölsch. 1752.
— Fortschritte in der Flugverkehrsbeleuchtung in den V. S. Amerika. Nach J. Liston. 1146.
— Bericht über die internationale Tagung des Studienkomitees für Flugverkehrsbeleuchtung in Berlin. Von F. Born. *1202.
— Beleuchtungsanlagen auf Flugzeugen. Nach F. Born. 1626.
— Beleuchtung im Nachtflughafen Denver. Nach F. S. Peterson. 1725.
Förderanlagen (s. a. Bagger, Bergbau, Hebezeuge).
— Anforderungen und Fortschritte beim Bau elektrischer Fördermaschinen. Von W. Philippi. *1253. *1293. Bespr. 1313.
— Erzförderung und Mannschaftsfahrt im Schleppschacht. Nach H. Smonker. 1145.
— Ein neuer elektrischer Teufenanzeiger für Förderanlagen. 1405.
— Elektrischer Etagenanzeiger für Förderanlagen. 1690.
— Elektrohängebahn mit schwenkbarer Lagerplatzbrücke. 1436.
— Wirtschaftlichkeit der Bandförderung im Steinkohlenbergbau. Nach H. Folkerts u. K. Bechtold. 1626.
— Wirtschaftlichkeit der Förderung in Abbaustrecken bei steiler und bei flacher Lagerung. Nach H. Jahns. 1781.
— Das Ein- und Ausspeichern von Stückgütern. Nach J. Vacek. 1209.
Forschungsinstitut (s. a. Hochspannung, Prüfämter, Unterricht).
— Forschungsinstitut für Geschichte der Technik, Wien. 1499.
— Jahresbericht 1930 der Abteilung für Funkwesen und Elektrotechnik der Dt. Versuchsanstalt für Luftfahrt e. V., Berlin-Adlershof. Von H. Faßbender. *1525.
Fortbildungskursus s. Unterricht.
Freileitungen s. Leitungen.
Freiluftanlagen (s. a. Schaltanlagen).
— 100 kV-Freiluftanlage Niederwartha. 1075.
— 125 kV-Anlage Montreal. 1560.
Frequenztransformation s. El. Maschinen, Funkwesen, Transformatoren.
Funken s. Hochspannung, Physik.
Funkwesen (s. a. Röhren, Techn. Akustik).
— **Anlagen.**
— Großrundfunksender Oslo. 1110.
— Kurzwellenanlagen in Nordamerika (Lawrenceville, Netcong, Rocky Point, Riverhead). 1578.
— Ausbau des deutschen Rundfunksendernetzes. 1753.
— Funkanlage des Flugschiffes Do X. 1452.
— Die Funkanlage des Dampfers „Europa". 1149.
— Das Funkfernsprechen mit Schiffen. Nach Münch. 1082.
— **Theorie, Versuche.**
— Jahresbericht 1930 der Abteilung für Funkwesen und Elektrotechnik der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt e. V., Berlin-Adlershof. Von H. Faßbender. *1525.
— Aperiodische Verstärkung sowie Richtverstärkung unter Ausnutzung des vollen Verstärkungsfaktors von Elektronenröhren. Nach H. Rudolph. 1566.

Digitized by Google

Funkwesen.
— Kurzwellen (Aufsätze d. Telefunken-Ztg.). Von K. Kohl. 1596.
— Elektromagnetische Störungen. Nach F. Schindelhauer. 1176.
— Untersuchung über die Ausbreitungsvorgänge ultrakurzer Wellen. Nach F. Gerth u. W. Scheppmann. 1278.
— Untersuchungen über Schwunderscheinungen bei kurzen Wellen. Nach F. Krüger. 1749.
— Eine Methode zur Schaffung guter Empfangsverhältnisse für den Rundfunk in der Großstadt. Von M. v. Ardenne. 1632.
— Vielfachrundfunk auf einer Ultrakurzwelle. Von M. v. Ardenne. *1619.
— Entwicklung des Rundfunks über Leitungen sowie der Rundfunksender in Amerika. *1576.
— Drahtlose Bildtelegraphie auf langen Wellen, insbesondere in Zusammenwirkung mit Radioübertragungen. Nach W. Scheppmann. 1749.
— Kompensation der Verstimmung in der Rückkopplungschaltung. Von M. v. Ardenne. *1060.
— Der mittels Quarzkristall gesteuerte Röhrensender. Nach J. E. P. Vigoureux. 1150.
— Entwicklung eines piezoelektrischen Kristalls als Frequenzstandard. Nach H. J. Lucas. 1565.
— Entwicklung eines Thermostaten für Kristallerregung und seine Anwendung im Gleichwellen-Rundfunk. Nach Jacobs. 1748.
— Peilgerät für Navigierung mit Ultrarotstrahlung. 1213.
— Detektorwirkung an Metallkontakten. Nach H. Pélabon. 1210.
— Eine neuartige Brücke für das Lechersche Paralleldrahtsystem. Nach J. E. Scheel. 1405.

— **Maschinen, Apparate.**
— Eisenverluste von Frequenztransformatoren. Nach M. Osnos u. F. Sammer. 1373.
— Die Berechnung der Verstärkertransformatoren. Von F. Lang. *1637.
— Die Entwicklung der Oxydkathode. Nach B. Hodgson, L. S. Harley u. O. S. Pratt. 1406.
— Neue Empfänger, Lautsprecher und Einzelteile (Funkausstellung). 1446.
— Neue Röhren (Stabröhre, Kraftverstärkerröhre). 1446.
— Kann ein Radioempfänger die zu bestimmten Zeiten festgesetzten Sendungen auch selbsttätig aufnehmen und aufbewahren? Von W. Holz. 1402.
— Kohledruckregler für die Regelung der Heizspannung von Verstärkerröhren. 1719.

— **Verschiedenes.**
— Die Funkabschirmung an Flugmotoren. Von W. Dorn. *1610.
— Der elektrische Nachrichtendienst der Luftfahrt. Nach Kölsch. 1752.
— Aus der Großen Deutschen Funkausstellung und Phonoschau, Berlin 1930. Von W. Burstyn. *1446.
— Ergebnisse der im April 1929 bei den Berliner Rundfunkteilnehmern gehaltenen Umfrage über die Empfangsverhältnisse. Von F. Kiebitz. *1142.

Funkwesen.
— Beseitigung von Rundfunkstörungen in Wiesbaden. 1244.
— Schutz vor Rundfunkstörungen. 1342.
— Beseitigungsmaßnahmen bei Rundfunk-Empfangstörungen. Von W. Hasenberg. *1523.
— Berlin—San Franzisko. Gedankenaustausch bei der Zweiten Weltkraftkonferenz. Lit. 1630.
— Der Rundfunk im Schrifttum. 984.

Galvanotechnik s. Elektrochemie.
Gasentladung s. Hochspannung, Physik.
Gasreinigung.
— Die elektrische Gasreinigung und ihre Anwendung in den wichtigsten Industriezweigen. Von R. Heinrich. *971.
— Elektrische Gichtgasreinigung. Nach H. Bosse u. L. v. Reiche. 1081.
— Über elektrische Gasreinigung. Von H. Edler. *1705.
— Drehstrom-Hochspannungs-Gleichrichter für elektrische Gasreinigung. *1480.
— Elektrische Staubniederschlagung „Fedi“ (Elektrode nach Pauthenier). 1644.
Gefährdung s. Installationswesen, Medizin, Normen.
Generator s. Elektr. Maschinen.
Geschichte der Technik (s. a. Abt. A II, Persönliches).
— Gründung einer Fachgruppe und eines Forschungsinstituts für Geschichte der Technik. 1499.
— Zur Entwicklungsgeschichte statischer Hochspannungs-Voltmeter. Nach A. Imhof. 1111.
— Die Entwicklung der Oxydkathode. Nach B. Hodgson, L. S. Harley und O. S. Pratt. 1406.
— Ausstellung „Österreichs Geschichte in Dokumenten der Zeit“. 1375.
— K. Strecker und der AEF. Von H. Görges. 1760.
Gesetz (s. a. Rechtspflege).
— Die Elektrizitätsgesetzgebung der Kulturländer der Erde. Nach G. Siegel. Von Block. Lit. 1204.
Getriebe (s. a. Maschinenantrieb).
— Bezugsquellenkartei für Getriebe beim AWF. 985.
Glas s. Isolierstoffe, Lichttechnik, Maschinenantrieb
Gleichrichter.
— Über den maßgebenden Leistungsfaktor eines Gleichrichters. Von K. Müller-Lübeck. *1193. Brf. 1762.
— — Von K. Faye-Hansen. Brf. 1762.
— Der Einfluß von Bahngleichrichtern auf Fernmeldeleitungen. Von Rochmann. Nach C. J. Daly. 1598.
— Gleichrichtung sehr hoher Wechselspannungen. Von Erwin Marx. *1089.
— Die Erzeugung von hochgespanntem Gleichstrom aus Drehstrom. Von W. Deutsch u. W. Hoß. *1480.
— Die Gleichstromleistung des Glühkathoden-Gleichrichters. Von P. Cornelius. *1067.
— Batterieladung und -pflege durch neuzeitliche Oxyd-Glühkathoden-Gleichrichter. Von W. Germershausen. *1257.
— Gleichrichterschaltung für die Beleuchtung von Gepäckwagen. 1658.

Gleichrichter.
— Kabelprüfwagen mit umschaltbarem 4 Röhren-Gleichrichtersatz für Gleichspannungen bis 200 000 V. 1530.
— Glühkathodenventile in der diagnostischen und therapeutischen Röntgentechnik. Von H. Wendt. Nach P. Vierkötter. *1584.
— Kupferoxydul-Trockengleichrichter. Von O. Irion. *993.
Gleislose Bahn s. Bahnbau.
Glimmlampe s. Meßverfahren.
Glühlampe (s. a. Lichttechnik).
— Licht- und Temperaturschwankungen wechselstromdurchflossener Glühlampen. Nach J. Kurth. 981.
— Zusammenhang zwischen Spannung, Lichtausbeute und Lebensdauer der Glühlampen. 1648.
— Amerikanische hochkerzige Speziallampen. 1015.
— Eine 50 000 W-Glühlampe. 1725.
— Ein direkt ablesbares lichtelektrisches Photometer zur fabrikmäßigen Messung von Glühlampen. Nach G. T. Winch. 1403.
— Eine Hochleistungsapparatur zur betriebsmäßigen Bestimmung der Lichtausbeute von Glühlampen mittels lichtelektrischer Zellen. Nach K. Samson. 1643.
Grammophon s. Techn. Akustik.
Greifer s. Hebezeuge.

Haus der Technik in Bielefeld. 1076.
— Vorträge des Hauses der Technik in Essen. 1438.
— Haus der Elektrotechnik, Leipzig, s. „Ausstellungen“.
Hausgeräte s. Elektrizitätswerksbau (Betrieb), Heizung, Installationswesen.
Hebezeuge (s. a. Anlasser, Bagger, Förderanlagen).
— Bamag-Flaschenzug. 1110.
— Hebebrücke mit Antrieb durch Einphasen-Kommutatormotor. Nach E. Altschul. 1527.
— Steuerungen für Greiferwinden. Nach Rothe. 1148.
— Steuerung für Greiferhubwerke. Nach W. Engel. 1344.
— Kletterkatzen für Greiferdrehkrane. Nach J. M. Bernhard. 1404.
Heizung (s. a. Ofen).
— Erhitzung von Metallen im elektrolytischen Bad. Nach P. Hoho. 1113.
— Elektrisch beheizter Kessel zum Schmelzen von Kabelfüllmasse. 1014.
— Wirbelstromheizung von Feinblechwalzen. 1111.
— Umkehrbares Blechwalzwerk mit elektrisch geheizten Rollengängen zur Vermeidung von Wärmeverlusten. 1589.
— Elektrische Wärmespeicher mit Ölfüllung. 1147.
— Elektrische Gebäudeheizung außerhalb der Spitzenzeit (in Amerika). 1208.
— Zentrale Überwachung von Heizung und Lüftung. 1779.
— Elektrische Boden- und Luftheizung und elektrischer Frostschutz in Treibbeeten und Treibhäusern. Von C. Feldmann. *1449.
— Wirtschaftlichkeit der elektrischen Heizung mittels Wärmepumpen. Nach T. G. N. Haldane. 1565.
— Prometheus-Haushaltherd. 1176.
— Sicherheitskocher. 1752.
— Temperaturregler für Kühlschränke. 1434.

Digitized by Google

Heizung.
— Kombinierter Licht- und Wärmestrahler. 1465.
— Elektrisches Auftauen einer Wasserleitung. Nach Schütz u. Jessen, K. Gründig. 1659.
— Anteil der Beleuchtung und der Elektrogeräte am Stromverbrauch im Haushalt. Von A. G. Arnold. 1786.
Hochfrequenz s. Funkwesen, Theoret. Elektrotechnik.
Hochofen s. Ofen.
Hochschule s. Forschungsinstitut, Unterricht u. Abt. A II, Persönliches.
Hochspannung (s. a. Isolatoren, Leitungen, Physik, Überspannung).
— **Feldbestimmung u. dielektrische Festigkeit** (s. a. Isolierstoffe).
— Experimentelle Untersuchung des Einflusses magnetischer Felder auf die dielektrische Festigkeit von Isolatoren. Von A. Smurow. *1459.
— Anormale Stromleitung als Ursache dielektrischer Nachladung. Nach J. B. Whitehead u. R. H. Marvin. 1783.
— Formen der elektrischen Entladung in Luft von Atmosphärendruck. (Entwurf des AEF.) 1470.
— Die unterdrückte Entladung bei Stoßspannung. Nach J. Slepian u. J. J. Torok. 1082.
— Über die Stufe im Funkendurchbruch nach neueren Aufnahmen mit dem Kathodenstrahl-Oszillographen. Nach W. Krug. 1784.
— Der Durchschlag der Luft im unhomogenen elektrischen Felde bei verschiedenen Spannungsarten. Von Erwin Marx. *1161. Bespr. 1183.
— Das Minimum der Durchbruchfeldstärke. Nach S. Franck. 1151.
— Der elektrische Durchschlag von Luft zwischen konzentrischen Zylindern. Nach E. Uhlmann. 1210.
— Untersuchung des Hochspannungs-Überschlags. Nach J. T. Lusignan jr. 1211.
— Spannungsmessungen mit Kugelfunkenstrecken in Luft. Nach C. Stoerk u. W. Holzer. 1113.
— Das Kugelfeld bei beliebigen Phasenverschiebungen der Spannungen. Nach S. Franck. 1627.
— Kondensatorelektrode. Nach A. Matthias. 1309.
— Durchschlagfestigkeit einiger fester Isolierstoffe bei Beanspruchungen von langer bis zu ganz kurzer Dauer. Nach R. Jost. 1374.
— Feldverteilung und Durchschlagspannung von festen Isolatoren. Nach L. Inge u. A. Walther. 1661.
— Dielektrische Verluste und Durchschlag in porösen Isolierstoffen. Nach A. Gyemant. 1627.
— Arbeiten über Isolierstoffragen. 1309.
— Die Verwendung merklich leitender Stoffe zum Bau von Isolatoren. Von H. Schaefer. *1399.
— Durchschlag von flüssigen Isolatoren. Nach L. Inge u. A. Walther. 1306.
— Über den Durchschlag von Isolierölen. Von F. Koppelmann. *1457.
— Über die Druckabhängigkeit der Durchschlagspannung bei dielektrischen Flüssigkeiten. Nach H. Edler. 1753.
— **Ausgleichvorgänge u. Netzbetrieb.** Die Bestimmung der Kurzschluß-Ausschaltleistung an Netzpunkten. Von M. Tunkel. *999.
— Schnelle Bestimmung von Abschaltleistung und Dauerkurzschlußstrom. Von W. zur Megede. *1708.

Hochspannung.
— Kurzschluß- und Erdschluß-Abschaltungen in einem Bahnnetz. Nach K. Berger u. H. Habich. 1652.
— Amerikanische Stellungnahme zur Blitzschutzfrage. Nach H. M. Towne u. A. L. Atherton. Von A. Matthias. *1143.
— Über die Stirnform und die Absenkung der Stirnsteilheit durch Kondensatoren bei durch Funken in Luft ausgelösten Wanderwellen. Von W. Schilling u. J. Lenz. *1138. 1374.
— Beobachtung von Gewitterüberspannungen mit dem Kathodenoszillographen. Nach K. Berger. 1308.
— Wetterberatung bei der Betriebsführung großer Hochspannungsnetze. Von B. Koetzold. *1189.
— Über die Betriebsicherheit der Großfernversorgung. Von M. Neustätter. *1366.
— Isolierung von Hochspannungsleitungen in der Nähe des Meeres. Nach F. Montandon u. G. Gravier. 1783.
— Diagramm des Spannungsabfalls in einem Netzwiderstand bei Phasenschiebung. Nach W. Werdenberg. 1207.

— **Verschiedenes.**
— Überschlagspannung und Lichtbogen-Schutzvorrichtungen bei Isolatorenketten. Von K. Draeger. *1097.
— 1500 Aufnahmen von Lichtbogenüberschlägen in 1 s. 1112.
— Der Thyrit-Überspannungsableiter. Nach K. B. McEachron. 1307.
— Ventilableiter usw. s. „Überspannung".
— Löschdrossel mit Gleichstrom-Vormagnetisierung. Nach M. Terada. 1726.
— Gleichrichtung sehr hoher Wechselspannungen. Von Erwin Marx. *1089.
— Über Versuche mit Induktionskondensatoren. *1765.
— Öltransformatoren für 1 Mill. V gegen Erde in einer Stufe. 1751.
— Einrichtung zum Prüfen und Messen von Hochspannungsanlagen. Von K. Täuber. *1125.
— Normale Spannungsprüfung von Hochspannungskabeln. Nach E. A. Beavis. 1045.
— Hochspannungskabel s. „Leitungen".
Hohlseil s. Leitungen.
Holz s. Maste.
Hüttenwesen (s. a. Förderanlagen, Maschinenantrieb, Ofen).
— Norwegische Kraftwerke für Hüttenanlagen. 1013.
— Wirbelstromheizung von Feinblechwalzen. 1111.
— Umkehrbares Blechwalzwerk mit elektrisch geheizten Rollengängen zur Vermeidung von Wärmeverlusten. 1589.
— Die Erzeugung von legiertem Stahlguß im elektrischen Ofen in Amerika. 1373.
— Verkürzung der Glühzeit für Temperguß in Elektroöfen. 1532.
Hysterese s. Magnetismus.

IEC s. Kongresse.
Ikfator, Apparat zum Blankmachen und Abbinden von Schnüren und Drähten. 1598.
Imprägnierung s. Isolierstoffe, Hochspannung, Ofen.
Industrie s. Elektroindustrie u. Abt. A V, Geschäftl. Mitteilungen.

Installationswesen (s. a. Heizung, Schalter usw.).
— Eine neue Art Rohrdraht-Installation. 1175.
— Delmi-Decken-Schnelldübel. 1593.
— Konzentrische Verbindungsklemme für Freileitungen. 1495.
— Ein neuer Leitungsprüfer. 1111.
— Elektroinstallateur - Fortbildungskurse in Bielefeld. 1439.
Isolatoren (s. a. Hochspannung, Isolierstoffe, Prüfeinrichtungen).
— Die Verwendung merklich leitender Stoffe zum Bau von Isolatoren. Von H. Schaefer. *1399.
— Berichte über Isolatoren auf der Internationalen Hochspannungskonferenz, Paris 1929. 1784.
— Isolatoren aus Kieselsäureglas (Quarzisolatoren). Von F. Skaupy. *1745. *1768.
— Überschlagspannung und Lichtbogen-Schutzvorrichtungen bei Isolatorenketten. Von K. Draeger. *1097.
— Überschläge an Isolatoren. Nach J. Torok u. W. Ramberg. 1751.
— Das Verhalten der Isolatoren gegen Überspannungen verschiedenen zeitlichen Ablaufes. Nach Har. Müller. 1339.
— Herstellung von Kappenisolatoren und ihr Schutz gegen Lichtbogen großer Leistung. Nach Wallich. 1757.
— Isolierung von Hochspannungsleitungen in der Nähe des Meeres. Nach F. Montandon u. G. Gravier. 1783.
— 1500 Aufnahmen von Lichtbogenüberschlägen großer Leistung in 1 s. 1112.
— Freileitungs-Isolatoren (betr. Normen). Nach W. Weicker. 1146.
— Ölgefüllte Kappen-Hängeisolatoren. 1784.
— Zusatzisolator für Hochspannungsisolatoren. Von E. Fauth. Brf. 1506.
Isolierstoffe (s. a. Hochspannung, Isolatoren, Meßverfahren, Öl, Physik usw.).
— Chemisch-technologische Arbeiten im Dresdner Dielektrischen Institut. Von W. Estorff. Brf. 1086.
— Über die Tränkung von Isolierstoffen. Von M. Michailov. *1158.
— Beitrag zur Kenntnis der Ausgußmassen für Transformatoren. Nach W. Hammerschmidt. 1438.
— Oszillographie der Ströme in Isolierstoffen. Nach A. Gemant. 1499.
— Durchschlagfestigkeit einiger fester Isolierstoffe bei Beanspruchungen von langer bis zu ganz kurzer Dauer. Nach R. Jost. 1374.
— Feldverteilung und Durchschlagspannung von festen Isolatoren. Nach L. Inge u. A. Walther. 1661.
— Isolatoren aus Kieselsäureglas (Quarzisolatoren). Von F. Skaupy. *1745. *1768.
— Dielektrische Verluste und Durchschlag in porösen Isolierstoffen. Nach A. Gyemant. 1627.
— Leistungsfaktor und Dielektrizitätskonstante in viskosen Dielektriken. Nach D. W. Kitchin. 1177.
— Durchschlag von flüssigen Isolatoren. Nach L. Inge u. A. Walther. 1306.
— Studien über Isolieröle. Nach Fr. Frank. 1309.
— Über den Durchschlag von Isolierölen. Von F. Koppelmann. *1457.
— Über die Druckabhängigkeit der Durchschlagspannung bei dielektrischen Flüssigkeiten. Nach H. Edler. 1753.

Digitized by Google

Isolierstoffe.
— Experimentelle Untersuchung des Alterns von Transformatorenölen. Von A. Smurow. *1515.
— 2. Forschungsheft der Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen: Isolierstoffe. Lit. 1309.
— Bekanntmachung des Staatlichen Materialprüfungsamtes über Isolierpreßmassen (Liste). 988.

Jahresversammlung s. Kongresse und Abt. A IV, Vereinsnachrichten.
Jubiläum (s. a. Geschichte der Technik und Abt. A II, Persönliches). 1085. 1120. 1441.
— 50 Jahre Aachener Straßenbahn. 1780.

Kabel s. Leitungen.
Kabelkasten oder Schaltschrank? Von P. Ludewig. Brf. 990.
— — Von A. Kastalski. Brf. 990.
Kälteerzeugung s. Heizung.
Kaskade s. Elektr. Maschinen.
Kathodenstrahl-Oszillograph s. Meßgeräte.
Kino s. Film.
Klemme.
— Konzentrische Verbindungsklemme für Freileitungen. 1495. 1779.
Klydonograph s. Hochspannung, Meßgeräte.
Kohle s. Feuerungsanlagen.
Kommutierung s. Elektr. Maschinen.
Kompaß mit Kobaltstahl-Magneten. Nach J. R. Gier. 1563.
Kondensator (s. a. Funkwesen, Meßverfahren).
— Die Verwendung von Kondensatoren zur Verbesserung des Leistungsfaktors unter besonderer Berücksichtigung praktischer Erfahrungen. Von M. Tama. *1227. Bespr. 1248, 1504.
— Über Versuche mit Induktionskondensatoren. Von K. Fischer. *1765.
— Starkstromkondensatoren. 1433.
— Kondensatoren für Rundfunk. 1449.
Kongresse u. Jahresversammlungen (s. a. Abt. A IV, Vereinsnachrichten).
— **International.**
— 7. Volltagung der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) in Skandinavien vom 27. Juni bis 9. Juli 1930. *1349. *1381. *1413. *1418.
— Die zehn Tage der Zweiten Weltkraftkonferenz. *1057.
— Berlin — San Franzisko. Gedankenaustausch bei der Zweiten Weltkraftkonferenz. Lit. 1630.
— Bericht über die Beschlüsse der 2. Tagung des CCIT. *1035.
— Sitzung des Comité Mixte International de Traction Electrique, Brüssel 1930. 1031.
— Bericht über die internationale Tagung des Studienkomitees für Flugverkehrsbeleuchtung in Berlin. Von F. Born. *1202.
— Die Elektrotechnik auf dem Internationalen Luftfahrtkongreß im Haag. Von F. Born. *1618.

— **Deutschland u. Österreich.**
— Der 6. Deutsche Physiker- und Mathematikertag in Königsberg i. Pr., 4. bis 7. IX. 1930. Von E. Lübcke. *1748.
— 69. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure. 1499.
— 9. Jahrestag der Südwestdeutschen Lichttechnischen Gesellschaft e. V. Karlsruhe. 1208.
— 18. Jahresversammlung der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft in Potsdam. Von H. G. Frühling. *1643.

Kongresse.
— Fachtagung „Korrosion" der Dt. Gesellschaft für Metallkunde. Von A. Przygode. 1278.
— 13. Hauptversammlung der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde. 1754.
— Tagung des Vereins Beratender Ingenieure. 1629.
— Gründungsversammlung der „Gesellschaft Deutscher Ingenieurinnen". Von I. Knott-ter Mer. 1567.
— **Ausland.**
— Die Jahrestagung der NELA. Von A. A. Wohlauer. 1409.
Korrosion s. Materialkunde.
Kran s. Hebezeuge.
Küche s. Heizung.
Kühlanlage s. Heizung.
Kupfer s. Materialkunde, Leitungen u. Abt. A V, Geschäftl. Mitteilungen.
Kupplung.
— Reibungskupplung der Bamag. 1029.
Kursus s. Unterricht.
Kurzschlußstrom s. Überstrom, Hochspannung.

Laboratorium s. Forschungsinstitut, Hochspannung, Prüfeinrichtungen, Unterricht.
Ladestation s. Akkumulator, Gleichrichter.
Lager.
— Wälzlager für Elektromotoren. Aussprache (6 Beiträge) zu einem Aufsatz von Unger. *1298. B. 1380.
Lampe s. Lichttechnik.
Landwirtschaft.
— Elektrisches Pflügen. Nach B. Matthews. 1006.
— Die neueste Entwicklung der Siemens-Bodenfräse. Nach v. Radetzki. 1780.
— Elektrische Pflanzenbelichtung. Nach O. Herbatschek. 1100.
— Elektrische Boden- und Luftheizung und elektrischer Frostschutz in Treibbeeten und Treibhäusern. Von C. Feldmann. *1449.
— Heizgeräte, Molkereimaschinen und Regner auf der 36. Wanderausstellung der Dt. Landwirtsch.-Gesellsch. in Köln. 1176.
Lautsprecher s. Technische Akustik.
Legierung s. Materialkunde.
Lehranstalt s. Unterricht.
Leistungsfaktor (s. a. Elektr. Maschinen, Meßgeräte, Isolierstoffe).
— Über den maßgebenden Leistungsfaktor eines Gleichrichters. Von K. Müller-Lübeck. *1193. Brf. 1762.
— — Von K. Faye-Hansen. Brf. 1762.
— Die Verwendung von Kondensatoren zur Verbesserung des Leistungsfaktors unter besonderer Berücksichtigung praktischer Erfahrungen. Von M. Tama. *1227. Bespr. 1248, 1504.
Leitungen (s. a. Hochspannung, Isolatoren, Maste).
— **Allgemeines.**
— Vergleich der Transportkosten elektrischer Arbeit und einiger Brennstoffe. Nach W. Mungioli. 1311.
— Die Übertragung großer Leistungen. Nach M. L. Keller. 1337.
— Berechnung der Wirtschaftlichkeit von Verteilungsnetzen aus den Werten der Statistik. Von E. Unger. *1509.
— Diagramm des Spannungsabfalls in einem Netzwiderstand bei Phasenschiebung. Nach W. Werdenberg. 1207.

Leitungen.
— Über die induktive Beeinflussung von Schwachstromleitungen durch Starkströme. Nach H. Schiller. 984.
— Über die Einwirkung des Doppelerdschlußstromes auf benachbarte Fernmeldeleitungen. Von H. Geise u. W. Plathner. *1360.
— Der Einfluß von Bahngleichrichtern auf Fernmeldeleitungen. Von Roehmann. Nach C. J. Daly. 1598.
— Die Gegeninduktivität von Leitungen mit Erdrückleitung. Nach H Klewe. 1407.
— Eine neue Art Rohrdraht-Installation. 1175.
— Feuchtraumleitung. 1622.
— Eine neue Schnellflechteinrichtung. Nach A. Orthmann. 1374.
— Apparat Ikfator zum Blankmachen und Abbinden von Schnüren und Drähten. 1598.

— **Freileitungen.**
— Zur Wirtschaftlichkeitsberechnung von Fernleitungen. Von A. Hamm. *1419.
— Die Gleichungen und das Diagramm der Wechselstromleitung. Von F. Pinter. *1772.
— Kurven zur Berechnung des Skineffektes in Hohlleitern. Nach A. W. Ewan. 1338.
— Leitungschwingungen. Nach Th. Varney. 1015.
— Die Dehnungsarbeit an Seilen. Von J. Gröbl. *1669. *1713.
— Die Drehungsarbeit an Seilen. Nach J. Gröbl. 1687.
— Die Messung von Durchhängen. Von R. Heimberger. *1241.
— Zur Normung des Aluminiums. 1212.
— Erfahrungen mit der Versuchsleitung auf Sylt (Cu, Al, Aldrey usw.). Nach H. Röhrig. 1278.
— Kupferpanzerstahl „KPS" als Leitungsbaustoff in Mittelspannungsnetzen. Von H. Marzahl. *1395.
— Die 55/110 kV-Übertragungsleitung über den Paß Lueg. Von K. Riedlinger. *1262. *1333.
— Frankreichs Hochspannungsnetz von 60 kV und darüber. 1655.
— Konzentrische Verbindungsklemme für Freileitungen. 1495. 1779.

— **Starkstromkabel** (s. a. Hochspannung).
— Bestimmung der zusätzlichen Verluste in den Mänteln und Bewehrungen von Einleiterkabeln. Nach K. Potthoff. 1495.
— Theorie der Verluste im Bleimantel von Einleiterkabeln. Nach H. M. Arnold. 1561.
— Verkleinerung der Verluste im Bleimantel von Einleiterkabeln. Nach H. Halperin u. K. W. Miller. 1589.
— Verluste in bewehrten Einleiter-Bleikabeln. Nach Schurig, Kuehni u. Buller. 1655.
— Die Bedeutung des Bleimantels beim Hochspannungskabel - Durchschlag. Nach C. J. Beaver. 1723.
— Die Scheinwiderstände einer aus Einfachkabeln in einer Ebene bestehenden Drehstrom-Kabelanlage. Nach H. M. Arnold. 1562.
— Über das Eindringen von Wasser in die Isolation von Starkstromkabeln. Nach G. B. McCabe. 1590.
— Hochspannungskabel-Probleme. Nach Davis u. Eddy. 1623.
— Ölgefüllte Kabel. Nach G. B. Shanklin u. V. A. Sheals. 1623.
— Amerikanische Betriebstatistik über Hochspannungskabel für das Jahr 1928. Nach H. Halperin. 1463.

Digitized by Google

Leitungen.
— Jahresbericht der amerikanischen Kabelkommission. Nach T. F. Peterson. 1146.
— Amerikanische Kabelverlegungspraxis (NELA-Bericht). 1339.
— Kabelausbrennversuche. *954.
— Normale Spannungsprüfung von Hochspannungskabeln. Nach E. A. Beavis. 1045.
— Kabelprüfwagen mit umschaltbarem 4-Röhren-Gleichrichtersatz für Gleichspannungen bis 200 000 V. 1530.
— Ein einfacher Kabeltransportwagen. Nach J. E. Housley. 1727.

— **Fernmeldekabel** (s. a. Fernsprech- u. Telegraphenwesen).
— Verbesserungen in der Herstellung von Krarupadern. Nach K. Lapkamp. 1496.
— Das einheitliche Fernkabelsystem. Nach R. Wicar u. K. György sowie F. Lüschen. 1406.
— Über den Klirrfaktor langer Fernkabelleitungen. Nach M. Grützmacher. 1660.
— Der Fernsprechlinienbau in den V. S. Amerika. Nach A. Mentz. 1660.
— Fernmeldekabel-Abschlußgerät. 1177.
— Neue Fernkabel in Deutschland. Nach Dohmen. 983.
— Das Fernkabel Emden—Groningen. Nach A. Mentz. 1306.
— Fernsprechseekabel England—Irland 1929. Nach W. T. Palmer. 1109.
— Das Doppelsternkabel München—Augsburg. Nach K. Fischer. 1343.
— Das dritte Ostpreußenkabel (1929). Nach Ew. Müller u. Feist. 1149.
— Das Fernkabel Paris—Bordeaux. Nach W. Rihl. 1465.
— Das Fernkabel Wien—Prag. Nach Chocholin u. Heider. 1374.

Leitungsprüfer s. Installationswesen.

Lesesaal s. Abt. A IV, Vereinsnachrichten.

Leuchtfeuer s. Flugwesen, Lichttechnik.

Lichtbild (s. a. Film).
— Verwendung unvollständiger Lichtbilder und unvollständiger Skizzen bei Vorträgen. Von W. Grix. 1108.

Lichtbogen s. Hochspannung, Physik, Schalter.

Lichtpausen.
— Lichtpauslampe. Von E. Weiße. 1277.
— Das „Safir"-Lichtpausverfahren. Von E. Belani. 1598.

Lichttechnik (s. a. Glühlampen).
— **Theorie u. Messung.**
— Lichterzeugung. Nach M. Pirani. 1748.
— Beleuchtung und Sehleistung. Nach L. Schneider. 1078.
— Beleuchtungswertung mit Hilfe der Raumhelligkeit. Nach A. Dresler u. W. Arndt. 1049.
— Bewertung von Beleuchtungsanlagen. Nach H. Hellmann. 1174.
— Zur Kennzeichnung von Beleuchtungsanlagen. Von A. J. Heinrich. 1362.
— Die Berechnung der mittleren Beleuchtungsstärke von Straßenbeleuchtungsanlagen. Nach A. Gouffé. 1435.
— Die Farbe des Tageslichts. Nach M. Luckiesh. 1111.

Lichttechnik.
— Der heutige Stand der Forschung auf dem Gebiete der lichtelektrischen Zellen im besonderen Hinblick auf deren technische Anwendung. Nach F. Schröter. 1643.
— Über eine neue Art von Photozellen. Nach B. Lange. 1749.
— Die lichtelektrische Zelle als Hilfsmittel der objektiven Lichtmessung. Nach R. Sewig. 1643.
— Die Leuchtröhren in der Photometrie. Nach v. Göler. 1644.
— Eine Hochleistungsapparatur zur betriebsmäßigen Bestimmung der Lichtausbeute von Glühlampen mittels lichtelektrischer Zellen. Nach K. Samson. 1643.
— Zur Photometrierung von Automobilscheinwerfern. Von F. Born. *1239.
— Ein Apparat zur Messung der Farbtemperatur elektrischer Glühlampen. Nach C. H. Sharp. 1778.
— Lichttechnische Baustoffe. Von E. Summerer. *1483.

— **Anwendungen.**
— Fortschritte in der Flugverkehrsbeleuchtung in den V. S. Amerika. Nach J. Liston. 1146.
— Bericht über die internationale Tagung des Studienkomitees für Flugverkehrsbeleuchtung in Berlin. Von F. Born. *1202.
— Die Beleuchtungsanlage des Flugschiffes Do X. 1541.
— Beleuchtungsanlagen auf Flugzeugen. Nach F. Born. 1626.
— Beleuchtung im Nachtflughafen Denver. Nach F. S. Peterson. 1725.
— Beleuchtung als Mittel zur Rationalisierung im Bergbau. Nach A. Gaertner u. L. Schneider. 1625.
— Die neue Verordnung über den Kraftfahrzeugverkehr. Eine elektrot.-beleuchtungstechn. Betrachtung. Von F. Born. *1555.
— Lenkbare Automobilscheinwerfer. 1716.
— Die elektrische Beleuchtung von Gepäckwagen. Nach M. Breuer. 1658.
— Die amerikanische Beleuchtungstechnik im Jahre 1929. 1015.
— Zur Projektierung von Lichtreklameanlagen. Nach W. Kircher. 1332.
— Die Glühlampe in der photographischen Technik. Nach O. Reeb. 1208.
— Lichtpauslampe. Von E. Weiße. 1277.
— Das „Safir"-Lichtpausverfahren. Von E. Belani. 1598.
— Uviol-Glühlampe und Strahlenbehandlung. Von Axmann. *1514.
— Die amerikanische Sonnenlampe. Nach M. Luckiesh. 1658.
— Operationslampe „Pantophos". 1534.
— Gußeiserne, wasserdichte Wandleuchten. 1564.
— Gelenk-Schreibtischleuchte aus Isolierstoff. 1592.
— Kombinierter Licht- und Wärmestrahler. 1465.

— **Verschiedenes.**
— Die Sprache der Lichttechnik. Nach J. Teichmüller. 1243.
— Jahrestag der Südwestdeutschen Lichttechnischen Gesellschaft e. V. Karlsruhe. 1208.

Lichttechnik.
— Die elektrowirtschaftliche Bedeutung der Werkstatt-Lichtwerbung. Von A. G. Arnold. *1288.
— Lichttechnische Gewerbeförderung in Österreich. 1564.
— Anteil der Beleuchtung und der Elektrogeräte am Stromverbrauch im Haushalt. Von A. G. Arnold. 1786.

Lieferbedingungen s. Normen.

Literatur (Buchbesprechungen s. Abt. A III).
— Wertsteigerung und Literaturausnutzung. Von Voß. *1367.
— Schweizerischer technisch-wissenschaftlicher Quellennachweis. 1567.
— Bibliothek, Lesesaal usw. s. Abt. A IV, Vereinsnachrichten.

Lokomotiven u. Triebwagen (s. a. Bahnbau).
— Erfahrungen mit elektrischen Wechselstrom-Lokomotiven und -Triebwagen der Deutschen Reichsbahn. Von W. Reichel. *1355.
— Zahnrad- und Reibungslokomotive B_0B_0 für die Strecke Visp—Zermatt. 982.
— Leistungen der schweizerischen Lokomotiven im Jahr 1929. 1039.
— Schnellzuglokomotive der Vesuv-Kreisbahn (850/1200 V Gl.). 1244.
— Lokomotiven der Chemin de fer du Maroc (3000 V Gl.). 1342.
— Gleichstrom-Lokomotiven der britisch-indischen Bahnen. 1136.
— Die elektrischen Lokomotiven der Transandine-Bahn (3000 V Gl.). 1079.
— Amerikanische Lokomotiven für 3 Gleichstromspannungen. 1371.
— Elektrische Lokomotiven für die Pennsylvania-Bahn. 1779.
— Mexikanische 3000 V-Gleichstrom-Lokomotiven. 1372.
— Stromrückgewinn bei Gleichstrombahnen. Nach L. Grätzmüller. 1659.

Luftschiff s. Flugwesen.

Magnetismus.
— Magnetische Größen und Einheiten, welche von der Vollversammlung der IEC in Skandinavien 1930 angenommen worden sind. Von K. Strecker. *1418.
— Was ist Streuung und wie berechnet man sie? Von E. Weber. *1221. *1267. Bespr. 1280. B. 1636.
— Eisenverluste bei hohen Frequenzen. Nach I. R. Martin. 1211.
— Scherung von Magnetisierungskurven. Nach K. Kettner. 1567.
— Zur Beurteilung von Eisenkernen in der Schwachstromtechnik. Nach R. G. Lohrmann. 1149.
— Bau eines großen Elektromagneten. Nach A. Glaser. 1496.
— Magnetische Legierungen aus Eisen, Nickel und Kobalt. Nach G. W. Elmen. 1114.

Maschinenantrieb (s. a. El. Maschinen, Förderanlagen, Hebezeuge, Landwirtschaft, Kupplung).
— Fernbedienung einer Gruppe von Synchronmotoren. Nach L. J. Cissna. 1147.
— Die technische Entwicklung der Motoren und ihre Steuerungen für aussetzenden Betrieb. 1375.
— Einzelantrieb oder Gruppenantrieb von Werkzeugmaschinen? Nach K. Meller. 1016.
— Elektrischer Hobelmaschinenantrieb. Nach H. Gehle. 1406.
— Motoren zum Antrieb von Spinnzentrifugen. Nach H. Schulmann. 1016.

Digitized by Google

Maschinenantrieb.
— Gleichmäßigkeit des Ganges von Webstühlen und der Wirkungsgrad der Motoren. Von F. Dittrich. *1328.
— Elektrische Antriebe im neuzeitlichen Tafelglas-Ziehverfahren. Nach G. Spengler. 1781.
— Hebebrücke mit Antrieb durch Einphasen-Kommutatormotor. Nach E. Altschul. 1527.
— Antrieb von Sprechmaschinen; Plattenaufleger. 1448.
— Die Wirkungsgrade der Tauchpumpen. Nach H. Sauveur. 1723.

Maste (s. a. Leitungen).
— Praxis der Holzmastverwendung in den V. S. Amerika. 1077.
— Der Fernsprechlinienbau in den V. S. Amerika. Nach A. Mentz. 1660.
— Die 55/110 kV-Übertragungsleitung über den Paß Lueg. Von K. Riedlinger. *1262. *1333.

Materialkunde (s. a. Isolierstoffe, Öl, Prüfämter).
— Magnetische Legierungen aus Eisen, Nickel und Kobalt. Nach G. W. Elmen. 1114.
— Elektronmetall. 1754.
— Berylliumbronze. 1754.
— Quarzglas und Quarzgut. *1745. *1768.
— Verfahren der Korrosionsprüfung. Nach Schmidt. 1278.
— Erkenntnisse über den Korrosionsvorgang aus der Korrosion gekupferten Stahles. Nach C. Carius. 1278.
— Lokalelemente der Korrosion. 1754.
— Zur Korrosionsfrage bei Aluminium. Nach P. Brenner. 1278.
— Korrosion des Bleis. Nach M. Werner. 1278.
— Zur Normung des Aluminiums. 1212.
— Erfahrungen mit Leitungsbaustoffen. Nach H. Röhrig. 1278.
— Kupferpanzerstahl „KPS". *1395.
— Lichttechnische Baustoffe. Von E. Summerer. *1483.
— Vorträge der Hauptversammlung der Dt. Gesellsch. f. Metallkunde. 1754.

Materialprüfungsamt s. Prüfämter.

Medizin (s. a. Lichttechnik, Röntgenstrahlen).
— Experimentelle und histologische Untersuchungen über die Blutstillung durch Hochfrequenzstrom. Von K. H. Bauer. 1017.
— Uviol-Glühlampe und Strahlenbehandlung. Von Axmann. *1514.
— Die amerikanische Sonnenlampe. Nach M. Luckiesh. 1658.
— Die Elektrizität auf der Internationalen Hygieneausstellung, Dresden 1930. Von B. Thierbach. 1533.

Meßgeräte (s. a. Elektrizitätszähler, Fernmessung, Meßverfahren).
— **Elektr. u. magnet. Größen.**
— Eisengeschlossenes Zeiger-Dynamometer. Nach M. Dieckmann. 1243.
— Zur Entwicklungsgeschichte elektrostatischer Hochspannungs-Voltmeter. Nach A. Imhof. 1111.
— Ein neues Hochstrom-Amperemeter. Nach J.-M. Pestarini. 1370.
— Über Spannungspfad-Schaltungen für eisenlose elektrodynam. Präzisionsleistungsmesser. Nach W. Geyger. 1564.
— Thermowattmeter. *1681.
— Ein Wechselstromkompensator mit direktem Zeigerausschlag. Von M. Wald. *1583.

Meßgeräte.
— Ein neuer Leitungsprüfer. 1111.
— Entwicklung der elektrischen Meßgeräte in den V. S. Amerika (NELA-Bericht). 1078.
— Tragbare Stromwandler-Prüfeinrichtung. Nach Sieber. 1657.
— Apparat zur direkten Messung magnetischer Feldstärken. Nach M. G. Dupouy. 1173.
— **Oszillograph, Klydonograph.**
— Erzwungene Kippschwingungen und ihre Anwendung. Nach E. Hudec. 1150.
— Verstärkeroszillograph. Von L. Draub. Brf. 1022.
— — Von O. Naumann. Brf. 1022.
— Fortschritte am Kathodenstrahloszillographen durch Dauerbetrieb mit Metallentladungsröhren und durch Außenphotographie sehr kurzzeitiger Vorgänge. Von M. Knoll, H. Knoblauch u. B. v. Borries. *966.
— Ein Kathodenstrahloszillograph zur Aufnahme periodischer Vorgänge. Nach M. Brenzinger. 1625.
— Die Schwärzung photographischer Schichten beim Kathodenoszillographen. Nach W. Rogowski, E. Flegler u. P. Rosenlöcher. 1112.
— Photographische Aufnahmetechnik beim Kathodenstrahl-Oszillographen. Nach M. Knoll. 1749.
— Statische Reduktion einer Frequenz beim Kathodenoszillographen. Nach F. Vecchiacchi. 1529.
— Messung der Eigenzeit eines Klydonographen mittels Wanderwellen bekannter Zeitdauer. Von A. Matthias. Brf. 1762.
— **Verschiedenes.**
— Abschirmung elektrischer Meßgeräte. Nach H. L. Curtis. 1749.
— Audimeter (Sprechleistungsmesser). 1449.
— Elektrische Wärmemeßgeräte (Bericht über die Gießereifachausstellung Düsseldorf). Von A. Przygode. 1047.
— Ein Apparat zur Messung der Farbtemperatur elektrischer Glühlampen. Nach C. H. Sharp. 1778.
— Ein direkt ablesbares lichtelektrisches Photometer zur fabrikmäßigen Messung von Glühlampen. Nach G. T. Winch. 1403.
— Eine Hochleistungsapparatur zur betriebsmäßigen Bestimmung der Lichtausbeute von Glühlampen mittels lichtelektrischer Zellen. Nach K. Samson. 1643.
— Neue optische Gesamtstrahlungspyrometer. Nach S. Held. 1752.
— Die lichtelektrische Zelle als Hilfsmittel der objektiven Lichtmessung. Nach R. Sewig. 1643.
— Die Leuchtröhren in der Photometrie. Nach v. Göler. 1644.
— Ein elektrisches direkt zeigendes Vakuummeter auf dem Prinzip des anomalen Kathodenfalles. Nach M. Wellauer. 1593.
— Stroboskopische Prüfung von Drehzahlmessern. 1213.
— Schreibender Drehmomentmesser für Motoren. Nach G. R. Anderson. 1657.
— Ein elektrisches Mikrometer. Nach A. W. Mershon, J. W. Matthews u. B. C. Waite. 1435.

Meßgeräte.
— Die Messung von Durchhängen (Spezial-Theodolit). Von R. Heimberger. *1241.
— Eine verstellbare Profillehre. 1016.
— Kompaß mit Kobaltstahl-Magneten. Nach J. R. Gier. 1563.

Meßverfahren (s. a. Meßgeräte, Fernmessung).
— **Elektr. u. magnet. Größen.**
— Messung von veränderlichen Stromwerten mittels Glimmlampen. Von A. Körblein. *1486. B. 1704.
— Oszillographie der Ströme in Isolierstoffen. Nach A. Gemant. 1499.
— Spannungsmessungen mit Kugelfunkenstrecken in Luft. Nach C. Stoerk u. W. Holzer. 1113.
— Ein komplexer Wechselstromkompensator für höhere Spannungen. Nach W. Geyger. 1496.
— Die Messung von hohen Wechselspannungen aus dem magnetischen Feld des Verschiebungsstroms. Nach H. Laub. 1593.
— Messung der elektrischen Scheinleistung. Von E. Knösel. 1530.
— Messung kleiner Wechselstromleistungen bei großen Phasenverschiebungen. Nach W. Spielhagen. 1563.
— Diagramm zur Ermittlung des durch Meßwandler entstehenden Fehlers bei Leistungsmessungen in Drehstrom-Dreileiteranlagen. Nach H. Nützelberger u. R. Resch. 1625.
— Prüfung von Stromwandlern. Nach A. H. M. Arnold. 1687.
— Verlustwinkel- und Wirkungsgradmessungen mittels des thermischen Wattmeters. Von L. Tschiassny. Brf. 1314.
— — Von A. Herczeg. Brf. 1315.
— Thermowattmetrische Verlustmessungen an großen Kapazitäten. Von G. Zickner u. G. Pfestorf. *1681.
— Messung der Unsymmetrie von Drehstromnetzen. 1235.
— Über punktweise Aufnahme quasistationärer Vorgänge. Nach M. Büge. 1567.
— Eine neuartige Brücke für das Lechersche Paralleldrahtsystem. Nach J. E. Scheel. 1405.
— Methoden der PTR. zur Frequenz-, Kapazitäts- und Widerstandsmessung. 1212.
— Methode zur Registrierung von Kapazitätsänderungen und ihre Anwendung zur laufenden Beobachtung physikalischer Vorgänge. Nach A. Schulze u. G. Zickner. 1626.
— Die Auswertung von Auslaufmessungen durch die Teilzeitlinie. Von J. Wicher. *1426. B. 1668.
— Messung der Anfangspermeabilität von Blechen. 1213.
— Aufzeichnung der Hysteresisschleife mit der Braunschen Röhre. Nach J. B. Johnson. 1276.
— Messung der Eigenzeit eines Klydonographen mittels Wanderwellen bekannter Zeitdauer. Von A. Matthias. Brf. 1762.
— **Verschiedenes.**
— Leistungsverstärker für Meßzwecke. Nach G. Schützler. 1305.
— Aperiodische Verstärkung sowie Richtverstärkung unter Ausnutzung des vollen Verstärkungsfaktors von Elektronenröhren. Nach H. Rudolph. 1566.

Digitized by Google

Meßverfahren.
— Beitrag zur Temperaturmessung von Kommutatoren im Betrieb. Von A. Schliephake. *1128.
— Anordnung zur Messung des Temperaturanstiegs von Isolierstoffplatten. 1462.
— Über eine Anordnung zur absoluten Drehzahl- und Frequenzmessung, insbesondere für Eichzwecke. Von E. Hudec. *1322.
— Genauigkeit der Zeitmessung in frequenzgeregelten Netzen. Nach J. M. Adam. 1657.
— Die Anwendung des komplexen Wechselstromkompensators bei geoelektrischen Untersuchungen. Nach W. Geyger. 1078.
— Messung rasch veränderlicher Drucke. 1213.
— Methode zur Untersuchung von Druckvorgängen mittels der Druckabhängigkeit der Dielektrizitätskonstanten. Nach F. Trendelenburg. 1749.
— Zur Photometrierung von Automobilscheinwerfern. Von F. Born. *1239.
— Trägheitslose Zerspanungsmessung an Werkzeugen. Nach C. Salomon. 1148.
— Messung der Güte von Schweißverbindungen. 1500.
— Messung der Schmierfähigkeit von Ölen („Orientierungseffekt"). 1213.
Metallurgie s. Elektrochemie, Hüttenwesen, Materialkunde, Ofen.
Mikrometer s. Meßgeräte.
Motor s. Elekfr. Maschinen.
Musik s. Funkwesen, Techn. Akustik.

Nachrichtenverkehr s. Fernsprech-, Funk-, Telegraphenwesen, Signalanlagen.
Netzberechnung u. -betrieb s. Elektrizitätswerksbau (Betrieb), Hochspannung, Leitungen, Überstrom.
Nomographie.
— Allgemeines Verfahren zum Entwerfen von graphischen Rechentafeln, insbesondere von Fluchtlinientafeln. Nach A. Fischer. 1151.
— Tafel zur Bestimmung des Fehlerorts bei Hochspannungsleitungen. 1127.
— Neuere Rechentafeln für Zahnräder. Von P. Leybold. 1245.
Normen (Vorschriften, Regeln usw. des VDE siehe besonders Abt. A IV, Vereinsnachrichten).
— Beschlüsse der 7. Volltagung der IEC in Skandinavien. *1349. *1381. *1413. *1418.
— Comité Mixte International de Traction Electrique. (Sitzung in Brüssel 1930.) 1031.
— Internationale Normung der Lampengewinde, -fassungen und -sockel. 1382.
— Graphische Symbole für Starkstromanlagen. 985.
— Entwürfe des AEF s. „Einheiten" u. Abt. A IV, Vereinsnachrichten.
— Leitsätze der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft. Nach W. Dziobek. 1644.
— Freileitungs-Isolatoren (betr. Vorschriften u. Normen). Nach W. Weicker. 1146.
— Zur Normung des Aluminiums für Freileitungen. 1212.
Normen.
— Zur Frage der Mindestleistung der Meßwandler. Von G. Keinath. *1738.
— Textilnormen. 985.
— Lieferbedingungen für Holzriemenscheiben. 1152.
— Handelsschiff - Normen - Ausschuß. 1114.
— Die Reichsbahn führt die 0,8 *d* hohe Mutter ein. 1114.
— Normung in der Wärme- und Kälteschutztechnik. 1533.
— Die amerikanischen Sicherheitsvorschriften. Von O. H. Bay. 1017.
— Neue Normblätter. 1408.
— Neue Normblätter des DNA. 985. 1114. 1152. 1500. 1727.

Oberleitungs-Omnibus s. Bahnbau.
Oberwellen.
— Oberwellen doppelter u. bruchzahliger Frequenz in Drehstromnetzen mit ΔΔ-Transformatoren und geerdetem Nullpunkt. Nach W. Lampert. 984.
— Über die Oberwellen in den Magnetisierungsströmen von Drehstromtransformatoren. Von G. Stein. *1061. B. 1124.
— Kurvenverzerrung durch hochgesättigte Transformatoren. Nach F. Ollendorff. 1495.
Ofen (s. a. Heizung).
— Der Einfluß des Ofenalters auf die Schmelzungsdauer und den Energieverbrauch. Nach St. Kriz u. H. Kral. 1111.
— Die Wirtschaftlichkeit der Elektroöfen. 1689.
— Verbesserung des Leistungsfaktors von Hochfrequenzöfen durch Kondensatoren. 1229.
— Verkürzung der Glühzeit für Temperguß in Elektroöfen. 1532.
— Kernlose Induktionsöfen in der Stahlgießerei der Babcock & Wilcox Tube Co. in Beaver Falls, Pa. 981.
— Elektrische Widerstandsöfen für die Eisenhüttenindustrie. Nach V. Paschkis. 1532.
— Eine neue Universal-Hochvakuum-Ofenanlage. 1146.
— Ein großer Nitrierhärteofen. 1370.
— Elektrischer Durchziehofen für Metallbänder. 1243.
— Elektrische Warmbehandlungsöfen im Fließarbeitsprozeß. 1785.
— Elektrischer Kleinofen für Kupfer-, Messing-, Silber-, Gold-, Aluminium-, Blei- und Weißmetallschmelzen. Von Kirsch. 1436.
— Elektrische Blank- und Schwarzglühanlage. Nach Th. Stassinet. 1725.
— Schmelzofen für Quarzgut. 1745.
Öl (s. a. Isolierstoffe, Schalter, Transformatoren).
— Die Entwicklung der Isolieröle. Nach C. E. Skinner. 985.
— Studien über Isolieröle. Nach Fr. Frank. 1309.
— Ein Vorschlag zur Ausgestaltung der Transformatorenöl-Prüfung. Von v. d. Heyden u. Typke. *1137.
— Über die Bestimmung der Kupferverteerungszahl und des Stockpunkts bei Transformatoren- und Schalteröl. Von Typke. 1614.
Öl.
— Über die Baadersche Bestimmung der Alterungsneigung von Isolatorölen. Von Typke. Brf. 1154, 1441.
— — Von Baader. Brf. 1154, 1442.
— Experimentelle Untersuchung des Alterns von Transformatorenölen. Von A. Smurow. *1515.
— Messung der Schmierfähigkeit von Ölen. 1213.
— Vakuum-Ölreinigungsanlage. Von W. Schneider. 1310.
— Elektrischer Ölreiniger. 1661.
Omnibus s. Automobil, Bahnbau.
Optik s. Lichttechnik, Physik.

Papier s. Isolierstoffe.
Patentwesen (s. a. Rechtspflege).
— DRP. 500 000. 1020.
— Übereinkommen zwischen dem Deutschen Reich und Österreich über gewerblichen Rechtsschutz und Urheberrecht. Von H. Herzfeld. 1534.
— Deutsch-Persisches Abkommen über den gegenseitigen Schutz von Patenten, Warenzeichen, Mustern und Werken der Literatur und Kunst. Von H. Herzfeld. 1535.
— Erhöhung der Gebühren des nordamerikanischen Patentamts. Von H. Herzfeld. 1535.
— Gegenseitigkeitserklärung bezüglich Warenzeichen in Litauen. Von H. Herzfeld. 1535.
— Zahlung rückständiger Jahresgebühren für luxemburgische Patente. Von H. Herzfeld. 1535.
— Beitritt der Türkei zu den Haager Abkommen. Von H. Herzfeld. 1535.
Pflügen s. Landwirtschaft.
Phasenregelung s. Elektr. Maschinen, Leistungsfaktor.
Physik (s. a. Hochspannung, Lichttechnik, Magnetismus, Röntgenstrahlen, Theoret. Elektrotechnik, Techn. Akustik).
— Über die Energieumwandlung Wärme—Elektrizität. Von O. Gunolt. *1363.
— Elektromagnetische Störungen. Nach F. Schindelhauer. 1176.
— Zur Theorie des Mitnehmens nach van der Pol. Nach A. Andronow u. A. Witt. 1597.
— Eine neuartige Brücke für das Lechersche Paralleldrahtsystem. Nach J. E. Scheel. 1405.
— Untersuchung des Skineffektes in Drähten mit komplexer magnetischer Permeabilität. Nach A. Ermolaev. 1307.
— Leistungsfaktor und Dielektrizitätskonstante in viskosen Dielektriken. Nach D. W. Kitchin. 1177.
— Anormale Stromleitung als Ursache dielektrischer Nachladung. Nach J. B. Whitehead u. R. H. Marvin. 1783.
— Dielektrische Festigkeit s. „Hochspannung".
— Zur Theorie der Gasentladungen. Nach P. M. Morse. 1211.
— Das Eingreifen der Atomphysik in die Anwendungen der Gasentladungen. Nach R. Seeliger. 1748.
— Kanalstrahlen. Nach F. Gerthsen. 1748.
— Beugungserscheinungen an Molekularstrahlen. Nach O. Stern. 1748.
— Anwendung der Elektroneninterferenz zur Strukturanalyse. Nach E. Rupp. 1748.
— Experimente zu Störmers Polarlichttheorie. Nach E. Brüche. 1748.

Digitized by Google

Physik.
— Gasentladungen s. a. „Hochspannung".
— Die Entwicklung der Oxydkathode. Nach B. Hodgson, L. S. Harley u. O. S. Pratt. 1406.
— Stand der Forschung über lichtelektrische Zellen. Nach F. Schröter. 1643.
— Über eine neue Art von Photozellen. Nach B. Lange. 1749.
— Über den Entstehungsort der Photoelektronen in Kupfer-Kupferoxydul-Photozellen. Nach W. Schottky. 1749.
— Detektorwirkung an Metallkontakten. Nach H. Pélabon. 1210.
— Umwandlungserscheinungen an den sog. Halbleitern. Nach A. Schulze. 1754.
— Physikalische Eigenschaften des Quarzes. 1746.
— Über Werkstoffverformung und -festigkeit. Nach E. Schmid. 1748.
— Die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt (PTR) im Jahre 1929. 1212.
Phys.-Techn. Reichsanstalt s. Prüfämter
Plattenaufleger, Selbsttätiger —. 1448.
Porzellan s. Isolierstoffe, Isolatoren.
Post s. Fernsprech-, Funk-, Telegraphenwesen usw.
Preisausschreiben der Zusatzstiftung zu Zeitlers Studienhaus-Stiftung. 1053. 1313.
— Preisaufgabe: Kennzahl der Verzerrung. 1248. *1543.
— Preisausschreiben für die Verwendung von Kohlenstaubasche. 1500.
— Internationaler Wettbewerb in der Aluminiumverwendung. 1629.
— Preisausschreiben der Technisch-Literar. Gesellschaft, Berlin. 1629.
Produktionswirtschaft (s. a. Elektroindustrie, Förderanlagen, Werkstatt).
— Stromerzeugung und Umwandlung in der Metall- und Holzverarbeitung. Nach K. Meller. 1628.
— Elektromechanisches Meldesystem für Werkstätten. 1084.
— Elektrische Warmbehandlungsöfen im Fließarbeitsprozeß. 1785.
Profillehre, Eine verstellbare —. 1016.
Prüfämter.
— Die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt (PTR) im Jahre 1929. 1212.
— Bekanntmachung des Staatlichen Materialprüfungsamtes über Isolierpreßmassen. 988.
— Bekanntmachungen über Prüfungen und Beglaubigungen durch die Elektrischen Prüfämter. 978. 1044. 1172. 1242. 1462. 1527. 1620. 1686. 1750. 1776.
— Neues elektrisches Prüfamt. 1500.
Prüfeinrichtungen (s. a. Hochspannung, Meßverfahren).
— Einrichtung zum Prüfen und Messen von Hochspannungsanlagen. Von K. Täuber. *1125.
— Tragbare Stromwandler-Prüfeinrichtung. Nach Sieber. 1657.
— Kabelprüfwagen mit umschaltbarem 4-Röhren-Gleichrichtersatz für Gleichspannungen bis 200 000 V. 1530.
— Prüfmuffe für Blitzschutz- und Erdungsanlagen. 1305.
— Leitungsprüfer. 1111.
— Zählereichung s. „Elektrizitätszähler".
Pumpen im Pumpspeicherwerk Niederwartha. 1029.
— Die Wirkungsgrade der Tauchpumpen. Nach H. Sauveur. 1723.
Pumpspeicherung s. Elektrizitätswerksbau.

Quecksilberdampf-Gleichrichter siehe Gleichrichter.
Quellennachweis s. Literatur.

Rechenschieber.
— Ein Rechenschieber für das Rechnen mit komplexen Größen. Von W. H. Grinsted. *1401.
Rechentafel s. Nomographie.
Rechtspflege (s. a. Gesetz, Patentwesen).
— Das Reichsgericht zur Frage der Stromabsperrberechtigung. Von C. v. d. Busch. 1052.
— Über die Grenzen der Befugnis kommunaler Elektrizitätswerke zur autonomen Gestaltung ihrer Lieferungsbedingungen. Von C. v. d. Busch. 1052.
— Stromlieferungsvertrag. Mangelhafte Stromlieferung. Verjährung von Ansprüchen aus dem Vertrage. Von C. v. d. Busch. 1467.
— Strompreiserhöhung und § 138 BGB. Von C. v. d. Busch. 1631.
— Der Rechtscharakter der Gebühr für den Anschluß an das Leitungsnetz. Von C. v. d. Busch. 1631.
— Bewertungsgrundsätze für die Kraftwerksanlagen bei zeitlicher Begrenzung der Betriebsdauer. Von C. v. d. Busch. 1312.
— Strom-, Gas- und Wasserversorgung im Vergleichsverfahren zur Abwendung des Konkurses. 1756.
— Über die steuerliche Behandlung der einem Elektrizitätsverbande gegebenen Mitgliederdarlehen. Von C. v. d. Busch. 1312.
— Steuerliches bei Übertragung des Vermögens eines Elektrizitätswerkes im ganzen. Von C. v. d. Busch. 1755.
— Zur Frage der Körperschaftsteuerpflicht der Elektrizitätsgenossenschaften. Von C. v. d. Busch. 1756.
— Grobfahrlässige Brandstiftung, begangen durch Nichtbeachtung elektrotechnischer Sicherheitsvorschriften. Von C. v. d. Busch. 1468.
Regelung (s. a. Anlasser, Fernmessung, Heizung, Relais).
— Selbsttätige Frequenzregelung. Nach T. F. Robertson. 1370.
— Genauigkeit der Zeitmessung in frequenzgeregelten Netzen. Nach J. M. Adam. 1657.
— Die elektrische Spannungsregelung mittels Kohledruck-Widerständen. Von H. Grob. *1717.
— Kesselreglung. Von Askania-Werke AG. Brf. 1634.
— Temperaturregler für Kühlschränke. 1434.
— Selbsttätige Wasserspiegelregelung für Stauwerke. Nach D. P. Dinapoli. 1776.
Reichsanstalt s. Prüfämter.
Reklame s. Lichttechnik, Werbung.
Relais (s. a. Schaltanlagen, Überstrom).
— Versuche mit dem Siemens-Westinghouse-Impedanzschutz im Thüringenwerk. Nach H. Kyser. 1369.
— Hochempfindliches Differential-Wattschutzrelais für Transformatoren mit betriebsmäßig veränderlichen Eisenverlusten. Von H. Schulze. *1642.
Relais.
— Durch Membran gesteuertes Relais. 1243.
Riemenscheiben, Lieferbedingungen für Holz-—. 1152.
Röhren (s. a. Funkwesen, Röntgenstrahlen, Meßverfahren).
— Primäre Elektronenstromverteilung in Dreielektrodenröhren bei positiven Potentialen beider kalter Elektroden gegen die Kathode. Nach J. E. Scheel. 1373.
— Die Entwicklung der Oxydkathode. Nach B. Hodgson, L. S. Harley u. O. S. Pratt. 1406.
— Neue Röhren (Stabröhre, Kraftverstärkerröhre). 1446.
— Röhren aus Quarzglas. 1770.
Rohrkamera. Nach F. Beck. 1084.
Röntgenstrahlen.
— Röntgenanlage für 600 kV. 1047.
— Hochspannungsfreier Röntgenuntersuchungsraum und Hochvolt-Röntgengeräte. 1533.
— Messungen mit extrem harten Röntgenstrahlen. Nach R. Jaeger und H. Herrmann. 1749.
— Glühkathodenventile in der diagnostischen und therapeutischen Röntgentechnik. Von H. Wendt. Nach P. Vierkötter. *1584.

Schalltechnik s. Techn. Akustik.
Schaltanlagen (s. a. Elektrizitätswerksbau, Freiluftanlagen, Schalter, Sicherungen).
— Induktivität, Energie und Stromkraft von Sammelschienen. Nach W. Steidinger. 1112.
— Leuchtschaltbilder mit Fehlschaltungschutz für Warten von Hochspannungs-Schaltanlagen. 1173.
— Anschluß von Speiseleitungen an Doppelsammelschienen. 1173.
— Eine selbsttätige Parallelschalteinrichtung für Kleintransformatoren. 1463.
— Schaltanlagen des Pumpspeicherwerks Niederwartha. 1075.
— Isoguß-Geräte. 1778.
Schalter (s. a. Hochspannung).
— Die Bestimmung der Kurzschluß-Ausschaltleistung an Netzpunkten. Von M. Tunkel. *999.
— Französische Kurzschlußversuche an Ölschaltern. 1276.
— Beitrag zur Untersuchung der Einschaltzeiten von Ölschaltern. Von F. Graul u. L. Kumlik. *1675.
— Die Unterbrechung hoher Leistungen und ein neuer Ölschalter mit Lichtbogenunterdrückung. Nach L. C. Grant. 979.
— Deion-Luft- und Ölschalter. Nach L. W. Dyer. 1624.
— Deion-Schalter für Motoren. Von H. Cron. Brf. 1217.
— — Von A. Cohn. Brf. 1217.
— Maschennetzschalter. 960.
— Gekapselter Ringkabel-Schaltapparat. 1592.
— Schalter mit Vorhängeschloß zur Verhütung von Unfällen. Von Schwantke. 1592.
— Isoguß-Schalter. 1778.
— Regeleinrichtungen für Hochspannungs-Transformatoren zum Schalten unter Last. Von E. Müthlein. 1046.
Schaltschrank, Kabelkasten oder —? Von P. Ludewig. Brf. 990.
— — Von A. Kastalski. Brf. 990.

Digitized by Google

Schaltvorgänge s. Hochspannung, Schalter, Überspannung, Theoret. Elektrotechnik.

Scheinwerfer s. Flugwesen, Lichttechnik.

Schiffahrt.

— Handelsschiff-Normenausschuß. 1114.

Schnellflechteinrichtung, Eine neue —. 1374.

Schutzeinrichtungen s. Installation, Fassung, Regelung, Relais usw.

Schwachstromtechnik s. Fernsprech- u. Telegraphenwesen, Meßverfahren, Signalanlagen usw.

Schweißen.

— Berichte der Fachsitzung „Schweißtechnik" anläßlich der VdI-Hauptversammlung 1930. 1499.

— Bedeutung der Einbrandtiefe beim Lichtbogenschweißen. Nach E. Schwarz. 1500.

— Elektrisches Schweißen von Rohren in großen Mengen (Anlage Milwaukee). 1532.

— Prüfung von Schweißnähten. 1500.

— Die Entwicklung der Schweißgeräte nach dem Langmuir-Verfahren in Amerika und Deutschland. Von S. Sandelowsky. *1649.

— Elektrisch geschweißte Druckrohrleitung. Nach Sonderegger. 1727.

Schwingungen (mechanischer Art).

— Leitungschwingungen. Nach Th. Varney. 1015.

— Das Verhalten asynchron gekuppelter Schwungmassen. Von J. Ruths. *1517.

— Unterdrückung der selbsterregten Schwingungen von Synchronmaschinen. Nach K. Machens u. E. Manteuffel. 1563.

— Auswuchten von Rotoren. Nach J. J. Ryan. 1777.

Seil s. Leitungen.

Selbstkosten s. Elektrizitätswerksbau.

Selektivschutz s. Relais, Überstrom.

Sicherungen.

— Hochleistungsicherungen für Niederspannungs-Maschennetze. 961.

— Hochspannungs - Schmelzsicherung mit Quarzschutzrohr. 1769.

— Unvorschriftsmäßige Schmelzsicherungen. 1208.

Signalanlagen.

— Elektromechanisches Meldesystem für Werkstätten. 1084.

— Teufenanzeiger. 1405.

— Elektrischer Etagenanzeiger für Förderanlagen. 1690.

— Ein neues elektrisches Signalmittel für den Rangierbetrieb am Ablaufberg. 1050.

— Elektrische Hupenanlage für die Alarmierung eines Eisenbahn-Hilfszuges. Nach Betz. 1109.

— Optisch-elektrische Zugbeeinflussung. Nach Bäseler. 1244.

— Eine mechanisch-elektrische Zugbeeinflussung. Nach Bäseler. 1344.

— Lichttagessignale bei der Reichsbahn. Nach Buddenberg. 1342.

— Zur Frage der Ausfahrvorsignale der Österreichischen Bundesbahnen. Nach F. Zuleger. 1373.

Sitzungskalender. 1054. 1120. 1185. 1250. 1282. 1314. 1346. 1377. 1410. 1441. 1474. 1506. 1538. 1570. 1601. 1634. 1666. 1702. 1730. 1761.

Skineffekt s. Theoret. Elektrotechnik.

Sonderheft.

— Elektrotechnische Neuerungen für das Frühjahrsmesse-Heft der ETZ. 1754.

Spannungsprüfer s. Meßgeräte.

Spannungsregler s. Regelung, Schalter.

Speicher s. Elektrizitätswerksbau, Heizung, Wasserkräfte.

Spulenberechnung s. Drosselspule, Theoret. Elektrotechnik.

Statistik s. Bahnbau, Elektrizitätswerksbau, Wasserkräfte usw. und Abt. A V, Geschäftl. Mitteilungen.

Steuer s. Rechtspflege.

Steuerung s. Anlasser, Fernsteuerung, Maschinenantrieb, Regelung.

Störung.

— Rundfunkstörung s. „Funkwesen".

Straßenverkehr s. Automobil, Lichttechnik.

Streuung s. Elektr. Maschinen, Theoret. Elektrotechnik.

Stroboskop s. Meßgeräte u. -verfahren.

Stromabrechnung s. Elektrizitätswerksbau (Betrieb).

Tagung s. Kongresse.

Tarif s. Elektrizitätswerksbau.

Technische Akustik.

— Benennungen in der Akustik. 1474.

— Über elektrische Synthese von musikalischen Klängen und Sprachlauten. Nach F. Trautwein. 1749.

— Audimeter (Sprechleistungsmesser). 1449.

— Schallplatte „Rundfunkempfangs-Störungen". 1523.

— Lautsprecherantriebe. 1447.

— Sprechmaschinenantrieb; Tonarm. 1448.

Telegraphenwesen (s. a. Funkwesen, Leitungen, Signalanlagen).

— Die Fortpflanzung von Rechtecksignalen in Kabeln. Nach H. Edler. 984.

— Telegraphie im Fernkabelnetz. Nach Giesecke. 1176.

— Vielfach-Trägerstromtelegraphie mit Sprachfrequenzen für Fernsprechkabel. Nach K. Wedler. 1497.

— Die Ausnutzungsmöglichkeiten einer Fernkabelader für Telegraphie. Nach H. Stahl. 1565.

— Telegraphenkabel s. Leitungen.

— Entzerrung in elektrischen Fernmelde-Stromkreisen mittels inverser Netzwerke. Nach O. I. Zobel. 1596.

— Der Springschreiber T 30. Von E. Beier. *1323.

— Die Fernschreibmaschine als neuzeitliches Verkehrsmittel. Von P. Storch. *1388.

— Beschlüsse des Internationalen Beratenden Ausschusses für Telegraphie (CCIT). *1035.

— Internationales Telegraphenalphabet. 1035.

— Die Ausbildung der höheren Beamten des Fernmeldedienstes bei der Deutschen Reichspost. 1408.

Telephonie s. Fernsprechwesen.

Temperaturregler s. Ofen, Regelung.

Textilbetrieb s. Maschinenantrieb.

Theoretische Elektrotechnik (s. a. Hochspannung, Isolierstoffe, Magnetismus, Physik).

— Über die Energieumwandlung Wärme—Elektrizität. Von O. Gunolt. *1363.

— Was ist Streuung und wie berechnet man sie? Von E. Weber. *1221. *1267. Bespr. 1280. B. 1636.

— Die Übertragung großer Leistungen. Nach M. L. Keller. 1337.

Theoretische Elektrotechnik.

— Die Gleichungen und das Diagramm der Wechselstromleitung. Von F. Pinter. *1772.

— Elektromagnetische Ausgleichvorgänge in geschichtetem Erdreich. Nach F. Ollendorff. 1499.

— Zur Theorie der kurzen Siebketten. Nach A. Lurje. 1437.

— Die Fortpflanzung von Rechtecksignalen in Kabeln. Nach H. Edler. 984.

— Erzwungene Kippschwingungen und ihre technischen Anwendungen. Nach E. Hudec. 1150.

— Selbsterregte Schwingungen in Kreisen mit veränderlichen Selbstinduktionen. Von R. Mayer. *1645. Bespr. 1664.

— Das Kreisdiagramm. Von A. Heyland. Brf. 1282.

— Diagramm des Spannungsabfalls in einem Netzwiderstand bei Phasenschiebung. Nach W. Werdenberg. 1207.

— Bestimmung der Unsymmetrie von Drehstromnetzen. Von M. Zorn. *1233.

— Das Problem der unsymmetrischen Belastung des Synchron-Drehstromgenerators und des Drehstromtransformators. Nach W. Tolwinski. 1528.

— Untersuchung des Skineffektes in Drähten mit komplexer magnetischer Permeabilität. Nach A. Ermolaev. 1307.

— Kurven zur Berechnung des Skineffektes in Hohlleitern. Nach A. W. Ewan. 1338.

— Verteilung von Wechselströmen in Eisenbahnschienen. Nach E. A. Sperry. 1531.

— Die Berechnung von eisenlosen Drosselspulen. Von J. Hak. Brf. 1377.

— — Von K. Faye-Hansen. Brf. 1378.

— Induktivitäts- und Kräfteberechnung für eisenlose kreisrunde Spulen mit parallelen Achsen. Von J. Hak. *1489.

— Induktivität, Energie und Stromkraft von Sammelschienen. Nach W. Steidinger. 1112.

Thermometer s. Meßgeräte; Fernmessung.

Transformatoren u. Wandler (s. a. Drosselspulen, Magnetismus, Öl).

— Reduktionen, Magnetisierungstrom u. Streureaktanz beim Transformator. Nach E. Grünwald. 980.

— Überlastung von Öltransformatoren mit Selbstkühlung. Von H. Salazin. *1317. B. 1412.

— Über die Stromdichte in Transformatorwicklungen. Nach K. Faye-Hansen. 1463.

— Beitrag zur Berechnung der stationären Erwärmung von Transformatorspulen. Von G. Ghisler. *1580.

— Gedanken bei der Berechnung von Transformatoren. Von M. Korndörfer. *1674.

— Über die Oberwellen in den Magnetisierungsströmen von Drehstromtransformatoren. Von G. Stein. *1061. B. 1124.

— Kurvenverzerrung durch hochgesättigte Transformatoren. Nach F. Ollendorff. 1495.

— Das Problem der unsymmetrischen Belastung des Drehstromtransformators. Nach W. Tolwinski. 1528.

— Auswahl der Transformatorenschaltung in Kraftübertragungsnetzen. Nach W. A. Taylor. Von E. Klein. 1724.

Digitized by Google

Transformatoren u. Wandler.
— Dreiwicklungs-Umspanner für Niederwartha. 1072.
— Öltransformatoren für 1 Mill V gegen Erde in einer Stufe. Nach R. Crämer. 1751.
— Über Versuche mit Induktionskondensatoren. Von K. Fischer. *1765.
— Eine fahrbare Netztransformatorenstation. Von O. Lütze. 1104.
— Transformatoren mit Anzapfschalter für Einstellung der Phasenverschiebung. Nach H. B. West. 1369.
— Regeleinrichtungen für Hochspannungs-Transformatoren zum Schalten unter Last. Von E. Müthlein. 1046.
— Eine selbsttätige Parallelschalteinrichtung für Kleintransformatoren. Nach K. Süßmilch. 1463.
— Zur Frage der Mindestleistung der Meßwandler. Von G. Keinath. *1738.
— Diagramm zur Ermittlung des durch Meßwandler entstehenden Fehlers bei Leistungsmessungen in Drehstrom-Dreileiteranlagen. Nach H. Nützelberger u. R. Resch. 1625.
— Verhalten von Stromwandlern bei Belastungstößen. Nach Marshall u. Langguth. 1724.
— Hängende Kaskadenspannungswandler. 1403.
— 220 kV-Meßwandler d. Westinghouse Co. Nach H. M. Sanders. 1434.
— Stromwandler für thermische Relais. Nach A. E. Cobb. 1209.
— Prüfung von Stromwandlern. Nach A. H. M. Arnold. 1687.
— Tragbare Stromwandler-Prüfeinrichtung. Nach Sieber. 1657.
— Die Berechnung der Verstärkertransformatoren. Von F. Lang. *1637.
— Eisenverluste von Frequenztransformatoren. Nach M. Osnos und F. Sammer. 1373.
— Zur Beurteilung von Eisenkernen in der Schwachstromtechnik. Nach R. G. Lohrmann. 1149.
— Beitrag zur Kenntnis der Ausgußmassen für Transformatoren. Nach W. Hammerschmidt. 1438.

Transport s. Automobil, Bahnbau, Förderanlagen.

Treibhaus s. Landwirtschaft.

Triebwagen s. Lokomotiven.

Turbinen s. Dampf-, Wasserturbinen.

Überlandzentrale s. Elektrizitätswerksbau.

Überspannungen (s. a. Hochspannung).
— Amerikanische Stellungnahme zur Blitzschutzfrage. Nach H. M. Towne u. A. L. Atherton. Von A. Matthias. *1143.
— Beobachtung von Gewitterüberspannungen mit dem Kathodenoszillographen. Nach K. Berger. 1308.
— Das Verhalten von Isolatoren gegen Überspannungen verschiedenen zeitlichen Ablaufes. Nach Har. Müller. 1339.
— Der Thyrit-Überspannungsableiter. Nach K. B. McEachron. 1307.
— Ferranti-Überspannungsschutz. Nach E. T. Norris. 1597.

Überstrom (s. a. Hochspannung, Relais, Sicherung).
— Die Bestimmung der Kurzschluß-Ausschaltleistung an Netzpunkten. Von M. Tunkel. *999.

Überstrom.
— Schnelle Bestimmung von Abschaltleistung und Dauerkurzschlußstrom. Von W. z. Megede. *1708.
— Versuche mit dem Siemens-Westinghouse-Impedanzschutz im Thüringenwerk. Nach H. Kyser. 1369.
— Kurzschluß- und Erdschluß-Abschaltungen in einem Bahnnetz. Nach K. Berger u. H. Habich. 1652.
— Kräfteberechnung für Drosselspulen. 1377. *1489.
— Kräfteberechnung für Sammelschienen. 1112.

Uhren.
— Uhrenanlagen mit kurzzeitiger Pendelsynchronisierung und Elementbetrieb. Von J. Baltzer. 1782.
— Selbsttätige Frequenzregelung (für Anschluß von Uhren). Nach T. F. Robertson. 1370.
— Genauigkeit der Zeitmessung in frequenzgeregelten Netzen. Nach J. M. Adam. 1657.
— Einführung des Begriffes „Halbschwingung" bei Zeitmessern. 1530.

Umformer s. Elektr. Maschinen.

Unterricht (s. a. Abt. A II, Persönliches).
— Verwendung unvollständiger Lichtbilder und unvollständiger Skizzen bei Vorträgen. Von W. Grix. 1108.
— Die Ausbildung der höheren Beamten des Fernmeldedienstes bei der Deutschen Reichspost. 1408.
— Besucherzahlen der deutschen Technischen Hochschulen. 1018.
— Jubiläum der T. H. Hannover. 1085.
— Fortbildungskursus betr. Elektrowärmetechnik für Ingenieure von Elektrizitätswerken, T. H. Hannover. 1279.
— Ferienkurse an der Bergakademie Clausthal. 1152.
— Vorträge des Hauses der Technik in Essen. 1438.
— Vorlesungen im Haus der Technik, Köln. 1567.
— Elektroinstallateur - Fortbildungskurse in Bielefeld. 1439.
— Große Meisterkurse für das Elektro-Installateurgewerbe. 1533.
— Ingenieurausbildung in Amerika. Nach Petritsch. 1662.
— Das technische Doktorat in Italien. 1629.

Vakuummeter. 1593.

Ventil s. Gleichrichter.

Verband s. Kongresse u. Abt. A IV, Vereinsnachrichten.

Verein s. Abt. A IV, Vereinsnachrichten.

Verkehr s. Automobil, Bahnbau usw.

Verstärker s. Funk- u. Fernsprechwesen.

Versuchsanstalt s. Prüfämter.

Vorschriften s. Normen u. Abt. A IV, Vereinsnachrichten.

Vorträge s. Sitzungskalender u. Abt. A IV, Vereinsnachrichten.

Walzwerk s. Hüttenwesen, Maschinenantrieb.

Wanderwellen s. Hochspannung, Überspannungen.

Wandler s. Transformatoren.

Wärmeregler s. Regelung.

Wärmewirtschaft (s. a. Dampfkessel, Elektrizitätswerksbau, Energiewirtschaft).
— Der wirtschaftlichste Dampfdruck. Nach P. Gilli. 1114.
— Wirtschaftliches über Wasser- und Dampfkraft. Nach G. A. Orrok. 1728.
— Schwelkraftwerk. 1621.

Wasserkräfte (s. a. Elektrizitätswerksbau).
— Gestehungs- und Betriebskosten von Wasserkraftanlagen. Nach J. Ornig. 1663.
— Wirtschaftliches über Wasser- und Dampfkraft. Nach G. A. Orrok. 1728.
— Die Wirtschaftlichkeit von Pumpspeicherwerken abseits der Verbrauchsgebiete. Von H. Schulze. *1397.
— Das Pumpspeicher-Kraftwerk Niederwartha. Von Energieversorgung Groß-Dresden AG. *1025. *1069.
— Die Saale-Talsperren. Von H. Kyser. *1477.
— Arbeitspeicher in den Alpen. Von A. Ludin. Brf. 1441.
— — Von K. Krauß. Brf. 1441.
— Neuere Großwasserkraftanlagen in Österreich. Von E. Mattern. *1421.
— Das Kraftwerk Wäggital (Schweiz). Von A. Kraft. *1552.
— Die Wasserkraftanlagen am Niagara. Nach N. R. Gibson. 1169.
— Der Ausbau des St. Lorenz-Stromes. 1502.
— Kanadas „weiße Kohle" im Jahr 1929. Von G. Reglin. *1556.
— Industrielle Wasserkraftanlagen in Norwegen. Von E. Finne. *1011. 1375.
— Der Anteil der Wasserkräfte in Polens Energiewirtschaft. Von W. Rosental. 1279.
— Ausbau der Wasserkräfte (Rio Negro, Rio Uruguay usw.) in Uruguay. *1587.
— Kugelschieber für Rohrabschluß. 1030.
— Elektrische Fernsteuerung von Wasserrohrschiebern. Nach Eggers. 1656.
— Selbsttätige Wasserspiegelregelung für Stauwerke. Nach D. P. Dinapoli. 1776.
— Elektrisch geschweißte Druckrohrleitung. Nach Sonderegger. 1727.

Wasserleitung, Elektrisches Auftauen einer —. Nach Schütz u. Jessen, K. Gründig. 1659.

Webstuhl s. Maschinenantrieb.

Weltkraftkonferenz s. Kongresse.

Werbung (s. a. Elektrizitätswerksbau).
— Die elektrowirtschaftliche Bedeutung der Werkstatt-Lichtwerbung. Von A. G. Arnold. *1288.
— Lichttechnische Gewerbeförderung in Österreich. 1564.

Werkstatt (s. a. Maschinenantrieb, Materialkunde, Schweißen usw.).
— Schleifmaschine mit Trockengleichrichter für die magnetische Aufspannplatte. 999.
— Trägheitslose Zerspanungsmessung an Werkzeugen. Nach C. Salomon. 1148.
— Erhitzung von Metallen im elektrolytischen Bad. Nach P. Hoho. 1113.
— Eine verstellbare Profillehre. 1016.
— Rohrkamera. Nach F. Beck. 1084.

Werkstoff s. Isolierstoffe, Materialkunde.

Werkzeug s. Werkstatt, Installationswesen, Maschinenantrieb.

Wettbewerb s. Preisausschreiben.

Wetterberatung s. Elektrizitätswerksbau (Betrieb).

Wicklung s. Elektr. Maschinen usw.

Digitized by Google

Widerstand (s. a. Anlasser, Meßverfahren).
— Starrer, rostsicherer Widerstand von hoher Festigkeit. 1339.
— Regelbar. Hochohmwiderstand. 1449.
— Die elektrische Spannungsregelung mittels Kohledruck-Widerständen. Von H. Grob. *1717.
Winde s. Hebezeuge.
Wirbelstrom s. Theor. Elektrotechnik, Elektr. Maschinen usw.
Wirtschaftspolitik (s. a. Elektroindustrie u. Abt. A V, Geschäftl. Mitteilungen).
— Deutschlands Elektroaußenhandel im Rahmen des Welt-Elektroaußenhandels. Von G. Becker. *1302. B. 1348, 1476.
— Aus dem Geschäftsbericht der Elektrobank. 1439.
— Aus dem letzten Sofina-Bericht. 1466.
Wünschelrute.
— Das Wünschelrutenproblem — ein elektrisch-physiologischer Vorgang. Von Buth. *1171. 1691.

Zähler s. Elektrizitätszähler, Prüfämter.
Zahnrad.
— Neuere Rechentafeln für Zahnräder. Von P. Leybold. 1245.
Zentrifuge s. Maschinenantrieb.
Zugbeeinflussung s. Signalanlagen.
Zündung.
— Zündwirkung von Öffnungsfunken. Nach C. B. Platt u. R. A. Bailey. 1465.
— Zündanlage des Flugschiffes Do X. 1541.
— Die Funkabschirmung an Flugmotoren. Von W. Dorn. *1610.

II. Persönliches.

Auszeichnungen. 989. 1314. 1410. 1441. 1634.
Hochschulnachrichten. 989. 1186. 1475. 1538. 1570. 1634.

Aeckerlein. 989. 1538.

Beckmann, H. 1634
Bitter, G. 1474.
Bosch, C. 1410.
Brion, G. 989. 1538.

Christiani, W. †. 1474. 1538.
Cremer-Chapé. 1634.

Dieselhorst, W. †. 1410.

Epstein, J., †. 1702. 1761.

Fischinger, E. G. 1475. 1538. B. 1604.

Glinski, H. v. 1731.
Görz, H. †. 1634.
Grahl, G. de. 1441.
Grünhut, A. 1475.

Hoheisel, K. 1121.
— †. 1634.

Janet, P. 989.

Kaan, E. 1787.
Korn, A. 1314.
Krone, M. 1086.
Küpfmüller, K. 1475.

Liss, G. †. 1570, 1761.

Müller, Har. 1186.

Pack, F. †. 1216.
Piloty, H. 1485.

Rehmer, M. 1120.
Reuter, M. 1121.
Rosener, G. 989.

Schuchardt, A. 1314.
Schuff, H. 1441.
Schulz, E. †. 1216.
Siméon. 1634.
Springer, F. 1731.
Staveren, J. C. van. 1570.
Stern, G. †. 1021.
Strecker, K. 1760.

Vogelsang, M. †. 1054. 1153.

Zdralek, O. 1634
Zickler, K. 1377.

III. Literatur.

Eingegangene Doktordissertationen. 991. 1023. 1055. 1187. 1219. 1443. 1603. 1635. 1763. 1788.
Neue Zeitschriften.
— Bull. de Mathématiques et de Physique pures et appliquées de l'Ecole Polytechnique de Bucarest. 1443.
— Concessioni e Costruzioni. 991.
— Der Anschluß. 1603.
— Instruments. Von G. Keinath. 1087.
— Irrigacion en México. Von Gosebruch. 1667.
— Journal of the Maryland Academy of Sciences. 1443.
— Klöckner-Post. 1443.
— Turbinen u. Pumpen. Von F. Unger. 1087.

Bücherbesprechungen.

Der „Shielded Six". Von Mühlbrett. 1539.
Die Entwicklung d. dt. Rundfunks in Zahlen 1923—1930. Herausg. v. d. Reichs-Rundf.-Gesellsch. Von Rahlwes. 1667.
Die letzten Neuheiten d. Radiotechnik. Von Mühlbrett. 1539.
Die Lochkarte. Herausg. v. Ausschuß f. Rechnungswesen d. Vereins dt. Eisenhüttenleute. Von A. E. Weber. 1123.
Die techn. Entwicklung d. Motoren u. ihre Steuerungen f. aussetzenden Betrieb. Herausg. vom EV des rhein.-westf. Industriebezirkes, Dortmund. Von Hammerer. 1570.
Die Wasserkraftwirtschaft Deutschlands. Herausg. v. Dt. Wasserwirtsch.- u. Wasserkraftverband. Von C. Reindl. 1411.
Gemeinfaßl. Darstellung d. Eisenhüttenwesens. Herausg. v. Verein dt. Eisenhüttenleute. Von M. Escher. 1283.
Jahrbuch d. Brennkrafttechn. Gesellsch. Bd. 9. Von A. Hamm. 1507.
Meyers Lexikon. 7. Aufl. Bd. 10. Von W. Kraska. 1571.
Millenets Patent-Tabelle. 15. Aufl. Von H. Herzfeld. 1251.
Proceedings, International Congress on Illumination 1928. Von W. Voege. 1054.
Radiotechn. Neuheiten. Von Mühlbrett. 1539.
Reichsbahn u. Binnenschiffahrt. Herausg. v. d. Dt. Reichsbahn-Ges. Von A. Przygode. 1155.
Rundfunk-Jahrbuch 1930. Herausg. v. d. Reichs-Rundf.-Ges. Von Langewiesche. 1187.
Vorschriften d. Elektrotechnický Svaz Československý 1930. Herausg. vom ESČ, Prag. Von A. Zaudy. 1602.
Zweites Forschungsheft d. Studiengesellschaft f. Hochspannungsanlagen: Isolierstoffe. 1309.
Zweite Weltkraftkonferenz. Generalberichte. Von F. Meißner. 1411.

Abderhalden, E., Handbuch d. biolog. Arbeitsmethoden, Abt. 3 A/6. von F. Scheminzky. Von E. Lübcke. 1087.
— s. C. v. Eicken.
— s. F. Trendelenburg.
Albrecht, R., Stromquellen f. Röhrenempfangsgeräte. Von Langewiesche. 1086.
Ardenne, M. v., Mehrfachröhren-Empfänger. Von K. Mühlbrett. 1250.
— Der Bau v. Anoden- u. Heizstrom-Netzanschlußgeräten. 4. Aufl. Von K. Mühlbrett. 1250.
Arndt, K., Techn. Elektrochemie. Von E. Schlumberger. 1506.
Auerbach, F., u. W. Hort, Handbuch d. phys. u. techn. Mechanik. Bd. 1. Von V. Blaeß. 1023.

Becker, E., s. O. Föppl.
Bergtold, F., Grundbegriffe d. Elektrotechnik, Bd. 1. Von E. Kurz. 1283.
Bermbach, W., Die Akkumulatoren. Von E. Sieg. 1702.
Bernoulli, A. L., Physikal.-chem. Praktikum. Von F. L. Hana. 1187.
Bethmann, H., Die Hebezeuge. 8. Aufl. Von C. Michenfelder. 1218.
Betz, L., Das Trolleybus-System. Von Stobrawa. 1218.
Blaschke, W., Vorles. üb. Differentialgeometrie. Bd. 3. Bearb. v. G. Thomsen. Von R. Rothe. 1123.
— Vorles. üb. Differentialgeometrie u. geometr. Grundlagen v. Einsteins Relativitätstheorie. Von W. Fender. 1475.
Blum, R., Die Rechtskunde d. Ingenieurs u. Kaufmanns. 3. Aufl. Von C. v. d. Busch. 991.
Brock, F., Gestehungskosten u. Verkaufspreise elektr. Arbeit. Von Rückwardt. 1635.
Bundschu, F., Wasserkraftanlagen. Bd. 1 u. 2. Von O. Walch. 1475.
Burchartz, F., s. F. I. Schechter.

Carson, J. R., Elektr. Ausgleichsvorgänge u. Operatorenrechnung. Dt. Bearb. v. F. Ollendorff u. K. Pohlhausen. Von K. Küpfmüller. 1570.
Coermann, W., Rechts-Taschenbuch f. d. ges. Elektrizitätswesen. Von C. v. dem Busch. 1379.
Courant, R., Vorles. über Differential- u. Integralrechnung. 2. Aufl. Von Hamel. 1187.

Dantscher, K., u. C. Reindl, Wasserkraft-Jahrbuch 1928/29. Von O. Streck. 1763.
Debye, P., Polare Molekeln. Von R. Samuel. 1442.

Digitized by Google

Dencker, C. H., u. K. Vormfelde, Anschluß! Von Petri. 1186.
Dubbel, H., Taschenbuch f. d. Maschinenbau. 5. Aufl. Von H. Bonin. 1603.

Eicken, C. v., Methoden z. experimentellen Schädigung d. Gehörorgans durch Schalleinwirkung. Herausg. v. E. Abderhalden. Von W. Bauer. 1603.
Ephraim, F., Anorgan. Chemie. 4. Aufl. Von R. Samuel. 1442.
Ertel, A., Internat. Betriebsstatistik elektr. Bahnen f. d. Jahre 1924, 1925 u. 1926. Von R. Wichmann. 1022.
Eucken, A., Lehrbuch d. chem. Physik. Von R. Samuel. 1283.
— s. Wien u. Harms.
Eulenhöfer, A., Wellenmesser. Von K. Mühlbrett. 1602.
Exner, W., Erlebnisse. Von G. H. Winkler. 1603.

Fein, H., Elektrowerkzeuge, Kleinwerkzeugmaschinen m. Einbaumotor u. biegsamen Wellen. Von Ludwig. 1763.
Feindler, R., Das Hollerith-Lochkarten-Verfahren. Von M. Maul. 1155.
Fick, E., Aufgabensamml. über Differentialgleichungen. Von Fender. 1123.
Föppl, O., E. Becker u. G. v. Heydekampf, Die Dauerprüf. d. Werkstoffe. Von E. Lasswitz. 1656.

Gabriel, F., Netzanschlußgeräte f. Wechselstrom-Lichtnetze. Von K. Mühlbrett. 1602.
Geier s. Richards.
Gonzenbach, W. v., s. M. Hottinger.
Gruhn, K., Anfangsgründe d. Wechselstromtechnik. Von G. Haberland. 1666.
Gudden, B., Lichtelektr. Erscheinungen. Von E. Lübcke. 1539.
Güntherschulze, A., Elektrische Gleichrichter u. Ventile. 2. Aufl. Von H. Nielsen. 1506.

Hague, B., Alternating current bridge methods. 2. Aufl. Von Schering. 1475.
Hänchen, R., Sperrwerke u. Bremsen. Von Kammerer. 1411.
Hanffstengel, G. v., Die Förderung v. Massengütern, Bd. 2, II. Von Michenfelder. 1788.
Harms, F., s. W. Wien.
Hatschek, E., Die Viskosität der Flüssigkeiten. Von K. Arndt. 1087.
Heinzelmann, H., Die elektr. Kabel. Von R. Apt. 1154.
Herrmann, R., Evolventen-Stirnradgetriebe. Von Kammerer. 1283.
Heydekampf, G. v., s. O. Föppl.
Höring, O., Elektr. Bahnen. Von A. Schwaiger. 1507.
Hort, W., s. F. Auerbach.
Hottinger, M., u. W. v. Gonzenbach, Die Heiz- u. Lüftungsanlagen in d. verschied. Gebäudearten. Von H. Behrens. 1123.

Jarasch, E., Der Neutrodyne-Empfänger. Von E. Lübcke. 1122.

Kapp, R. O., Electrical Transmission and Distribution. Von W. Gosebruch. 1187.
Kiebitz, F., Die elektr. Wellen. Von E. Lübcke. 1218.
Klaembt, A. R., s. F. I. Schechter.
Klein, M., Kabeltechnik. Von C. Feldmann. 1346.
Konorski, B. M., Hilfsbuch f. Betriebsberechn. Von E. Weber. 1219.
Körfer, C., Vorschriften, Verordn. u. Verfüg. über die Errichtung v. elektr. Schachtsignalanlagen im Oberbergamtsbezirk Dortmund. Von W. Kraska. 1154.
Korn, A., Elektr. Fernsehen. Von F. Kirschstein. 1634.
Krause, R., Kurzer Leitfaden d. Elektrotechn. 5. Aufl. Von G. Haberland. 1539.
Kuchenmeister, F., Stromdiebstähle in Gleich- u. Wechselstromanlagen. 2. Aufl. Von Winkler. 1787.
Kuhlmann, J. H., Design of electrical apparatus. Von R. Richter. 1635.

Laudien, K., Die prakt. Arbeit. 2. Aufl. v. F. Schmicker. Von A. Thiele. 1251.
Liebisch, H., Fachzeichnen f. Elektriker I. Von Rahlwes. 1154.
Lubberger, F., Die Fernsprechanl. m. Wählerbetrieb. 4. Aufl. Von A. Kruckow. 1086.
Ludin, A., Die nordischen Wasserkräfte. Unt. Mitarb. v. P. Nemenyi. Von H. Engels. 1086.

Melchior, P., Aluminium. Von Lasswitz. 1603.
Meyer, G. W., Techn., wirtschaftl. u. rechtl. Grundlagen f. d. Bewertung u. d. Verkauf elektr. Arbeit. Von B. Thierbach. 1442.
Möller, H. C., Die Elektronenröhren u. ihre techn. Anwend. 3. Aufl. Von A. Meißner. 1602.
Müller, A. E., Verluste d. Riementriebe bei Verwend. kleiner Scheiben unt. bes. Berücks. d. Biegewiderstandes. Von Kammerer. 1539.
Musil, L., Die Wirtschaftlichk. d. Energiespeicherung f. Elektrizitätswerke. Von R. Schneider. 1570.

Nedden, F. zur, Praktikantenausbildung f. Maschinenb. u. Elektrot. Von A. Thiele. 1186.
Nemenyi, P., s. A. Ludin.
Noack, F., s. H. Reichenbach.

Ollendorff, F., s. J. R. Carson.

Peek, F. W., Dielectric Phenomena in High-Voltage Engineering. 3. Aufl. Von W. Holzer. 1122.
Petersen, W., Forschung u. Technik. Von C. Feldmann. 1378.
Pohlhausen, K., s. J. R. Carson.
Pöschl, Th., s. F. Wittenbauer.
Praetorius, E., Wärmewirtschaft im Kesselhaus. Von Zinzen. 1219.
Preger, E., Spanlose Formung d. Metalle in Maschinenfabriken. Bd. 3, bearb. v. W. Söchting u. E. Saur. Von C. Fritz. 1703.
Pupin, M., Vom Hirten zum Erfinder. Von Winkler. 1787.

Quantz, L., Wasserkraftmaschinen. 7. Aufl. Von A. Hofmann. 991.

Raskop, F., Die Instandsetzungen an elektr. Maschinen u. Transformatoren. 4. Aufl. Von Hartig. 1250.
Reichenbach, H., u. F. Noack, Was ist Radio? Von E. Lübcke. 1186.
Reindl, C., s. K. Dantscher.
Richards u. Geier, Das amerikan. Patent-, Muster- u. Warenzeichenrecht. Von H. Herzfeld. 1788.
Rini, P. S., La solution générale du problème des dimensions économiques maximum d'une conduite forcée en métal et son application aux calculs practiques. Von Bauer. 1787.
Rothe, R., Höhere Mathematik, Teil 2. Von F. Ollendorff. 1602.
Rötscher, F., Die Maschinenelemente. Von F. László. 1667.
Rziha, E. v., u. J. Seidener, Starkstromtechnik. Bd. 1, 7. Aufl. Von R. Richter. 990.

Schack, A., Der industr. Wärmeübergang. Von Zinzen. 1442.
Schechter, F. I., Die Grundlage d. Warenzeichenschutzes. Übers. von F. Burchartz u. A. R. Klaembt. Von H. Herzfeld. 1023.
Scheminzky, F., s. E. Abderhalden.
Schmicker, F., s. K. Laudien.
Schmidt, K., u. W. Volkmann, Elektr. Maschinen. Von G. Haberland. 1635.
Schneidermann, K., Der Einfluß mangelhafter elektr. Anlagen auf d. Feuersicherheit bes. in d. Landwirtschaft. Von K. Krohne. 1666.
Schrage, W., Fernsehen. Von E. Nesper. 1602.
Schwandt, E., Der Deli-Sinus-Drei. Von Mühlbrett. 1539.
Seidener, J., s. E. v. Rziha.
Seidner, M., Energiewirtschaft. Von H. Albrecht. 1346.
Seufert, F., Bau u. Berechn. d. Dampfturbinen. 3. Aufl. Von Bonin. 1635.
Siegel, G., Die Elektrizitätsgesetzgebung d. Kulturländer d. Erde. Von Block. 1204.
Singer, F., Das Steinzeug. Von R. Rieke. 1787.
Skirl, W., Wechselstrom-Leistungsmessungen. Von H. Schering. 1410.
Sommerfeld, A., Atombau und Spektrallinien (Ergänz.-Bd.). Von H. Reichenbach. 1763.
Stürner, O., Radiotechnik Bd. 5. Von Langewiesche. 1122.
Stürzenacker, W., Die techn. u. wirtschaftl. Grundlagen f. d. Gewinnung v. Gezeitenenergie. Von O. Walch. 1219.
Süberkrüb, M., Fahrzeuggetriebe. Von Usbeck. 1347.

Thiemann, A. E., Fahrzeug-Dieselmotoren. Von Usbeck. 1379.
— Kraftstoffe, Verbrennung u. Schweröl-Vergasermotoren. Von W. Laudahn. 1731.
Thomsen, G., s. W. Blaschke.
Thurn, H., Die internat. Reglung d. Funktelegraphie u. -telephonie. Von Harbich. 1251.
Töfflinger, K., Der Einphasen-Bahnmotor. Von R. Richter. 1315.
Trendelenburg, F., Elektr. Methoden z. Klanganalyse. Herausg. v. E. Abderhalden. Von W. Bauer. 1603.

Vas, O., Grundlagen u. Entwickl. d. Energiewirtschaft Österreichs. Von J. Ornig. 1315.
Volkmann, W., s. K. Schmidt.
Vormfelde, K., s. C. H. Dencker.

Waltjen, J., Entwurf u. Bau v. Schaltanlagen für Drehstrom-Kraftwerke. Von E. Rühle. 1379.
Weber †, C. L., Erläut. z. d. Vorschriften f. d. Errichtung v. Starkstromanlagen m. Betriebspann. unter 1000 Volt. Neubearb. v. R. Zaudy. Von R. Apt. 1731.
Wien †, W., u. F. Harms, Handbuch d. Experimentalphysik. Bd. 13, III, von R. Seeliger u. G. Mierdel. Von Winkler. 1055.
— Handb. d. Experimentalphysik. Bd. 8, I, von A. Eucken. Von Nußelt. 1635.

Digitized by Google

Winckelmann, J., Vier-Röhren-Schirmgitter-Jowidyne. Von K. Mühlbrett. 1539.
— Fünf Hochleistungs-Empfänger. Von K. Mühlbrett. 1602.
— Universal-Schaltungsbuch. Von K. Mühlbrett. 1602.
Wittenbauer, F., Aufgaben a. d. Techn. Mechanik. Bd. 1, herausg. v. Th. Pöschl. Von E. Everling. 1667.

Zaudy, R., s. C. L. Weber.
Ziebarth, W., Der „Be"-Kurzwellen-Empfänger. Von K. Mühlbrett. 1539.

IV. Vereinsnachrichten.

Verband Deutscher Elektrotechniker.

Kommissionen.

(E. vor der Seitenzahl bedeutet „Entwurf".)

Kommission für Bahnwesen.
— Normbl.: Speiseklemme, Stegklemme, Gabelkauschen, Fahrdrahthalter f. gerade Strecke. 1633.
— Normbl.: Techn. Lieferbeding. f. Fahrleitungsteile aus warm gepreßtem Messing u. aus Nichteisen-Metallen; Keil-Endklemmen; Beidrahtklemme f. 2 Fahrdrähte *Ri* v. 50 bis 150 mm² Querschnitt. 1730.
Kommission für Betriebsvorschriften.
— Leitsätze f. d. Bekämpfung v. Bränden in elektr. Anlagen u. in deren Nähe. E. 1469.
— Vorschr. nebst Ausführungsregeln f. den Betrieb von Starkstromanlagen. E. 1697.
Kommission für Elektrowerkzeuge.
— Vorschriften f. Elektrowerkzeuge. E. 1693.
Kommission für Errichtungsvorschriften.
— Vorschr. nebst Ausführungsregeln f. d. Errichtung v. Starkstromanl. m. Betriebspannungen unter 1000 V. (Änd.) 1537.
Kommission für Fernmeldetechnik.
— Regeln f. d. Bewert. u. Prüf. v. galvanischen Elementen. (Änd.) 1505.
Kommission für Freileitungen.
— Bahnkreuzungsvorschr. f. fremde Starkstromanlagen. (Änd.) 1314.
Kommission für Handgeräte.
— Vorschr. f. zweipolige Gerätesteckvorrichtungen u. Geräteanschlußschnüre. E. 1214.
— — (Änd.) 1601.
Kommission für Hochfrequenztechnik.
— Normbl.: Röhrenkennzeichen. E. 987.
— Vorschriften für Außenantennen. (Änd.) E. 1053. 1536.
— Vorschr. f. Rundfunkgeräte, die mit Starkstromanl. (-netzen) in Verbind. stehen. 1570.
Kommission für Koch- u. Heizgeräte.
— Vorschr. f. handbetätigte Schalter f. Elektrowärmegeräte. E. 1116.
— Leitsätze für Temperaturregler. E. 1119.
— Leitsätze für Temperaturbegrenzer. E. 1119.
Kommission für Maschinen und Transformatoren.
— Regeln f. d. Bewert. u. Prüf. v. Gleichstrom-Lichtbogen-Schweißmaschinen. E. 1758.
Kommission für Rundfunkstörungen.
— Gründung, Arbeitsfeld. 1633.

Ausschuß

für den elektrischen Sicherheitsgrad.
— Vorschr. f. d. elektr. Sicherheitsgrad v. Starkstromanl. m. Betriebspannungen von 1000 V u. darüber. E. 1180.

Normblätter.

Neu erschienene DIN VDE-Normblätter. 1054. 1440.
Entwürfe von DIN VDE-Normblättern.
— Bahnen: Speiseklemme, Stegklemme, Gabelkauschen, Fahrdrahthalter f. gerade Strecke. 1633.
— Bahnen: Techn. Lieferbeding. f. Fahrleitungsteile aus warm gepreßtem Messing sowie aus Nichteisen-Metallen; Keil-Endklemmen; Beidrahtklemme f. 2 Fahrdrähte *Ri* v. 50 ... 150 mm² Querschnitt. 1730.
— Röhrenkennzeichen. 987.

Prüfstelle des VDE.

Bekanntmachung betr. Nachtrag zur Zusammenstellung der erteilten Genehmigungen. 1120. 1537.
Bekanntmachung betr. Installations-Selbstschalter. 987.
Unberechtigte Benutzung des VDE-Zeichens. 1021. 1730.

Verschiedenes.

Übersicht über die Beschlüsse der mit den Vollmachten einer Jahresversammlung ausgestatteten Ausschußsitzung vom 15. Juni 1930 in Berlin. 1020. B. 1115.
Vorläufiger Zeitplan der XXXV. Jahresversammlung in Frankfurt a. M. 1569.
VDE-Mitgliedsbeitrag für 1931. 1445. 1535.
Neu erschienene VDE-Sonderdrucke. 1054. 1440.
Fremdsprachliche VDE-Vorschriften. 1120.
Anerkennung der „Vorschr. f. d. Errichtung u. d. Betrieb v. Starkstromanlagen". 1666.
„Forschung tut not." 1702.
Preisaufgabe: Kennzahl der Verzerrung. 1248.
Neues Mitgliederverzeichnis. 1758.
Bezug von Einbanddecken für den Jahrgang 1930 der ETZ. 1506. 1666. 1730. 1758. 1786.

Elektrotechnischer Verein.

Mitgliedsbeitrag. 987. 1503. 1569.
Preisausschreiben (Zeitlers Studienhaus-Stiftung). 1053. 1313.
Zeitschriften-Bibliothek des EV. 1345.
Festschrift zum Goldenen Jubiläum des Elektrotechnischen Vereins. 987. 1410.
Mitteilung betr. AEF 1757

Einladungen.

Festsitzung. 1569.
Ordentliche Sitzungen. 1377. 1503. 1632. 1729.
Außerordentliche Sitzungen. 1468. 1664.
Fachsitzungen. 1280. 1313. 1440. 1535. 1569. 1693.
Techn. Besichtigungen. 1377. 1410.
Fest der Technik. 1410. 1440. 1468.
Filmvorführungen. 1729.
Gesellschaftsabend des EV. 1757. 1786.

Sitzungsberichte.

29. X. 1929. 1248. 1504.
18. III. 1930. 1183.
29. IV. 1930. 1313.
13. V. 1930. 1664.
30. IX. 1930. 1503.
21. X. 1930. 1632.
28. X. 1930. 1600.
25. XI. 1930. 1757.

Vorträge.

Vortragsreihe „Technische Akustik". 1440. 1468. 1503.
Vortragsreihe „Die Übertragung elektrischer Leistung auf große Entfernung." 1729.
Ardenne, M. v., Eine Methode zur Schaffung guter Empfangsverhältnisse für den Rundfunk in der Großstadt. 1632.
Höpfner, K., Neuere Entwicklung von Betrieb und Technik im amerikanischen Fernsprech-Weitverkehr. *1573.
Marx, Erwin, Der Durchschlag der Luft im unhomogenen elektrischen Felde bei verschiedenen Spannungsarten. *1161. Bespr. 1183.
Mayer, R., Selbsterregte Schwingungen in Kreisen mit veränderlichen Selbstinduktionen. *1645. Bespr. 1664.
Plüer, A., Umschaltung in städtischen Gleich- und Drehstromnetzen unter besonderer Berücksichtigung der Berliner Verhältnisse. *1450.
Smurow, A., Experimentelle Untersuchung des Einflusses magnetischer Felder auf die dielektrische Festigkeit von Isolatoren. *1459.
— Experimentelle Untersuchung des Alterns von Transformatorenölen. *1515.
Storch, P., Die Fernschreibmaschine als neuzeitliches Verkehrsmittel. *1388.
Tama, M., Die Verwendung von Kondensatoren zur Verbesserung des Leistungsfaktors unter besonderer Berücksichtigung praktischer Erfahrungen. *1227. Bespr. 1248.
Wallich, Herstellung von Kappenisolatoren und ihr Schutz gegen Lichtbogen großer Leistung. 1757.
Weber, E., Was ist Streuung und wie berechnet man sie? *1221. *1267. Bespr. 1280. B. 1636.

Ausschuß für Einheiten und Formelgrößen (AEF).

Magnetische Größen und Einheiten, welche von der Vollversammlung der IEC in Skandinavien 1930 angenommen worden sind. *1418.
Formen der elektrischen Entladung in Luft von Atmosphärendruck. E. 1470.
Benennungen in der Akustik. E. 1474.
Einheit der Frequenz. 1730.
K. Strecker und der AEF. Von H. Görges. 1760.

Fremde Vereine und Verbände.

(S. a. Abt. A I, Kongresse u. Sitzungskalender.)

Dt. Beleuchtungstechn. Gesellsch. 1643.
Dt. Gesellsch. f. Metallkunde. 1278. 1754.

Digitized by Google

Gesellsch. dt. Ingenieurinnen. 1567.
Südwestdeutsche Lichttechn. Ges. e. V. 1208.
Techn.-Literar. Gesellsch., Berlin. 1629.
Verein Beratend. Ingenieure. 1629. 1662.
Verein deutscher Ingenieure. 1499.
— Verein z. Überwachung d. Kraftwirtschaft d. Ruhrzechen. 1785.

V. Geschäftliche Mitteilungen.

Ankurbelungsaufträge, Verpflichtungen bei —. 1124.
ASEA, Die Konzession der — in der UdSSR. 1284.
Außenhandel (auch Marktverhältnisse, Handelsabkommen usw.).
— Deutschland 1930 (V) 1023. (VI) 1155. (VII) 1347. (VIII) 1443. (IX) 1571. (X) 1703.
— Deutschland (Der elektrotechnische Spezialhandel im 1. Halbjahr 1930). 1380.
— Belgien. 1412.
— Dänemark. 1316.
— England 1930 (IV; V) 992. (VI) 1220. (VII) 1412. (VIII; IX) 1604. (X) 1732.
— Frankreich. 1284.
— Italien. 1764.
— Japan. 1732.
— Schweden. 1788.
— V. S. Amerika 1930 (I; II; III) 992. (IV) 1124. (V) 1188. (VI) 1412. (VII) 1571. (VIII) 1668. (IX) 1703.
Brown, Boveri & Cie. AG., Baden (Schweiz). 1252.
Customer Ownership-System, Das nordamerikanische — im Jahr 1929. 1668.
Elektroindustrie.
— Elektroindustrie und Elektroaußenhandel Dänemarks. 1316.
— Die deutsche Elektroindustrie im 2. Vierteljahr 1930. 1124; im 3. Vierteljahr 1930. 1507.
— Aus der französischen Elektroindustrie. 1124.
— Die Elektroindustrie Frankreichs im Jahr 1929. 1540.
— Aus der nordamerikanischen Elektroindustrie. 1443. 1788.
— Aus der schwedischen Elektroindustrie. 1284.
— Aus der ungarischen Elektroindustrie. 1220.
— Export und Inlandabsatz der Elektroindustrie. 992.
— Finanzfragen der deutschen Elektrowirtschaft. 1476.
— Die Verteilung der Elektroindustrie in Deutschland 1925. 1764.
Elektroporzellan, Der Markt des —. 1056.
Geschäftswelt, Aus der —. 992. 1056. 1155. 1284. 1316. 1412. 1508. 1571. 1703. 1764.
Glühlampenindustrie, Aus der —. 1347.
Graphit, Sibirischer — als Rohstoff für elektrotechnische Erzeugnisse. 1220.
Kraftfahrzeuge, Der elektromotorische Antrieb von — in Deutschland 1930. 1476.
Kraftmaschinen, Erzeugung, Verwendung von und Außenhandel mit —. 1188.
Leuchtmittelindustrie, Aus der —. 1023.
Lichtreklame, Elektrische — in den V. S. Amerika. 1764.
Maschinenfabrik Oerlikon. 1636.
N.-E.-Metallwirtschaft, Die — im Jahr 1929. 1732.
Österreichische Elektrizitätsgesellschaften, Ergebnisse —. 1604.
Preise.
— Neue Preise des Leitungsdrahtkartells. 1124.
— Metallpreise (2. Vierteljahr 1930). 1088. (3. Vierteljahr 1930). 1507.
— Preissenkungen. 1636. 1668.
Reparationssachlieferungen, Die Gestaltung der —. 1540.
Schwachstromindustrie der UdSSR. im Wirtschaftsjahr 1928/29, Die —. 1316.
Vorgänge im Ausland. 1023. 1380. 1412. 1476. 1764.

Digitized by Google

B. Namenverzeichnis.

Die Verfasser von Büchern sind nicht in diesem Verzeichnis, sondern unter Abteilung A III des Sachverzeichnisses aufgeführt. Persönliche Nachrichten siehe unter Abteilung A II.

Zeichenerklärung: * = größerer Aufsatz. — Brf. = Brief an die Schriftleitung. — Lit. = Buchbesprechung. — B. = Berichtigung. Bespr. = Besprechung. — Die Zeichen *, Brf., Lit., B. und Bespr. stehen vor der Seitenzahl.

Die Umlaute ä, ö ü und ae, oe, ue sind wie die einfachen Laute a, o, u behandelt; Worte mit Umlauten sind den gleichartigen Worten mit einfachen Lauten nachgestellt.

Adam, J. M., Genauigkeit der Zeitmessung in frequenzgeregelten Netzen. 1657.
AEG, Fabriken Brunnenstraße, Wälzlager für Elektromotoren. 1300.
Albrecht, C., Die deutsche Elektrizitätswirtschaft im Jahr 1929. *1586.
— Die Energiewirtschaft der Welt in Zahlen. *1720.
Albrecht, H. (Rezens.), M. Seidner, Energiewirtschaft. 1346.
Alemany, G., Kontrollschaltung für Hochspannungszähler. 1434.
Altschul, E., Hebebrücke mit Antrieb durch Einphasen-Kommutatormotor. 1527.
Anderson, G. R., Schreibender Drehmomentmesser f. Motoren. 1657.
Andronow, A., u. A. Witt, Zur Theorie des Mitnehmens nach van der Pol. 1597.
Apt, R. (Rezens.), H. Heinzelmann, Die elektr. Kabel. 1154.
— (Rezens.), C. L. Weber †, Erläut. z. d. Vorschriften f. d. Errichtung v. Starkstromanlagen m. Betriebspann. unter 1000 V. 1731.
Ardenne, M. v., Kompensation der Verstimmung in der Rückkopplungsschaltung. *1060.
— Vielfachrundfunk auf einer Ultrakurzwelle. *1619.
— Eine Methode zur Schaffung guter Empfangsverhältnisse für den Rundfunk in der Großstadt. 1632.
Arndt, K. (Rezens.), E. Hatschek, Die Viskosität d. Flüssigkeiten. 1087.
Arndt, W., Beleuchtungswertung mit Hilfe der Raumhelligkeit. 1049.
Arnold, A. G., Die elektrowirtschaftliche Bedeutung der Werkstatt-Lichtwerbung. *1288.
— Anteil der Beleuchtung und der Elektrogeräte am Stromverbrauch im Haushalt. 1786.
Arnold, A. H. M., Prüfung von Stromwandlern. 1687.
Arnold, H. M., Theorie der Verluste im Bleimantel von Einleiterkabeln. 1561.
— Die Scheinwiderstände einer aus Einfachkabeln in einer Ebene bestehenden Drehstrom-Kabelanlage. 1562.
Aronoff, S., u. D. A. Young, Stroboskopische Zählereichung. 1340.
Askania-Werke AG., Kesselreglung. Brf. 1634.
Atherton, A. L., s. A. Matthias.
Axmann, Uviol-Glühlampe und Strahlenbehandlung. *1514.

Baader, Über die Baadersche Bestimmung der Alterungsneigung von Isolatorölen. Brf. 1154, 1442.
Bailey, R. A., s. C. B. Platt.
Baltzer, J., Uhrenanlagen mit kurzzeitiger Pendelsynchronisierung und Elementbetrieb. 1782.
Bärnholdt, Zur Elektrizitätsversorgung Norwegens. 1375.
Bäseler, Optisch-elektrische Zugbeeinflussung. 1244.
— Eine mechanisch-elektrische Zugbeeinflussung. 1344.
Bauer, K. H., Experimentelle und histologische Untersuchungen über die Blutstillung durch Hochfrequenzstrom. 1017.
Bauer, W. (Rezens.), C. v. Eicken, Methoden z. experiment. Schädigung des Gehörorgans durch Schalleindrücke. 1603.
— (Rezens.), F. Trendelenburg, Elektr. Methoden zur Klanganalyse. 1603.
— (Rezens.), P. S. Rini, La solution gén. du problème d. dimensions économ. maxim. d'une conduite forcée en métal. 1787.
Bay, O. H., Die amerikanischen Sicherheitsvorschriften. 1017.
Beaver, C. J., Die Bedeutung des Bleimantels beim Hochspannungskabel-Durchschlag. 1723.
Beavis, E. A., Normale Spannungsprüfung von Hochspannungskabeln. 1045.
Bechtold, K., s. H. Folkerts.
Beck, F., Rohrkamera. 1084.
Becker, G., Deutschlands Elektroaußenhandel im Rahmen des Welt-Elektroaußenhandels. *1302. B. 1348, 1476.
Beckmann, H., Das mikroporöse Gummidiaphragma für Akkumulatoren. *1605.
Behrens, H. (Rezens.), M. Hottinger u. W. v. Gonzenbach, Die Heiz- u. Lüftungsanl. in d. verschied. Gebäudearten. 1123.
Beier, E., Der Springschreiber T 30. *1323.
Belani, E., Das „Safir"-Lichtpausverfahren. 1598.
Berger, K., Beobachtung von Gewitterüberspannungen mit dem Kathodenoszillographen. 1308.
— u. H. Habich, Kurzschluß- und Erdschluß-Abschaltungen in einem Bahnnetz. 1652.
Bernhard, J. M., Kletterkatzen für Greiferdrehkrane. 1404.
Bertram, A., H. Nölkensmeier u. A. Schiffer, Gleislose elektrische Bahnen. 983.
Besold, H., u. O. Müller, Neuerungen für den Betrieb von Drehstrom - Niederspannungs - Maschennetzen. *953.
Betz, Elektrische Hupenanlage für die Alarmierung eines Eisenbahn-Hilfszuges. 1109.
Blamberg, E., u. K. Müller, Temperaturkompensation bei Elektrolyten. 1408.
Blaeß, V. (Rezens.), F. Auerbach u. W. Hort, Handb. d. phys. u. techn. Mechanik. 1023.
Block, Die Elektrizitätsgesetzgebung der Kulturländer der Erde. Nach G. Siegel. Lit. 1204.
Bonin, H. (Rezens.), H. Dubbel, Taschenbuch f. d. Maschinenbau. 1603.
— (Rezens.), F. Seufert, Bau u. Berechn. d. Dampfturbinen. 1635.
Born, F., Bericht über die internationale Tagung des Studienkomitees für Flugverkehrsbeleuchtung in Berlin. *1202.
— Zur Photometrierung von Automobilscheinwerfern. *1239.
— Die neue Verordnung über den Kraftfahrzeugverkehr. *1555.
— Die Elektrotechnik auf dem Internationalen Luftfahrtkongreß im Haag. *1618.
— Beleuchtungsanlagen auf Flugzeugen. 1626.
Borries, B. v., s. M. Knoll.
Bosse, H., Elektrische Gichtgasreinigung. 1081.
Brenner, P., Zur Korrosionsfrage bei Aluminium. 1278.
Brenzinger, M., Ein Kathodenstrahl-Oszillograph zur Aufnahme periodischer Vorgänge. 1625.
Breuer, M., Die elektrische Beleuchtung von Gepäckwagen. 1658.
Brüche, E., Experimente zu Störmers Polarlichttheorie. 1748.
Buddenberg, Lichttagessignale bei der Reichsbahn. 1342.

Digitized by Google

Büge, M., Über punktweise Aufnahme quasistationärer Vorgänge. 1567.

Buller s. Schurig.

Burstyn, W., Aus der Großen Deutschen Funkausstellung und Phonoschau, Berlin 1930. *1446.

Busch, C. v. d., Über die Grenzen der Befugnis kommunaler Elektrizitätswerke zur autonomen Gestaltung ihrer Lieferungsbedingungen. 1052.
— Das Reichsgericht zur Frage der Stromabsperrberechtigung. 1052.
— Bewertungsgrundsätze für die Kraftwerksanlagen bei zeitlicher Begrenzung der Betriebsdauer. 1312.
— Über die steuerliche Behandlung der einem Elektrizitätsverbande gegebenen Mitgliederdarlehen. 1312.
— Stromlieferungsvertrag. Mangelhafte Stromlieferung. Verjährung von Ansprüchen aus dem Vertrage. 1467.
— Grobfahrlässige Brandstiftung, begangen durch Nichtbeachtung elektrotechnischer Sicherheitsvorschriften. 1468.
— Strompreiserhöhung und § 138 BGB. 1631.
— Der Rechtscharakter der Gebühr für den Anschluß an das Leitungsnetz. 1631.
— Steuerliches bei Übertragung des Vermögens eines Elektrizitätswerkes im ganzen. 1755.
— Zur Frage der Körperschaftsteuerpflicht der Elektrizitätsgenossenschaften. 1756.
— (Rezens.), R. Blum, Die Rechtskunde d. Ingenieurs u. Kaufmanns. 991.
— (Rezens.), W. Coermann, Rechts-Taschenbuch f. d. gesamte Elektrizitätswesen. 1379.

Buth, Das Wünschelrutenproblem — ein elektrisch-physiologischer Vorgang. *1171. 1691.

Carius, C., Erkenntnisse über den Korrosionsvorgang aus der Korrosion gekupferten Stahles. 1278.

Carpenter, M., Der Stromverbrauch nordamerikanischer Haushaltungen im Jahr 1929. 1630.

Chocholin u. Heider, Das Fernkabel Prag—Wien. 1374.

Cissna, L. J., Fernbedienung einer Gruppe von Synchronmotoren. 1147.

Cobb, A. E., Stromwandler für thermische Relais. 1209.

Cöhn, A., Delon-Schalter für Motoren. Brf. 1217.

Cornelius, P., Die Gleichstromleistung des Glühkathodengleichrichters. *1667.

Cox, J. B., Hauptbahnelektrisierung in Mexiko. 1371.

Craemer, P., Das Weltfernsprechnetz in seinen geographischen Bedingtheiten. 1210.

Crämer, R., Öltransformatoren für 1 Mill V gegen Erde in einer Stufe. 1751.

Cron, H., Delon-Schalter für Motoren. Brf. 1217.

Curtis, H. L., Abschirmung elektrischer Meßgeräte. 1749.

Daly, C. J., s. Rochmann.

Davis u. Eddy, Hochspannungskabel-Probleme. 1623.

Dehn, N., Die Elektrizitätswirtschaft der UdSSR. im Jahr 1928/29. 1630.

Deutsch, W., u. W. Hoß, Die Erzeugung von hochgespanntem Gleichstrom aus Drehstrom. *1480.

Deutsches Kommittee der IEC, 7. Volltagung der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) in Skandinavien vom 27. Juni bis 9. Juli 1930. *1349. *1381. *1413.

Deutschmann, W., Zur Frage der Kennzeichnung von Fernsprechübertragungssystemen. *1543.

Dieckmann, M., Eisengeschlossenes Zeiger-Dynamometer. 1243.

Dinapoli, D. P., Selbsttätige Wasserspiegelregelung für Stauwerke. 1776.

Dittrich, F., Gleichmäßigkeit des Ganges von Webstühlen und der Wirkungsgrad der Motoren. *1328.

Dohmen, Neue Fernkabel in Deutschland. 983.

Dohrn, K., Internationaler elektrischer Stromaustausch. *1607.

Dorn, W., Die Funkabschirmung an Flugmotoren. *1610.

Draeger, K., Überschlagspannung und Lichtbogen-Schutzvorrichtungen bei Isolatorenketten. *1097.

Draub, L., Verstärkeroszillograph. Brf. 1022.

Dresler, A., Beleuchtungswertung mit Hilfe der Raumhelligkeit. 1049.

Dreyfus, L., Zur Konstruktion und Berechnung der Dämpferanordnung des synchronen Einankerumformers. 1077.

Dupouy, M. G., Apparat zur direkten Messung magnetischer Feldstärken. 1173.

Dyer, L. W., Delon-Luft- und Ölschalter. 1624.

Dziobek, W., Kommissionsarbeiten der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft. 1644.

Eddy s. Davis.

Edler, H., Die Fortpflanzung von Rechtecksignalen in Kabeln. 984.
— Über elektrische Gasreinigung. *1705.
— Über die Druckabhängigkeit der Durchschlagspannung bei dielektrischen Flüssigkeiten. 1753.

Eggers, Elektrische Fernsteuerung von Wasserrohrschiebern. 1656.

Elliman, E. A., u. R. W. Fraser, Künstliche Verkehrsmessungen in selbsttätigen Fernsprechanlagen. 1497.

Elmen, G. W., Magnetische Legierungen aus Eisen, Nickel und Kobalt. 1114.

Energieversorgung Groß-Dresden AG., Das Pumpspeicher-Kraftwerk Niederwartha. *1025. *1069.

Engel, W., Steuerung für Greiferhubwerke. 1344.

Engels, H. (Rezens.), A. Ludin, Die nordischen Wasserkräfte. 1086.

Ermolaev, A., Untersuchung des Skineffekts in Drähten mit komplexer magnetischer Permeabilität. 1307.

Erste automatische Gußstahl-Kugelfabrik, Wälzlager für Elektromotoren. 1301.

Escher, M. (Rezens.), Gemeinfaßl. Darstell. d. Eisenhüttenwesens. 1283.

Estorff, W., Chemisch-technologische Arbeiten im Dresdner Dielektrischen Institut. Brf. 1086.

Everling, E. (Rezens.), F. Wittenbauer, Aufgaben a. d. Techn. Mechanik. 1667.

Ewan, A. W., Kurven zur Berechnung des Skineffektes in Hohlleitern. 1338.

Fabinger, Temperaturanstieg in elektrischen Maschinen. Brf. 1731.

Faßbender, H., Jahresbericht 1930 der Abteilung für Funkwesen und Elektrotechnik der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt e. V., Berlin-Adlershof. *1525.

Fauth, E., Zusatzisolator für Hochspannungsisolatoren. Brf. 1506.

Faye-Hansen, K., Die Berechnung von eisenlosen Drosselspulen. Brf. 1378.
— Über die Stromdichte in Transformatorwicklungen. 1463.
— Über den maßgebenden Leistungsfaktor eines Gleichrichters. Brf. 1762.

Feldmann, C., Elektrische Boden- und Luftheizung und elektrischer Frostschutz in Treibbeeten und Treibhäusern. *1449.
— (Rezens.), M. Klein, Kabeltechnik. 1346.
— (Rezens.), W. Petersen, Forschung u. Technik. 1378.

Fender, W. (Rezens.), E. Fick, Aufgabensamml. über Differentialgleichungen. 1123.
— (Rezens.), W. Blaschke, Vorles. über Differentialgeometrie u. geometr. Grundl. v. Einsteins Relativitätstheorie. 1475.

Finne, E., Industrielle Wasserkraftanlagen in Norwegen. *1011. 1375.

Fischer, A., Allgemeines Verfahren zum Entwerfen von graphischen Rechentafeln, insbesondere von Fluchtlinientafeln. 1151.

Fischer, K., Über Versuche mit Induktionskondensatoren. *1765.
— Das Doppelsternkabel München—Augsburg. 1343.

Flegler, E., s. W. Rogowski.

Folkerts, H., u. K. Bechtold, Wirtschaftlichkeit der Bandförderung im Steinkohlenbergbau. 1626.

Franck, S., Das Minimum der Durchbruchfeldstärke. 1151.
— Das Kugelfeld bei beliebigen Phasenverschiebungen der Spannungen. 1627.

Frank, Fr., Studien über Isolieröle. 1309.

Franke, W., Amerikanischer Eimerseilbagger. 1015.

Friedrich, A., Die englische Elektroindustrie in der Wirtschaftskrise. *1653.

Fritsch, W., Gleichstrom-Hochspannungs-Kleinbahn. 1175.

Fritz, J. C. (Rezens.), E. Preger, Spanlose Formung. 1703.

Frühling, H. G., 18. Jahresversammlung der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft in Potsdam. *1643.

Gaertner, A., u. L. Schneider, Beleuchtung als Mittel zur Rationalisierung im Bergbau. 1625.

Gehle, H., Elektrischer Hobelmaschinenantrieb. 1406.

Geise, H., u. W. Plathner, Über die Einwirkung des Doppelerdschlußstromes auf benachbarte Fernmeldeleitungen. *1360.

Geldermann, A., Verkehrsentwicklung und Untergrundbahn-Unternehmungen in Buenos Aires. *1329.

Gemant, A., Oszillographie der Ströme in Isolierstoffen. 1499.

Genissieu, E., Erzeugung und Verteilung elektrischer Arbeit in Frankreich 1927. 1567.

Germershausen, W., Batterieladung und -pflege durch neuzeitliche Oxyd - Glühkathoden - Gleichrichter. *1257.

Digitized by Google

Gerth, F., u. W. Scheppmann, Untersuchung über die Ausbreitungsvorgänge ultrakurzer Wellen. 1278.

Gerthsen, F., Kanalstrahlen. 1748.

Geyger, W., Die Anwendung des komplexen Wechselstromkompensators bei geoelektrischen Untersuchungen. 1078.

— Ein komplexer Wechselstromkompensator für höhere Spannungen. 1496.

— Über Spannungspfad-Schaltungen für eisenlose elektrodynamische Präzisions-Leistungsmesser. 1564.

Ghisler, G., Beitrag zur Berechnung der stationären Erwärmung von Transformatorspulen. *1580.

Gibson, N. R., Die Wasserkraftanlagen am Niagara. 1169.

Gier, J. R., Kompaß mit Kobaltstahl-Magneten. 1563.

Giesecke, Telegraphie im Fernkabelnetz. 1176.

Gilli, P., Der wirtschaftlichste Dampfdruck. 1114.

Glaser, A., Bau eines großen Elektromagneten. 1496.

Göler, v., Die Leuchtröhren in der Photometrie. 1644.

Görges, H., K. Strecker und der AEF. 1760.

Gosebruch, W. (Rezens.), R. O. Kapp, Electrical Transmission and Distribution. 1187.

— (Rezens.), Irrigación en México. 1667.

Gouffé, A., Die Berechnung der mittleren Beleuchtungstärke von Straßenbeleuchtungsanlagen. 1435.

Grant, L. C., Die Unterbrechung hoher Leistungen und ein neuer Ölschalter mit Lichtbogenunterdrückung. 979.

Grätzmüller, L., Stromrückgewinn bei Gleichstrombahnen. 1659.

Graul, F., u. L. Kumlik, Beitrag zur Untersuchung der Einschaltzeiten von Ölschaltern. *1675.

Gravier, G., s. F. Montandon.

Grinsted, W. H., Ein Rechenschieber für das Rechnen mit komplexen Größen. *1401.

Grix, W., Verwendung unvollständiger Lichtbilder und unvollständiger Skizzen bei Vorträgen. 1108.

Grob, H., Die elektrische Spannungsregelung mittels Kohledruck-Widerständen. *1717.

Gröbl, J., Die Dehnungsarbeit an Seilen. *1669. *1713.

— Die Drehungsarbeit an Seilen. 1687.

Gründig, K., s. Schütz.

Grünwald, E., Reduktionen, Magnetisierungstrom und Streureaktanz beim Transformator. 980.

Grützmacher, M., Über den Klirrfaktor langer Fernkabelleitungen. 1660.

Gunolt, O., Über die Energieumwandlung Wärme—Elektrizität. *1363.

Gyemant, A., Dielektrische Verluste und Durchschlag in porösen Isolierstoffen. 1627.

György, K., s. R. Wicar.

Haas, R., Deutsche Stromwirtschaft. Brf. 1121, 1122.

Haberland, G. (Rezens.), R. Krause, Kurzer Leitfaden d. Elektrotechnik. 1539.

— (Rezens.), K. Schmidt u. W. Volkmann, Elektr. Maschinen. 1635.

— (Rezens.), K. Gruhn, Anfangsgr. d. Wechselstromtechnik. 1666.

Habich, H., s. K. Berger.

Hak, J., Die Berechnung von eisenlosen Drosselspulen. Brf. 1376.

— Induktivitäts- und Kräfteberechnung für eisenlose kreisrunde Spulen mit parallelen Achsen. *1489.

Haldane, T. G. N., Wirtschaftlichkeit der elektrischen Heizung mittels Wärmepumpen. 1565.

Halperin, H., Amerikanische Betriebstatistik über Hochspannungskabel für das Jahr 1928. 1463.

— u. K. W. Miller, Verkleinerung der Verluste im Bleimantel von Einleiterkabeln. 1589.

Hamel (Rezens.), R. Courant, Vorles. über Differential- u. Integralrechnung. 1187.

Hamm, A., Zur Wirtschaftlichkeitsberechnung von Fernleitungen. *1419.

— (Rezens.), Jahrbuch d. Brennkrafttechnischen Gesellschaft. 1507.

Hammerer (Rezens.), Die techn. Entwickl. d. Motoren u. ihre Steuerungen f. aussetz. Betrieb. 1570.

Hammerschmidt, W., Beitrag zur Kenntnis der Ausgußmassen für Transformatoren. 1438.

Hana, F. L. (Rezens.), A. L. Bernoulli, Physikal.-chem. Praktikum. 1187.

Harbich (Rezens.), H. Thurn, Die internat. Reglung d. Funktelegr. u. -telephonie. 1251.

Harley, L. S., s. B. Hodgson.

Hartig (Rezens.), F. Raskop, Die Instandsetzungen an elektr. Masch. u. Transf. 1250.

Harz, H., Erregung von läufererregten Kommutator-Hintermaschinen (Drehstrom-Erregermaschinen) bei ungeeigneter Netzfrequenz. *1615.

Hasenberg, W., Beseitigungsmaßnahmen bei Rundfunk-Empfangstörungen. *1523.

Heider s. Chocholin.

Heimberger, R., Die Messung von Durchhängen. *1241.

Heinrich, A. J., Zur Kennzeichnung von Beleuchtungsanlagen. 1362.

Heinrich, R., Die elektrische Gasreinigung und ihre Anwendung in den wichtigsten Industriezweigen. *971.

Held, S., Neue optische Gesamtstrahlungspyrometer. 1752.

Hellmann, H., Bewertung von Beleuchtungsanlagen. 1174.

Herbatschek, O., Elektrische Pflanzenbelichtung. 1100.

Herczeg, A., Verlustwinkel- und Wirkungsgradmessungen mittels des thermischen Wattmeters. Brf. 1315.

Herrmann, H., s. R. Jaeger.

Herzfeld, H., Übereinkommen zwischen dem Deutschen Reich und Österreich über gewerblichen Rechtsschutz und Urheberrecht. 1534.

— Beitritt der Türkei zu den Haager Abkommen. 1535.

— Erhöhung der Gebühren des nordamerikanischen Patentamts. 1535.

— Deutsch-Persisches Abkommen über d. gegenseitigen Schutz v. Patenten, Warenzeichen, Mustern und Werken der Literatur und Kunst. 1535.

— Gegenseitigkeitserklärung bezüglich Warenzeichen in Litauen. 1535.

— Zahlung rückständiger Jahresgebühren für luxemburgische Patente. 1535.

— (Rezens.), F. I. Schechter, Die Grundlage d. Warenzeichenschutzes. 1023.

— (Rezens.), Millenets Patent-Tabelle. 1251.

— (Rezens.), Richards u. Geier, Das amerik. Patent-, Muster- u. Warenzeichenrecht. 1788.

Heyden, v. d., u. Typke, Ein Vorschlag zur Ausgestaltung der Transformatorenöl-Prüfung. *1137.

Heyland, A., Selbsterregte mehrphasige Reihenschluß-Erregermaschinen und die Rolle ihrer Ständerwicklungen. *1545.

— Das Kreisdiagramm. Brf. 1282.

Hodgson, B., L. S. Harley u. O. S. Pratt, Die Entwicklung der Oxydkathode. 1405.

Hofmann, A. (Rezens.), Quantz, Wasserkraftmaschinen. 991.

Hoho, P., Erhitzung von Metallen im elektrolytischen Bad. 1113.

Holz, W., Kann ein Radioempfänger die zu bestimmten Zeiten festgesetzten Sendungen auch selbsttätig aufnehmen und aufbewahren? 1402.

Holzer, W. (Rezens.), F. W. Peek, Dielectric Phenomena in High-Voltage Engineering. 1122.

— s. C. Stoerk.

Honigmann, E., Österreichs Elektroindustrie im Jahre 1929. *1684.

Höpfner, K., Die neuere Entwicklung von Betrieb und Technik im amerikanischen Fernsprech-Weitverkehr. 1437.

— Neuere Entwicklung von Betrieb und Technik im amerikanischen Fernsprech-Weitverkehr. *1573.

Hoß, W., s. W. Deutsch.

Housley, J. E., Ein einfacher Kabeltransportwagen. 1727.

Huber-Stockar, E., Die Wirtschaftlichkeit des elektrischen Betriebes der Schweizerischen Bundesbahnen im Jahre 1929. *1037.

Hudec, E., Erzwungene Kippschwingungen und ihre technischen Anwendungen. 1150.

— Über eine Anordnung zur absoluten Drehzahl- und Frequenzmessung, insbesondere für Eichzwecke. *1322.

Imhof, A., Zur Entwicklungsgeschichte elektrostatischer Hochspannungs-Voltmeter. 1111.

Inge, L., u. A. Walther, Durchschlag von flüssigen Isolatoren. 1306.

— Feldverteilung und Durchschlagspannung von festen Isolatoren. 1661.

Irion, O., Kupferoxydul-Trockengleichrichter. *993.

Jacobs, Entwicklung eines Thermostaten für Kristallerregung und seine Anwendung im Gleichwellen-Rundfunk. 1748.

Jaeger, R., u. H. Herrmann, Messungen mit extrem harten Röntgenstrahlen. 1749.

Jahns, H., Wirtschaftlichkeit der Förderung in Abbaustrecken bei steiler und bei flacher Lagerung. 1781.

Jehle, H., Welche Leistung wird durch den Luftspalt einer elektrischen Maschine übertragen? *976.

— Temperaturanstieg in elektrischen Maschinen. *1166.

Jessen s. Schütz.

Johnson, J. B., Aufzeichnung der Hysteresisschleife mit der Braunschen Röhre. 1276.

Jost, R., Durchschlagfestigkeit einiger fester Isolierstoffe bei Beanspruchungen von langer bis zu ganz kurzer Dauer. 1374.

Jumau, L., Die elektrischen Elemente nach dem Stand der letzten französischen Patente. *1040.

Kammerer, E. R., Die Elektrizitätswirtschaft Niederländisch-Indiens. 1213.

Digitized by Google

Kammerer, O. (Rezens.), R. Herrmann, Evolventen-Stirnradgetriebe. 1283.
— (Rezens.), R. Hänchen, Sperrwerke u. Bremsen. 1411.
— (Rezens.), A. E. Müller, Verluste d. Riementriebe bei Verwend. kleiner Scheiben. 1539.
Kapp, R. O., Der zweite Jahresbericht des englischen Zentralamtes. 1246.
Kastalski, A., Kabelkasten oder Schaltschrank? Brf. 990.
Kehoe, A. H., Kosten der Stromverteilung in Amerika. 1409.
Keinath, G., Zur Frage der Mindestleistung der Meßwandler. *1738.
Keller, M. L., Die Übertragung großer Leistungen. 1337.
Kettner, K., Scherung von Magnetisierungskurven. 1567.
Kiebitz, F., Ergebnisse der im April 1929 bei den Berliner Rundfunkteilnehmern gehaltenen Umfrage über die Empfangsverhältnisse. *1142.
Kircher, W., Zur Projektierung von Lichtreklameanlagen. 1332.
Kirsch, Elektrischer Kleinofen für Kupfer-, Messing-, Silber-, Gold-, Aluminium-, Blei- und Weißmetallschmelzen. 1436.
Kirschstein, F. (Rezens.), A. Korn, Elektr. Fernsehen. 1634.
Kitchin, D. W., Leistungsfaktor und Dielektrizitätskonstante in viskosen Dielektriken. 1177.
Klein, E., Auswahl der Transformatorenschaltung in Kraftübertragungsnetzen. Nach W. A. Taylor. 1724.
Klewe, H., Die Gegeninduktivität von Leitungen mit Erdrückleitung. 1407.
Knoblauch, H., s. M. Knoll.
Knoll, M., Photographische Aufnahmetechnik beim Kathodenstrahl-Oszillographen. 1749.
— u. H. Knoblauch u. B. v. Borries, Fortschritte am Kathodenstrahloszillographen durch Dauerbetrieb mit Metallentladungsröhren u. durch Außenphotographie sehr kurzzeitiger Vorgänge. *966.
Knösel, E., Messung der elektrischen Scheinleistung. 1530.
Knott-ter Meer, I., Gesellschaft deutscher Ingenieurinnen. 1567.
Kohl, K., Kurzwellen. 1596.
Kölsch, Der elektrische Nachrichtendienst der Luftfahrt. 1752.
Koepchen, A., s. C. Th. Kromer.
Koppelmann, F., Über den Durchschlag von Isolierölen. *1457.
Körblein, A., Messung von veränderlichen Stromwerten mittels Glimmlampen. *1486. Brf. 1704.
Körfer, C., Belastungsgebirge eines Zechenkraftwerkes. *1157. B. 1412.
Korndörfer, M., Gedanken bei der Berechnung von Transformatoren. *1674.
Kostenko, M. P., Die mehrphasigen Kommutator- und Induktionsmaschinen als Sonderfälle des „allgemeinen Transformators". 1656.
Koetzold, B., Wetterberatung bei der Betriebsführung großer Hochspannungsnetze. *1189.
Kraft, A., Das Kraftwerk Wäggital (Schweiz). *1552.
Kral, H., s. St. Kriz.
Kraska, W. (Rezens.), C. Körfer, Vorschr., Verordn. u. Verfüg. über die Errichtung v. elektr. Schachtsignalanlagen im Oberbergamtsbezirk Dortmund. 1154.
— (Rezens.), Meyers Lexikon. 1571.
Krauß, K., Arbeitspeicher in den Alpen. Brf. 1441.
Kriz, St., u. H. Kral, Der Einfluß des Ofenalters auf die Schmelzungsdauer und den Energieverbrauch. 1111.
Krohne, K. (Rezens.), K. Schneidermann, Der Einfluß mangelhaft. el. Anlagen a. d. Feuersicherheit bes. in d. Landwirtschaft. 1666.
Kromer, C. Th., Die Elektrizität in Elsaß und Lothringen. Nach M. Klein. 1599.
— Das RWE in der deutschen Elektrizitätswirtschaft. Nach A. Koepchen. 1692.
Kruckow, A. (Rezens.), F. Lubberger, Die Fernsprechanl. m. Wählerbetrieb. 1086.
Krug, W., Über die Stufe im Funkendurchbruch nach neueren Aufnahmen mit dem Kathodenstrahl-Oszillographen. 1784.
Krüger, F., Untersuchungen über Schwunderscheinungen bei kurzen Wellen. 1749.
Kudrna, B., Nutenlose oder Hochspannungs-Synchronmaschine. 1433.
Kühnert, M., Deutsche Stromwirtschaft. Brf. 1121, 1122.
Kuehni s. Schurig.
Kumlik, L., s. F. Graul.
Küpfmüller, K. (Rezens.), J. R. Carson, Elektr. Ausgleichsvorg. u. Operatorenrechnung. 1570.
Kurth, J., Licht- und Temperaturschwankungen wechselstromdurchflossener Glühlampen. 981.
Kurz, E. (Rezens.), F. Bergtold, Grundbegr. d. Elektrotechnik. 1283.
Kyser, H., Versuche mit dem Siemens-Westinghouse-Impedanzschutz im Thüringenwerk. 1369.
— Die Saale-Talsperren. *1477.

Lampert, W., Oberwellen doppelter und bruchzahliger Frequenz in Drehstromnetzen mit ΔΔ-Transformatoren und geerdetem Nullpunkt. 984.
Lang, F., Die Berechnung der Verstärkertransformatoren. *1637.
Lange, B., Über eine neue Art von Photozellen. 1749.
Langewiesche (Rezens.), R. Albrecht, Stromquellen f. Röhrenempfangsgeräte. 1086.
— (Rezens.), Rundfunk-Jahrbuch 1930. 1187.
— (Rezens.), O. Stürner, Radiotechnik. 1122.
Langguth, s. Marshall.
Langmuir, I., s. S. Sandelowsky.
Lapkamp, K., Verbesserungen in der Herstellung von Kraftpadern. 1496.
Lasswitz, E., Hochbeanspruchte Schmiedestücke im Elektromaschinenbau. 1275.
— (Rezens.), P. Melchior, Aluminium. 1603.
— (Rezens.), Föppl, Becker und v. Heydekampf, Die Dauerprüfung d. Werkstoffe. 1666.
László, F. (Rezens.), F. Rötscher, Die Maschinenelemente. 1667.
Laub, H., Die Messung von hohen Wechselspannungen aus dem magnetischen Feld des Verschiebungsstroms. 1593.
Laudahn, W. (Rezens.), A. E. Thiemann, Kraftstoffe, Verbrennung u. Schweröl-Vergasermotoren. 1731.
Lenz, J., s. W. Schilling.
Le Touzé s. Touzé.
Leybold, P., Neuere Rechentafeln für Zahnräder. 1245.
Linckh, H. E., Erzeugung eines gleichbleibenden Drehmomentes bei Anlaufversuchen. *1101.
Liston, J., Fortschritte in der Flugverkehrsbeleuchtung in den V. S. Amerika. 1146.
Liwschitz, M., Anlauferwärmung von Kurzschlußankermotoren. *962. *1007.
Lohrmann, R. G., Zur Beurteilung von Eisenkernen in der Schwachstromtechnik. 1149.
Loenen Martinet, J. J. W. van, Stromversorgung der elektrischen Bahnen in Holland. 1561.
Lübcke, E., Der 6. Deutsche Physiker- und Mathematikertag in Königsberg i. Pr., 4. bis 7. IX. 1930. *1748.
— (Rezens.), E. Abderhalden, Handb. d. biolog. Arbeitsmethoden. 1087.
— (Rezens.), E. Jarasch, Der Neutrodyne-Empfänger. 1122.
— (Rezens.), H. Reichenbach u. F. Noack, Was ist Radio? 1186.
— (Rezens.), F. Kiebitz, Die elektr. Wellen. 1218.
— (Rezens.), B. Gudden, Lichtelektr. Erscheinungen. 1539.
Lubowsky, K., Zur Energiewirtschaft in warmen und heißen Ländern. 1500.
Lucas, H. J., Entwicklung eines piezoelektrischen Kristalls als Frequenzstandard. 1565.
Luckiesh, M., Die Farbe des Tageslichts. 1111.
— Die amerikanische Sonnenlampe. 1658.
Ludewig, P., Kabelkasten oder Schaltschrank? Brf. 990.
Ludin, A., Arbeitspeicher in den Alpen. Brf. 1441.
— Die Landeselektrizitätsversorgung Uruguays. *1587.
Ludwig, F. (Rezens.), H. Fein, Elektrowerkzeuge, Kleinwerkzeugmasch. m. Einbaumotor u. biegsamen Wellen. 1763.
Lurje, A., Zur Theorie der kurzen Siebketten. 1437.
Lüschen, F., Das einheitliche Fernkabelsystem. 1406.
Lusignan jr., J. T., Untersuchung des Hochspannungs-Überschlags. 1211.
Lütze, O., Eine fahrbare Netztransformatorenstation. 1104.

Machens, K., u. E. Manteuffel, Unterdrückung der selbsterregten Schwingungen von Synchronmaschinen. 1563.
Manteuffel, E., s. K. Machens.
Marguerre, F., Die 100 at-Anlage des Großkraftwerks Mannheim. *1105.
Marshall u. Langguth, Verhalten von Stromwandlern bei Belastungstößen. 1724.
Martin, I. R., Eisenverluste bei hohen Frequenzen. 1211.
Marvin, R. H., s. J. B. Whitehead.
Marx, Erwin, Gleichrichtung sehr hoher Wechselspannungen. *1089.
— Der Durchschlag der Luft im unhomogenen elektrischen Felde bei verschiedenen Spannungsarten. *1161. Bespr. 1183.
Marzahl, H., Kupferpanzerstahl „KPS" als Leitungsbaustoff in Mittelspannungsnetzen. *1395.

Digitized by Google

Masing, G., Zur Entzinkung des Messings. 1754.
Mattern, E., Neuere Großwasserkraftanlagen in Österreich. *1421.
Matthews, B., Elektrisches Pflügen. 1006.
Matthews, J. W., s. A. W. Mershon.
Matthias, A., Amerikanische Stellungnahme zur Blitzschutzfrage. Nach H. M. Towne u. A. L. Atherton. *1143.
— Kondensatorelektrode. 1309.
— Messung der Eigenzeit eines Klydonographen mittels Wanderwellen bekannter Zeitdauer. Brf. 1762.
Maul, M. (Rezens.), R. Feindler, Das Hollerith-Lochkarten-Verf. 1155.
Mayer, R., Selbsterregte Schwingungen in Kreisen mit veränderlichen Selbstinduktionen. *1645. Bespr. 1664.
McCabe, G. B., Über das Eindringen von Wasser in die Isolation von Starkstromkabeln. 1590.
McEachron, K. B., Der Thyrit-Überspannungsableiter. 1307.
Mecke, H. G., Wälzlager für Elektromotoren. 1299. B. 1380.
Megede, W. zur, Schnelle Bestimmung von Abschaltleistung und Dauerkurzschlußstrom. *1708.
Meißner, A. (Rezens.), H. C. Möller, Die Elektronenröhren u. ihre techn. Anwend. 1602.
Meißner, F. (Rezens.), Zweite Weltkraftkonferenz. Generalberichte. 1411.
Meller, K., Einzelantrieb oder Gruppenantrieb von Werkzeugmaschinen? 1016.
— Stromerzeugung und Umwandlung in der Metall- und Holzverarbeitung. 1628.
Mentz, A., Das Fernkabel Emden—Groningen. 1306.
— Der Fernsprechbau in den V. S. Amerika. 1660.
Mershon, A. W., J. W. Matthews u. B. C. Waite, Ein elektrisches Mikrometer. 1435.
Meyern, v., Eröffnung des elektrischen Bahnbetriebes in Costa Rica. 1660.
Michailov, M., Über die Tränkung von Isolierstoffen. *1158.
Michenfelder, C. (Rezens.), H. Bethmann, Die Hebezeuge. 1218.
— (Rezens.), G. v. Hanffstengel, Die Förderung v. Massengütern. 1788.
Miller, K. W., s. H. Halperin.
Montandon, F., u. G. Gravier, Isolierung von Hochspannungsleitungen in der Nähe des Mecres. 1783.
Morse, P. M., Zur Theorie der Gasentladungen. 1211.
Mühlbrett, K. (Rezens.), M. v. Ardenne, Der Bau v. Anoden- u. Heizstrom-Netzanschlußgeräten. 1250.
— (Rezens.), M. v. Ardenne, Mehrfachröhren-Empfänger. 1250.
— (Rezens.), Bd. 1 ... 6 der Radiotechn. Slg. des Deutsch-Liter. Instituts. 1539.
— (Rezens.), A. Eulenhöfer, Wellenmesser. 1602.
— (Rezens.), F. Gabriel, Netzanschlußgeräte f. Wechselstrom-Lichtnetze. 1602.
— (Rezens.), J. Winckelmann, Universal-Schaltungsbuch. 1602.
— (Rezens.), J. Winckelmann, Fünf Hochleist.-Empfänger. 1602.
Müller, Ew., u. Feist, Das dritte Ostpreußenkabel (1929). 1149.
Müller, Har., Das Verhalten der Isolatoren gegen Überspannungen verschiedenen zeitlichen Ablaufes. 1339.
Müller, K., s. E. Blamberg.
Müller, O., s. H. Besold.
Müller-Lübeck, K., Über den maßgebenden Leistungsfaktor eines Gleichrichters. *1193.
Münch, Das Funkfernsprechen mit Schiffen. 1082.
Mungioli, W., Vergleich der Transportkosten elektrischer Arbeit und einiger Brennstoffe. 1311.
Münzinger, F., Einfluß der Ausbildung der Kesselanlage auf die Baukosten von Elektrizitätswerken. 985.
Müthlein, E., Regeleinrichtungen für Hochspannungs-Transformatoren zum Schalten unter Last. 1046.

Naumann, O., Verstärkeroszillograph. Brf. 1022.
Nesper, E. (Rezens.), W. Schrage, Fernsehen. 1602.
Neumann, E., Die neuere Entwicklung der Schnurverstärkertechnik. 1203.
Neustätter, M., Über die Betriebssicherheit der Großfernversorgung. *1366.
Nielsen, H. (Rezens.), A. Güntherschulze, Elektr. Gleichrichter u. Ventile. 1506.
Nölkensmeier, H., s. A. Bertram.
Norris, E. T., Ferranti-Überspannungschutz. 1597.
Nußelt (Rezens.), W. Wien u. F. Harms, Handb. d. Experimentalphysik, Bd. 8, 1. 1635.
Nützelberger, H., u. R. Resch, Diagramm zur Ermittlung des durch Meßwandler entstehenden Fehlers bei Leistungsmessungen in Drehstrom-Dreileiteranlagen. 1625.

Oehler, A. G., Neue Bahnelektrisierungen in den V. S. Amerika. 983.
Ohlmüller, F., Kosten, Raumbedarf und Betriebsergebnisse des Kraftwerkes Plessa des Elektrizitätsverbandes Gröba. *1733.
Oliven, O., Ein europäisches Großkraftnetz. 986.
Ollendorff, F., Kurvenverzerrung durch hochgesättigte Transformatoren. 1495.
— Elektromagnetische Ausgleichvorgänge in geschichtetem Erdreich. 1499.
— (Rezens.), R. Rothe, Höhere Mathematik. 1602.
Ornig, J., Gestehungs- und Betriebskosten von Wasserkraftanlagen. 1663.
— (Rezens.), O. Vas, Grundl. u. Entwickl. d. Energiewirtschaft Österreichs. 1315.
Orrok, G. A., Wirtschaftliches über Wasser- und Dampfkraft. 1728.
Orthmann, A., Eine neue Schnellflechteinrichtung. 1374.
Osnos, M., u. F. Sammer, Eisenverluste von Frequenztransformatoren. 1373.

Palmer, W. T., Fernsprechseekabel England—Irland 1929. 1109.
Paschkis, V., Elektrische Widerstandsöfen für die Eisenhüttenindustrie. 1532.
Pauthenier, Elektrode für Staubniederschlagung. 1644.
Peineke, W., Wälzlager für Elektromotoren. 1298.
Pélabon, H., Detektorwirkung an Metallkontakten. 1210.
Pestarini, J.-M., Ein neues Hochstrom-Amperemeter. 1370.
Peterson, F. S., Beleuchtung im Nachtflughafen Denver. 1725.
Peterson, T. F., Jahresbericht der amerikanischen Kabelkommission. 1146.
Petri (Rezens.). C. H. Dencker u. K. Vormfelde, Anschluß! 1186.
Petritsch, Ingenieurausbildung in Amerika. 1662.
Pfestorf, G., s. G. Zickner.
Philippi, W., Anforderungen und Fortschritte beim Bau elektrischer Fördermaschinen. *1253. *1293. Bespr. 1313.
Pinter, F., Die Gleichungen und das Diagramm der Wechselstromleitung. *1772.
Pirani, M., Lichterzeugung. 1748.
Pistoye, H. de, Neuer konpensierter Asynchronmotor. 1338.
Plathner, W., s. H. Geise.
Platt, C. B., u. R. A. Bailey, Zündwirkung von Öffnungsfunken. 1465.
Plüer, A., Umschaltung in städtischen Gleich- und Drehstromnetzen unter besonderer Berücksichtigung der Berliner Verhältnisse. *1450.
Pohl, R., Stromverdrängung in Statorwicklungen als Wirkung des Stirnstreufeldes. *1195. *1739. Brf. 1475.
Pontecorvo, L., Die Fahrleitung der spanischen Ferrocarriles Vascongados. 1340.
Potthoff, K., Bestimmung der zusätzlichen Verluste in den Mänteln und Bewehrungen von Einleiterkabeln. 1495.
Pratt, O. S., s. B. Hodgson.
Przygode, A., Elektrische Wärmemeßgeräte. 1047.
— Korrosion. 1278.
— Die Untergrundbahn Gesundbrunnen—Neukölln in Berlin (GN-Bahn). *1492.
— (Rezens.), Reichsbahn u. Binnenschiffahrt. 1155.

Radetzki, v., Die neueste Entwicklung der Siemens-Bodenfräse. 1780.
Rahlwes (Rezens.), H. Liebisch, Fachzeichnen f. Elektriker. 1154.
— (Rezens.), Die Entwicklung d. dt. Rundfunks in Zahlen 1923—1930. 1667.
Rappel, E., Stromwärme in Kommutatorfahnen. *1032.
Reeb, O., Die Glühlampe in der photographischen Technik. 1208.
Reglin, G., Kanadas „weiße Kohle“ im Jahr 1929. *1556.
Rehmer, M., u. E. Rühle, Zur Großfernversorgung. *1141.
Reiche, L. v., Elektrische Gichtgasreinigung. 1081.
Reichel, W., Wälzlager für Elektromotoren. 1300.
— Erfahrungen mit elektrischen Wechselstrom-Lokomotiven und -Triebwagen der Deutschen Reichsbahn. *1355.
Reichenbach, H. (Rezens.), A. Sommerfeld, Atombau u. Spektrallinien. 1763.
Reindl, C. (Rezens.), Die Wasserkraftwirtschaft Deutschlands. 1411.
Resch, R., s. H. Nützelberger.
Richter, R., Stromverdrängung in Statorwicklungen als Wirkung des Stirnfeldes. Brf. 1475.
— (Rezens.), E. v. Rziha u. J. Seidener, Starkstromtechnik. 990.
— (Rezens.), K. Töfflinger, Der Einphasen-Bahnmotor. 1315.
— (Rezens.), J. H. Kuhlmann, Design of electrical apparatus. 1635.

Digitized by Google

Rieke, R. (Rezens.), F. Singer, Das Steinzeug. 1787.
Riedlinger, K., Die 55/110 kV-Übertragungsleitung über den Paß Lueg. *1262. *1333.
Rihl, W., Das Fernkabel Paris—Bordeaux. 1465.
Robertson, T. F., Selbsttätige Frequenzregelung. 1370.
Rogowski, W., E. Flegler u. P. Rosenlöcher, Die Schwärzung photographischer Schichten beim Kathodenoszillographen. 1112.
Roehmann, Der Einfluß von Bahngleichrichtern auf Fernmeldeleitungen. Nach C. J. Daly. 1598.
Röhrig, H., Erfahrungen mit Leitungsbaustoffen. 1278.
Rosenlöcher, P., s. W. Rogowski.
Rosental, W., Der Anteil der Wasserkräfte in Polens Energiewirtschaft. 1279.
— Polens Elektrizitätswirtschaft in den Jahren 1926 und 1927. *1431.
Rothe, Steuerungen für Greiferwinden. 1148.
Rothe, R. (Rezens.), W. Blaschke, Vorles. über Differentialgeometrie. 1123.
Rückwardt (Rezens.), F. Brock, Gestehungskosten u. Verkaufspreise elektr. Arbeit. 1635.
Rudolph, H., Aperiodische Verstärkung sowie Richtverstärkung unter Ausnutzung des vollen Verstärkungsfaktors von Elektronenröhren. 1566.
Rühle, E. (Rezens.), J. Waltjen, Entwurf u. Bau v. Schaltanl. f. Drehstrom-Kraftwerke. 1379.
— s. M. Rehmer.
Rupp, E., Anwendung der Elektroneninterferenz zur Strukturanalyse. 1748.
Ruths, J., Das Verhalten asynchron gekuppelter Schwungmassen. *1517.
Ryan, J. J., Auswuchten von Rotoren. 1777.

Salazin, H., Überlastung von Öltransformatoren mit Selbstkühlung. *1317. B. 1412.
Salomon, C., Trägheitslose Zerspanungsmessung an Werkzeugen. 1148.
Sammer, F., s. M. Osnos.
Samson, K., Eine Hochleistungsapparatur zur betriebsmäßigen Bestimmung der Lichtausbeute von Glühlampen mittels lichtelektrischer Zellen. 1643.
Samuel, R. (Rezens.), A. Eucken, Lehrb. d. chem. Physik. 1283.
— (Rezens.), F. Ephraim, Anorganische Chemie. 1442.
— (Rezens.), P. Debye, Polare Molekeln. 1442.
Sandelowsky, S., Die Entwicklung der Schweißgeräte nach dem Langmuir-Verfahren in Amerika und Deutschland. *1649.
Sanders, H. M., 220 kV-Meßwandler der Westinghouse Co. 1431.
Sauveur, H., Die Wirkungsgrade der Tauchpumpen. 1723.
Schaefer, H., Die Verwendung merklich leitender Stoffe zum Bau von Isolatoren. *1399.
Schammel, J., Das Stromdiagramm der Synchronmaschine mit ausgeprägten Polen. 980.
Scheel, J. E., Primäre Elektronenstromverteilung in Dreielektrodenröhren bei positiven Potentialen beider kalter Elektroden gegen die Kathode. 1373.
— Eine neuartige Brücke für das Lechersche Paralleldrahtsystem. 1405.
Scheppmann, W., Drahtlose Bildtelegraphie auf langen Wellen, insbesondere in Zusammenwirkung mit Radioübertragungen. 1749.
Schering, H. (Rezens.), W. Skirl, Wechselstrom-Leistungsmess. 1410.
— (Rezens.), B. Hague, Alternating current bridge methods. 1475.
Schiemann, M., Gleislose elektrische Bahn Mettmann—Gruiten. 1595.
Schiffer, A., s. A. Bertram.
Schiller, H., Über die induktive Beeinflussung von Schwachstromleitungen durch Starkströme. 984.
Schilling, W., u. J. Lenz, Über die Stirnform und die Absenkung der Stirnsteilheit durch Kondensatoren bei durch Funken in Luft ausgelösten Wanderwellen. *1138. 1374.
Schindelhauer, F., Elektromagnetische Störungen. 1176.
Schliephake, A., Beitrag zur Temperaturmessung von Kommutatoren im Betrieb. *1128.
Schlumberger, E. (Rezens.), K. Arndt, Techn. Elektrochemie. 1506.
Schmid, E., Über Werkstoffverformung und -festigkeit. 1748.
Schmidt, Verfahren d. Korrosionsprüfung. 1278.
Schneider, L., Beleuchtung und Schleistung. 1078.
— s. A. Gaertner.
Schneider, P., Nachruf auf J. Epstein. 1761.
Schneider, R., Belastungsgebirge eines Zechenkraftwerkes. Brf. 1346.
— (Rezens.), L. Musil, Die Wirtschaftlichkeit d. Energiespeicherung f. Elektrizitätswerke. 1570.
Schneider, W., Vakuum-Ölreinigungsanlage. 1310.
Schottky, W., Über den Entstehungsort der Photoelektronen in Kupfer - Kupferoxydul - Photozellen. 1749.
Schraeder, F., Die Gestehungskosten des Stromes in großen Steinkohlenkraftwerken auf Grund von Erfahrungswerten. *1091. *1131. Brf. 1283. B. 1540.
Schröter, F., Der heutige Stand der Forschung auf dem Gebiete der lichtelektrischen Zellen im besonderen Hinblick auf deren technische Anwendung. 1643.
Schulmann, H., Motoren zum Antrieb von Spinnzentrifugen. 1016.
Schulze, A., Umwandlungserscheinungen an den sogen. Halbleitern. 1754.
Schulze, A., u. G. Zickner, Methode zur Registrierung von Kapazitätsänderungen und ihre Anwendung zur laufenden Beobachtung physikalischer Vorgänge. 1626.
Schulze, H., Münzzähler mit Mehrverbrauch-Rabatt-Tarifwerk. *1231.
— Die Wirtschaftlichkeit von Pumpspeicherwerken abseits der Verbrauchsgebiete. *1397.
— Hochempfindliches Differential-Wattschutzrelais für Transformatoren mit betriebsmäßig veränderlichen Eisenverlusten. *1642.
Schurig, Kuehni u. Buller, Verluste in bewehrten Einleiter-Bleikabeln. 1655.
Schütz u. Jessen, K. Gründig, Elektrisches Auftauen einer Wasserleitung. 1659.
Schützler, G., Leistungsverstärker für Meßzwecke. 1305.
Schwaiger, A. (Rezens.), O. Höring, Elektr. Bahnen. 1507.
Schwantke, Schalter mit Vorhängeschloß zur Verhütung von Unfällen. 1592.
Schwarz, E., Bedeutung der Einbrandtiefe beim Lichtbogenschweißen. 1500.
Schwender, K., Kleine Selbstanschlußämter neuer Ausführung der Deutschen Reichspost. 1438.
Seeliger, R., Das Eingreifen der Atomphysik in die Anwendungen der Gasentladungen. 1748.
Sewig, R., Die lichtelektrische Zelle als Hilfsmittel der objektiven Lichtmessung. 1643.
Shanklin, G. B., u. V. A. Sheals, Ölgefüllte Kabel. 1622.
Sharp, C. H., Ein Apparat zur Messung der Farbtemperatur elektrischer Glühlampen. 1778.
Sheals, V. A., s. G. B. Shanklin.
Sieber, Tragbare Stromwandler-Prüfeinrichtung. 1657.
Sieg, E. (Rezens.), W. Bermbach, Die Akkumulatoren. 1702.
Siegel, G., s. Block.
Skaupy, F., Isolatoren aus Kieselsäureglas (Quarzisolatoren). *1745. *1768.
Skinner, C. E., Die Entwicklung der Isolieröle. 985.
Slepian, J., u. J. J. Torok, Die unterdrückte Entladung bei Stoßspannung. 1082.
Smonker, H., Erzförderung und Mannschaftsfahrt im Schleppschacht. 1145.
Smurow, A., Experimentelle Untersuchung des Einflusses magnetischer Felder auf die dielektrische Festigkeit von Isolatoren. *1459.
— Experimentelle Untersuchung des Alterns von Transformatorenölen. *1515.
Sonderegger, Elektrisch geschweißte Druckrohrleitung. 1727.
Spengler, G., Elektrische Antriebe im neuzeitlichen Tafelglas-Ziehverfahren. 1781.
Sperry, E. A., Verteilung von Wechselströmen in Eisenbahnschienen. 1531.
Spielhagen, W., Messung kleiner Wechselstromleistungen bei großen Phasenverschiebungen. 1563.
Stahl, H., Die Ausnutzungsmöglichkeiten einer Fernkabelader für Telegraphie. 1565.
Stassinet, Th., Elektrische Blank- und Schwarzglühanlage. 1725.
Steidinger, W., Induktivität, Energie und Stromkraft von Sammelschienen. 1112.
Stein, G., Über die Oberwellen in den Magnetisierungsströmen von Drehstromtransformatoren. *1061. B. 1124.
Stern, O., Beugungserscheinungen an Molekularstrahlen. 1748.
Stix, R., Zusätzliche Kommutierungsverluste in Gleichstromwicklungen bei endlicher Stromwendedauer. 1562.
Stobrawa (Rezens.), L. Betz, Das Trolleybus-System. 1218.
Storch, P., Die Fernschreibmaschine als neuzeitliches Verkehrsmittel. *1388.
Stoerk, C., u. W. Holzer, Spannungsmessungen mit Kugelfunkenstrecken in Luft. 1113.
Störmer s. E. Brüche.
Streck, O. (Rezens.), K. Dantscher u. C. Reindl, Wasserkraft-Jahrb. 1928/29. 1763.

Digitized by Google

Strecker, K., Magnetische Größen und Einheiten, welche von der Vollversammlung der IEC in Skandinavien 1930 angenommen sind. *1418.
Stritzl, P. v., Die Elektrisierung der britisch-indischen Bahnen. *1135.
Strödter, K. H., Gründe für die zahlenmäßige Abnahme der Schrämmmaschinen im Ruhrbezirk. 1404.
Summerer, E., Lichttechnische Baustoffe. *1483.
Süßmilch, K., Eine selbsttätige Parallelschalteinrichtung für Kleintransformatoren. 1463.

Taliaferro, W. R., Elektrische Zugförderung mit drei Gleichstromspannungen. 1371.
Tama, M., Die Verwendung von Kondensatoren zur Verbesserung des Leistungsfaktors unter besonderer Berücksichtigung praktischer Erfahrungen. *1227. Bespr. 1248, 1504.
Täuber, K., Einrichtung zum Prüfen und Messen von Hochspannungsanlagen. *1125.
Taylor, W. A., s. E. Klein.
Teichmüller, J., Die Sprache der Lichttechnik. 1243.
Terada, M., Löschdrossel mit Gleichstrom-Vormagnetisierung. 1726.
Thiele, A. (Rezens.), F. zur Nedden, Praktikantenausbildung für Maschb. u. Elektrot. 1186.
— (Rezens.), K. Laudien, Die prakt. Arbeit. 1251.
Thierbach, B., Die Elektrizität auf der Internationalen Hygieneausstellung, Dresden 1930. 1533.
— (Rezens.), G. W. Meyer, Techn., wirtschaftl. u. rechtl. Grundlagen f. d. Bewertung u. d. Verkauf elektr. Arbeit. 1442.
Thieß, H., Betrachtungen über die Elektrizitätsversorgung Rumäniens. *1335.
Töfflinger, K., Die Stromwendung des Wechselstrom-Bahnmotors. *1285.
— Der Gleichstrom-Bahnmotor im Betrieb mit welliger Klemmenspannung. 1530.
Tolwinski, W., Das Problem der unsymmetrischen Belastung des Synchron-Drehstromgenerators und des Drehstromtransformators. 1528.
Torok, J. J., u. W. Ramberg, Überschläge an Isolatoren. 1751.
— s. J. Slepian.
Tourneur, M., s. M. Le Touzé.
Touzé, M. Le, u. M. Tourneur, Elektrischer Betrieb auf der französischen Mont-Cenis-Strecke. 1593.
Towne, H. M., s. A. Matthias.
Trautwein, F., Über elektrische Synthese von musikalischen Klängen und Sprachlauten. 1749.
Trendelenburg, F., Methode zur Untersuchung von Druckvorgängen mittels der Druckabhängigkeit der Dielektrizitätskonstanten. 1749.
Tschiassny, L., Verlustwinkel- u. Wirkungsgradmessungen mittels des thermischen Wattmeters. Brf. 1314.
Tunkel, M., Die Bestimmung der Kurzschluß-Ausschaltleistung an Netzpunkten. *999.
Typke, Über die Baadersche Bestimmung der Alterungsneigung von Isolatorölen. Brf. 1154, 1441.
— Über die Bestimmung der Kupferverteerungszahl und des Stockpunkts bei Transformatoren- und Schalteröl. 1614.
— s. v. d. Heyden.

Uhlmann, E., Der elektrische Durchschlag von Luft zwischen konzentrischen Zylindern. 1210.
Unger, E., Berechnung der Wirtschaftlichkeit von Verteilungsnetzen aus den Werten der Statistik. *1509.
Unger, F., Wälzlager für Elektromotoren. 1301. B. 1380.
Usbeck (Rezens.), M. Süberkrüb, Fahrzeug-Getriebe. 1347.
— (Rezens.), A. E. Thiemann, Fahrzeug-Dieselmotoren. 1379.

Vacek, J., Das Ein- und Ausspeichern von Stückgütern. 1209.
Varney, Th., Leitungschwingungen. 1015.
Vecchiacchi, F., Statische Reduktion einer Frequenz beim Kathodenoszillographen. 1529.
Vierkötter, P., s. H. Wendt.
Vigoureux, J. E. P., Der mittels Quarzkristall gesteuerte Röhrensender. 1150.
Voege, W. (Rezens.), Proceedings, International Congress on Illumination. 1054.
Vogel, W., Die Sicherheit des elektrischen Schießens in Bergwerken. 1081.
Völkel, W., Die elektrische Ausrüstung des Dornier-Flugschiffes Do X. *1541.
Voß, Wertsteigerung und Literaturausnutzung. *1367.

Waite, B. C., s. A. W. Mershon.
Walch, O. (Rezens.), W. Stürzenacker, Die techn. u. wirtschaftl. Grundl. f. d. Gewinnung v. Gezeitenenergie. 1219.
— (Rezens.), F. Bundschu, Wasserkraftanlagen. 1475.
Wald, M., Ein Wechselstromkompensator mit direktem Zeigerausschlag. *1583.
Walther, A., s. L. Inge.
Weber, A. E. (Rezens.), Die Lochkarte. 1123.
Weber, E., Was ist Streuung und wie berechnet man sie? *1221. *1267. Bespr. 1280. B. 1636.
— (Rezens.), B. M. Konorski, Hilfsbuch für Betriebsrechnungen. 1219.
Wedler, K., Vielfach-Trägerstrom-Telegraphie mit Sprachfrequenzen für Fernsprechkabel. 1497.
Weicker, W., Freileitungs-Isolatoren. 1146.
Weisflog, R., Die Elektrowirtschaft Finnlands. 1439.
Weiße, E., Lichtpauslampe. 1277.
Wellauer, M., Ein elektrisches direkt zeigendes Vakuummeter auf dem Prinzip des anomalen Kathodenfalles. 1593.
Wendt, H., Glühkathodenventile in der diagnostischen und therapeutischen Röntgentechnik. Nach P. Vierkötter. *1584.
Wensley, R. J., Vielfach-Fernmessung. 1464.
Werdenberg, W., Diagramm des Spannungsabfalles in einem Netzwiderstand bei Phasenschiebung. 1207.
Werner, M., Korrosion des Bleis. 1278.
West, H. B., Transformatoren mit Anzapfschalter für Einstellung der Phasenverschiebung. 1369.
Whitehead, J. B., u. R. H. Marvin, Anormale Stromleitung als Ursache dielektrischer Nachladung. 1783.
Wicar, R., Blitzschlag in das Fernkabel Wien—Budapest. 1110.
— u. K. György, Das einheitliche Fernkabelsystem. 1406.
Wicher, J., Die Auswertung von Auslaufmessungen durch die Teilzeitlinie. *1426. B. 1668.
Wichmann, R. (Rezens.), A. Ertel, Internat. Betriebsstatistik elektrischer Bahnen f. d. Jahre 1924, 1925 u. 1926. 1022.
Winch, G. T., Ein direkt ablesbares lichtelektrisches Photometer zur fabrikmäßigen Messung von Glühlampen. 1403.
Winkler, G. H. (Rezens.), W. Wien u. F. Harms, Handb. d. Experimentalphysik, Bd. 13, III. 1055.
— (Rezens.), W. Exner, Erlebnisse. 1603.
— (Rezens.), M. Pupin, Vom Hirten zum Erfinder. 1787.
Wohlauer, A. A., Die Jahrestagung der NELA. 1409.
Wolf, H., Einphasen-Induktionsmotor mit Kondensatoren in der Hilfsphase. 1623.

Young, D. A., s. S. Aronoff.

Zaudy, A. (Rezens.), Vorschr. d. Elektrotechnický Svaz Československý 1930. 1602.
Zentralverband d. dt. elektrotechn. Industrie, Wälzlager für Elektromotoren. 1301.
Zickner, G., u. G. Pfestorf, Thermowattmetrische Verlustmessungen an großen Kapazitäten. *1681.
— s. A. Schulze.
Zinzen (Rezens.), E. Praetorius, Wärmewirtschaft im Kesselhaus. 1219.
— (Rezens.), A. Schack, Der industr. Wärmeübergang. 1442.
Zobel, O. J., Entzerrung in elektrischen Fernmelde-Stromkreisen mittels inverser Netzwerke. 1596.
Zorn, M., Bestimmung der Unsymmetrie von Drehstromnetzen. *1233.
Zuleger, F., Zur Frage der Ausfahrvorsignale der Österreichischen Bundesbahnen. 1373.

Druck von H. S. Hermann G. m. b. H., Berlin SW 19.

Digitized by Google

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Elektromaschinenbau.

Auswuchten von Rotoren. — Bei einem neuen Verfahren zum Auswuchten von Rotoren, insbesondere Rotoren elektrischer Maschinen, werden von vornherein fünf Auswuchtversuche vorgenommen. Bei genauer Versuchsdurchführung genügen diese 5 Versuche, um die Größe und die Lage der Ausgleichsgewichte zu bestimmen. Die Wellenenden des Rotors laufen, wie Abb. 1 zeigt, in zwei Lagern, die in horizontaler Richtung federnd abgestützt sind. Wird angenommen, der Versuchskörper besitze die in Abb. 1 eingezeichneten unausgeglichenen Massen m_1 und m_2, so rufen dieselben bei der Drehung des Rotors

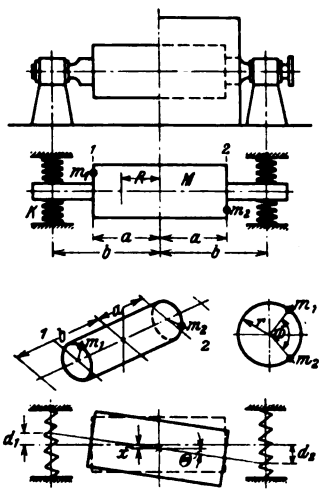


Abb. 1. Auswuchtvorrichtung. Schwerpunktsverlagerung und Drehung des Rotors durch unausgeglichene Massen.

1. eine Schwerpunktsverlagerung des Rotors um x,
2. eine Drehung des Rotors um den Winkel Θ um die durch den Schwerpunkt gehende vertikale Achse hervor, so daß in den Wellenenden die horizontalen Schwingungsausschläge $d_1 = b\,\Theta - x$ und $d_2 = b\,\Theta + x$ entstehen.

Die horizontalen Schwingungsausschläge der beiden Endlager werden bei den folgenden fünf verschiedenen Zuständen gemessen:

1. Rotor unverändert.
2. In den Ebenen der Massen wird je eine Zusatzmasse A in derselben Richtung angebracht. Die Massen A müssen genügend groß sein, um das Gleichgewicht zu stören.
3. Es werden dieselben Zusatzmassen A, wie beim 2. Versuch benutzt; nur wird eine derselben in der Gleichgewichtsebene um 180° verschoben.
4. Beide Zusatzmassen werden in den Gleichgewichtsebenen gegen den 2. Versuch um 180° verschoben.
5. Beide Zusatzmassen werden gegen den 4. Versuch um 90° verschoben.

Bei allen Versuchen muß die Maschine dieselbe Geschwindigkeit besitzen, die möglichst unter der kritischen Drehzahl liegen soll.

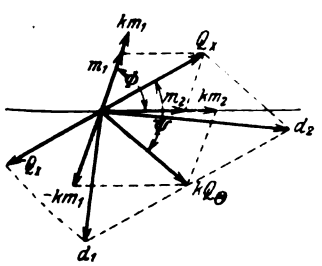


Abb. 2.

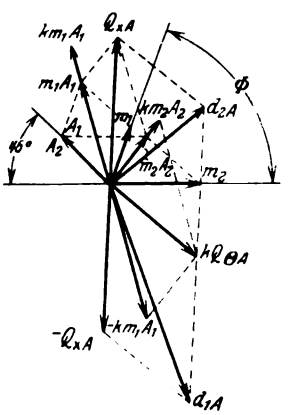


Abb. 3.

Die beim 1. Versuch wirksamen Kräfte lassen sich im Vektordiagramm (Abb. 2) zusammentragen (hier ist statt $m_1\omega^2 r$, $m_2\omega^2 r$, $A\omega^2 r$ usw. m_1, m_2, A, ... geschrieben; ebenso ist auch in der Beschreibung das $\omega^2 r$ weggelassen worden). Die beiden Kräfte m_1 und m_2 lassen sich zur Kraft Q_x zusammenfassen. Q_x ruft den Ausschlag x hervor, der sich aus der Gleichung

$$x = \frac{Q x}{K - M\omega^2} \sin \omega t$$

errechnet. (K ist die Elastizitätskonstante der Welle einschließlich Lagerabstützung.) x fällt in die Richtung von Q_x. Die vektoriell bestimmte Differenz der Kräfte m_1 und m_2 liefert die Kraft Q_Θ; sie greift am Hebelarm a an und verschiebt die Wellenenden um $b\,\Theta$. Es gilt die Gleichung:

$$b\,\Theta = b\,\frac{a\,Q_\Theta}{K b^2 - M R^2 \omega^2} \sin(\omega t + \psi).$$

Um diese Kräfte und Ausschläge in einem Vektordiagramm darstellen zu können, müssen die Kräfte auf die Wellenenden bezogen werden. Wird im Diagramm der Vektor für x gleich dem Vektor für Q_x gemacht, so entspricht dem Vektor für $b\,\Theta$ der Vektor $\frac{a^2 (K - M\omega^2)}{K b^2 - M R^2 \omega^2} Q_\Theta = k\,Q_\Theta$, was aus den beiden obigen Gleichungen und der vorgenommenen Reduktion abgeleitet werden kann. $b\,\Theta$ fällt in die Richtung von $k\,Q_\Theta$ und gibt, mit $-x$ und $+x$ vektoriell zusammengesetzt, die Ausschläge d_1 und d_2.

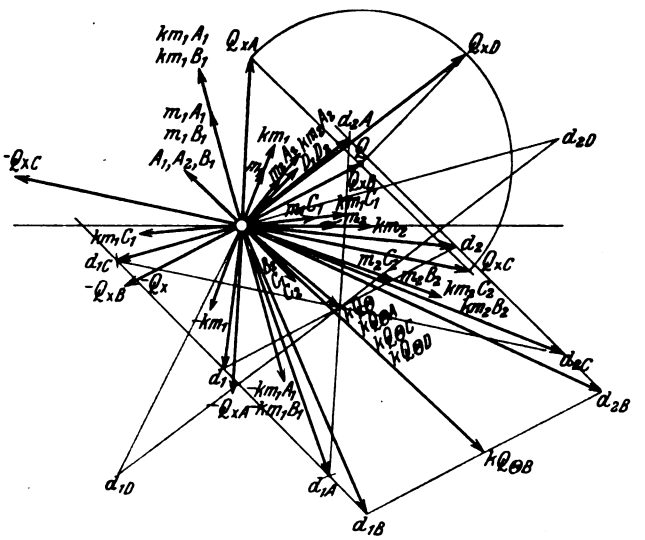


Abb. 4.

Entsprechend lassen sich die beim 2. Versuch wirksamen Kräfte im Vektordiagramm zusammenfassen (Abb. 3). m_1, m_2 und $2A$ ergeben zusammen Q_{xA}. Da die gleichgerichteten Kräfte A kein Moment erzeugen, so ist $k\,Q_{\Theta A}$ gleich dem $k\,Q_\Theta$ des 1. Versuches.

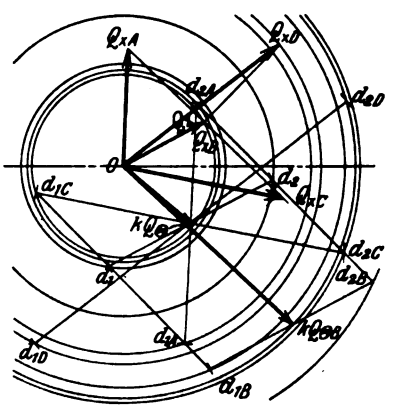


Abb. 5.

Ebenso lassen sich die Vektordiagramme des 3., 4. und 5. Versuches aufzeichnen. Die 5 Vektordiagramme sind in Abb. 4 zusammengefaßt; sie liefert folgende Ergebnisse:

1. Wir erhalten beim 1., 2., 4. und 5. Versuch, da die Ausgleichgewichte gleichgerichtet sind, dieselbe Momentenkraft $k\,Q_\Theta$ und denselben Ausschlag $b\,\Theta$. Beim 3. Versuch ergibt sich, da die Ausgleichgewichte entgegengesetzt gerichtet und die Kräfte daher ausgeglichen sind, dieselbe Kraft Q_{xB} wie beim 1. Versuch.
2. Die Punkte d_1, d_{1A}, d_{1B}, d_{1C}, ebenso die Punkte d_2, d_{2A}, d_{2B}, d_{2C} liegen auf zwei parallelen Geraden.

Digitized by Google

3. Die Strecken $d_1 d_2, d_{1A} d_{2A}, \dots$ werden durch $k Q_\Theta$ halbiert.

4. Die Strecken $Q_{xA} Q_x$ (Q_x ist in Abb. 3 mit Q_{xB} bezeichnet), Q_{xC}, Q_x und $Q_{xB} Q_x$ entsprechen der Kraft $2A$. Die Punkte Q_{xA}, Q_{xC}, Q_{xD} müssen daher auf einem Kreis um Q_x mit $2A$ liegen.

5. Die Strecke $k Q_\Theta k Q_{\Theta B}$ (in Abb. 3 nicht eingezeichnet) entspricht der Kraft $k(2A)$. Der Quotient $\frac{k(2A)}{2A}$ ist damit gleich der Konstanten k.

Auf diesen Feststellungen baut sich das Verfahren zur Bestimmung der Ausgleichmassen auf. Man geht dabei folgendermaßen vor (Abb. 5):

1. Mit den 10 Ausschlägen $d_1, d_2, d_{1A}, \dots$, die die Messungen ergeben, deren Richtungen aber völlig unbekannt sind, werden Kreise um den Punkt O geschlagen.

2. Bekannt ist, daß die Halbierungspunkte der Strecken $d_1 d_2, d_{1A} d_{2A}, \dots$, deren Endpunkte je auf einem der gezeichneten Kreise liegen, in einem Punkte zusammenfallen. Für die Halbierungspunkte der einzelnen Strecken gibt es je eine äußere und eine innere Grenzlage. Bei $d_1 d_2$ muß der Halbierungspunkt zwischen den Grenzen $\frac{d_1 + d_2}{2}$ und $\frac{d_1 + (-d_2)}{2}$ liegen. Werden diese Grenzen für $d_1 d_2$, $d_{1A} d_{2A}$, $d_{1C} d_{2C}$, $d_{1D} d_{2D}$ bestimmt, so ergibt sich ein ganz enger Bereich, in dem $k Q_\Theta$ liegen muß. Das Mittel der beiden Grenzwerte gibt den Punkt $k Q_\Theta$ fast genau.

3. Durch den gefundenen Punkt $k Q_\Theta$ können nun je 2 Strecken $d_1 d_2, d_{1A} d_{2A}, \dots$ gezogen werden, die beide befriedigen. Welches die richtige Lösung ist, wird später gezeigt werden.

4. Ist der Punkt $k Q_\Theta$ richtig angenommen, so liegen die Endpunkte d_1, d_{1A}, d_{1C} und entsprechend d_2, d_{2A}, d_{2C} auf zwei parallelen Geraden. Sollte dies noch nicht vollständig zutreffen, so wird $k Q_\Theta$ innerhalb der Grenzlagen so lange verschoben, bis die Bedingung erfüllt ist.

5. Diese Parallelen bestimmen dann auch die Punkte $d_{1B} d_{2B}$ und den Halbierungspunkt $k Q_{\Theta B}$ der Verbindungslinie dieser Punkte. Die Strecke $k Q_\Theta k Q_{\Theta B}$ ist nach obigem gleich $k(2A)$.

6. Der Punkt Q_x läßt sich dadurch ermitteln, daß durch d_2 $d_2 Q_x \parallel$ zu $k Q_\Theta O$ und $O Q_x \parallel$ zu $k Q_\Theta d_2$ gezogen werden.

7. Ganz entsprechend werden Q_{xA} und Q_{xC} bestimmt.

8. Die Strecken $Q_x Q_{xA}$ und $Q_x Q_{xC}$ stellen dann nach obigem die Größe der Ausgleichgewichte $2A$ dar.

9. Da nach 5. auch $k 2A$ bekannt ist, kann auch k errechnet werden.

Die Beziehungen zwischen den Kraftgrößen und den Ausschlägen sind damit ermittelt. Es sind nur noch die Größen und die Lagen von m_1 und m_2 festzulegen, was nach Abb. 2 auf einfache Weise möglich ist. Das richtige Vektordiagramm von den beiden möglichen ist dasjenige, bei dem sich dieselben Verschiebungen ergeben, wie sie bei den 5 Versuchen vorgenommen worden sind. (J. J. Ryan, The Electric Journ. Bd. 25, S. 396.) *hl.*

Apparate.

„Isoguß"-Geräte. — Wenn die elektrischen Anlagen zum Schutz gegen mechanische Schäden mit kräftig gekapselten Geräten ausgeführt werden müssen, greift man zu gußgekapseltem Material, das in der üblichen Ausführung gleichzeitig ziemlich dicht hergestellt wird und das Eindringen von Staub verhindert. Diese Schutzart hat den Nachteil, daß das gutleitende Metall der Abdeckung in die Nähe der spannungführenden Teile gebracht wird, so daß bei der geringsten Störung die Spannung auf das Gehäuse übertritt. Diese Schwierigkeiten werden durch die „Isoguß"-Geräte der Firma F. Klöckner, Komm.-Ges., Köln-Bayenthal, beseitigt. Diese Apparate haben alle Vorzüge der gußgekapselten Geräte. Sie sind genau so dicht und widerstandsfähig, vermeiden aber deren Nachteile. Die Abdeckungen bestehen restlos aus hochwertigem widerstandsfähigem Isolierstoff. Durch große Wandstärken wird die etwas geringere Festigkeit der Isoliermaterialien gegenüber dem Metall wieder wettgemacht. Da Isolierstoff und Konstruktionsmaterial ein und dasselbe sind, so braucht an Material nicht gespart zu werden. Durch passende Formgebung der Isolierteile werden große Kriechwege und Luftabstände bei bequemster Leitungsführung ermöglicht. Wie bereits erwähnt, sind die Dichtungsarten genau die gleichen, wie sie bei gußgekapseltem Material üblich sind. Die Deckel werden unter Vermittlung von Hanf- oder Gummidichtungen aufgesetzt. Die Leitungseinführung erfolgt in der üblichen Weise durch Verschraubung der Rohre oder über Kabelendverschlüsse.

Abb. 6 zeigt einen Doppeldruckknopf mit gedichteten Drucktasten. Abb. 7 zeigt eine isoliertgekapselte Motorschalttafel, bestehend aus Hebelschalter und Sicherung. Die Verriegelung wird dadurch bewirkt, daß die Schaltmesser mit dem Deckel abgehoben werden, so daß die Sicherungselemente beim Auswechseln unter allen Umständen spannungslos sind. Die Leitungseinführung zum Einklemmen von Rohren oder Kabeln erfolgt durch zwei Preßstücke aus Hartsteinzeug, die den in Abb. 7 sichtbaren

Abb. 6. Dreifach-Druckknopf aus „Isoguß" mit gedichteten Drucktasten.

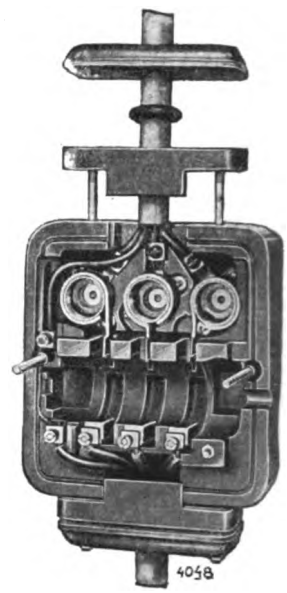


Abb. 7. Motorschalttafel aus „Isoguß". Der die Schaltmesser tragende Deckel ist abgehoben.

Ring auf das Rohr pressen. Die Anschlußklemmen sind besonders abgedeckt, infolgedessen die spannungführenden Teile der Berührung entzogen. *Frk.*

Beleuchtung.

Ein Apparat zur Messung der Farbtemperatur elektrischer Glühlampen. — Die Meßmethode stellt eine Abänderung der von N. R. Campbell für Betriebsmessungen ausgebildeten Anordnung dar. Campbell verwendet zwei Photozellen, eine Natriumzelle mit dem Empfindlichkeitsmaximum im Blau und eine Rubidiumzelle mit dem Maximum im Rot. Durch eine Wechselvorrichtung fällt das Licht der zu untersuchenden Glühlampe in schneller Folge abwechselnd auf die beiden Zellen. Durch eine besondere Schwächungseinrichtung im Strahlengang kann die Apparatur so eingestellt werden, daß die beiden Zellenströme einander gleich sind. Wird die Lampe durch eine andere ersetzt, so besteht nur dann Gleichheit der Farbtemperatur, wenn auch bei dieser Lampe die beiden Zellenströme einander gleich sind. Von der Intensität der Strahlung sind die Angaben hierbei unabhängig.

Bei der Anordnung von Sharp wird ebenfalls das Rot-Blau-Verhältnis der Strahlung zur Bestimmung der Farbtemperatur herangezogen, aber unter Verwendung nur einer einzigen Photozelle, einer Cäsiumzelle, welche im sichtbaren Spektralgebiet eine ziemlich gleichmäßige Empfindlichkeit besitzt. Durch eine im Strahlengang angeordnete rotierende Scheibe, welche zur Hälfte aus einem roten und zur anderen Hälfte aus einem blauen Filter besteht, fällt abwechselnd rote und blaue Strahlung der Glühlampe in die Photozelle. Die Photoströme werden durch eine Verstärkeranordnung verstärkt und über einen Transformator einem Galvanometer zugeführt, in welchem die Stromrichtungen durch einen mit der rotierenden Filterscheibe gekuppelten Umschalter entsprechend gewechselt werden, so daß das Galvanometer nach der einen oder anderen Seite einen Ausschlag zeigt, je nachdem die rote oder blaue Strahlung überwiegt. Durch einen in den Strahlengang eingeschalteten Farbkeil kann der Galvanometerausschlag zum Verschwinden gebracht werden. Auch hier ist die Intensität der Strahlung ohne Einfluß auf die Einstellung der Farbtemperatur.

Die Apparatur kann direkt an einer Ulbrichtschen Kugel angebracht werden, so daß Lichtstrom und Farbtemperatur einer Lampe gleichzeitig gemessen werden können. Hierbei ist die Änderung der Farbtemperatur durch die be-

Digitized by Google

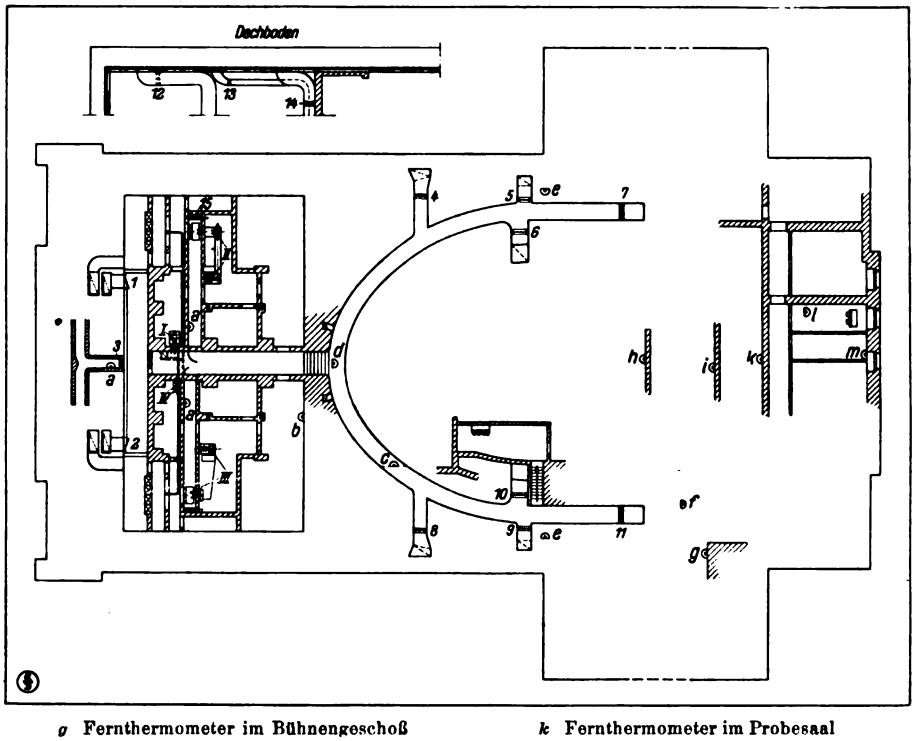
sondere Art des Photometeranstriches ohne Bedeutung, wenn die Photometerkugel mit der Standardlampe geeicht wird. Bei schnellen Betriebsmessungen sollen sich Genauigkeiten von 5° erreichen lassen. Bei diesen Versuchen hat sich auch ergeben, daß die Beziehung zwischen spezifischer Belastung und Farbtemperatur keine eindeutige ist, und daß z. B. bei der 60 W-Type bei gleicher Lm/W-Zahl Unterschiede der Farbtemperatur von 40° auftreten können. Dies ist von besonderer Bedeutung bei der Anstellung von Brenndauer-Versuchen. (C. H. Sharp, J. Opt. Soc. Am. Bd. 20, S. 62.) *Schb.*

Heizung. Öfen.

Zentrale Überwachung von Heizung und Lüftung. — Umfangreiche Fernthermometer- und Klappenfernstellanlagen wurden von Siemens & Halske im Umbau der Staatsoper und in der Krolloper eingerichtet, um den Betriebsleitern die Möglichkeit zu geben, Heizung und Lüftung von einer Stelle aus zu überwachen. Die Zentralen der Anlagen befinden sich unmittelbar bei den Regeltafeln für die Heizung und Lüftung. Die Fernthermometer sind mit einzelnen, in Rahmen zusammengefaßten Instrumenten verbunden, so daß man die Temperaturen ständig vor Augen hat. Die Lüftungsklappen werden

Elektrisch gesteuerte Klappen:
1, 2 Zugluft, Konzertsaal, gekuppelt
3 Windfang
4 Ränge, Ostseite
5 Umgänge, Ostseite
6 Parkett, Ostseite
7 Logen, Ostseite (handgesteuert)
8 Ränge, Westseite
9 Umgänge, Westseite
10 Parkett, Westseite
11 Logen, Westseite (handgesteuert)
12 Abluft, Konzertsaal
13 Abluft, Aborte (handgesteuert)
14 Abluft, Umgänge und IV. Rang
15 Zuluft, Vestibül, Ostseite
16 Zuluft, Vestibül, Westseite
I Zuluft, Lüfter, Luftkammer III. Nachwärmekammer
II Zuluft, Lüfter, Luftkammer II, Ostseite
III Zuluft, Lüfter, Luftkammer I, Westseite
IV Ölpumpe der Temperaturregelanlage

a Fernthermometer
b Fernthermometer im Konzertsaal
c Fernthermometer in der Konditorei
d Fernthermometer im Parkett, II. und IV. Rang
e je ein Fernthermometer im Umgang, Parkett, II. und IV. Rang
f Meßstelle des Druckdifferenz-Meßapparates im Bühnengeschoß



g Fernthermometer im Bühnengeschoß
h Fernthermometer in der Oberbühne
i Fernthermometer in der Unterbühne
k Fernthermometer im Probesaal
l Fernthermometer im I. Obergeschoß
m Fernthermometer auf dem Dach

Abb. 8. Fernthermometer- und Klappenfernstellanlage in der Krolloper, Berlin.

durch kleine Gleichstrommotoren bewegt. Die Rückmeldung der Klappenstellung geschieht durch die Veränderung eines Widerstandes, indem ein am Getriebe angebrachter Mitnehmer eine entsprechende Anzahl von Widerstandspulen eines Drehwiderstandes zu- oder abschaltet. Die auf der Schalttafel befindlichen Anzeige-Instrumente zeigen die Öffnung der Kleppe in Prozent an. Abb. 8 zeigt die Anordnung der Fernthermometer- und Klappenfernstellanlage in der Krolloper. (Siemens-Z. 1929, S. 873.)

Jkl.

Installation.

Konzentrische Verbindungsklemme für Freileitungen. — Die Firma J. Wilhelm Hofmann, Kötzschenbroda bei Dresden, führt ihre Freileitungsklemmen schon seit vielen Jahren in ähnlicher Weise aus, wie in der ETZ 1930, S. 1495, beschrieben. Die Verbindung der Stahlseelen und der Aluminiumdrähte geschieht getrennt durch je ein Konusgesperre, bestehend aus Konus und Gegenkonus. Während dies und das früher beschriebene Klemmsystem hinsichtlich ihrer mechanischen Eigenschaften gleichwertig sein dürften, besteht in bezug auf ihre Kontakteigenschaften ein grundlegender Unterschied. Bei der Klemme der British Insulated Cables Ltd. muß der Strom einerseits

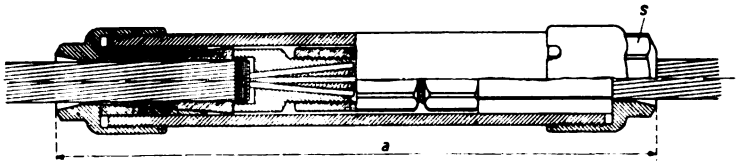


Abb. 9. Konzentrische Leitungsklemme.

über eine Gewindestelle, anderseits über eine relativ kleine Kontaktfläche fließen, die infolge der unvermeidlichen Reibung beim Festziehen der Überwurfmutter aufgerauht wird. Gerade bei Verbindern für Aluminium- bzw. Stahl-Aluminium-Leitungen ist auf eine besonders gute Stromübertragung Rücksicht zu nehmen, da erfahrungsgemäß die Kontakteigenschaften der Klemme durch etwa auftretende Oxydation oder Korrosion stark beeinträchtigt werden. Bei der Ausführung von Hofmann, die durch Abb. 9 wiedergegeben wird, werden deshalb für die Stromübertragung nur glatte, relativ große Kontaktflächen verwendet, die mit großem Druck aneinandergepreßt sind. Die Klemmen haben sich seit vielen Jahren bestens bewährt. *fi*

Bahnen und Fahrzeuge.

Elektrische Lokomotiven für die Pennsylvania-Bahn. — Die Pennsylvania-Bahn hat auf dem elektrisierten Netz um Philadelphia zwei elektrische Schnellzuglokomotiven einer ganz neuen Bauweise versuchsweise in Betrieb genommen. Die Lokomotiven sind für den Dienst zwischen New York und Washington bestimmt und sollen diesen Dienst übernehmen, sobald die Linie vollständig elektrisiert sein wird. Sie sollen Schnellzüge zwischen Philadelphia und New York sowie zwischen Philadelphia —Baltimore—Washington innerhalb der Grenzen des z. Z. elektrisierten Streckennetzes schleppen. Die Strecke von Philadelphia bis Trenton ist bereits vor kurzem dem elektrischen Betrieb vollständig übergeben worden, während der elektrische Dienst bis Wilmington Del. vor nicht ganz zwei Jahren ausgedehnt wurde. Z. Z. wird an der Strecke zwischen New York City und New Brunswick gearbeitet.

Die neuen Schnellzuglokomotiven, deren mechanischer Teil von der Pennsylvania-Bahn in ihren Werkstätten in Altoona Pa. gebaut und deren elektrische Ausrüstung von

Digitized by Google

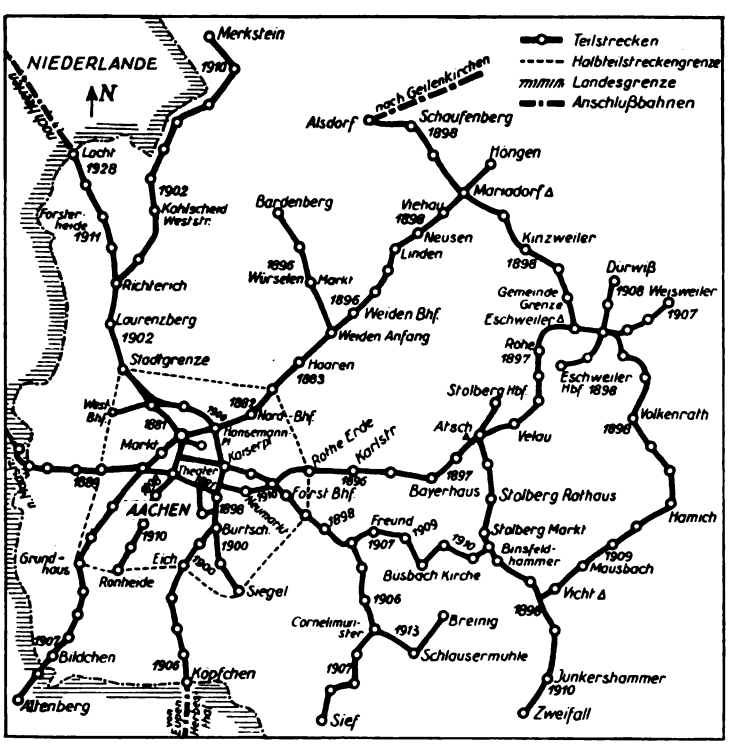
der Westinghouse Electric & Manufacturing Co. geliefert worden ist, weisen Eigentümlichkeiten auf, die sie besonders dem durchgehenden Dienst unter schweren Betriebsbedingungen anpassen sollen. An jedem Ende ist ein zweiachsiges Drehgestell angeordnet. Dazwischen liegen merkwürdigerweise nur zwei Treibachsen mit einem Durchmesser von 1829 mm.

Jede Treibachse wird durch zwei Motoren angetrieben, die in dem Stahlrahmen gelagert sind. Jeder Doppelmotor hat eine Leistung von 1075 HP bei einer Geschwindigkeit von 90 km/h. Die gesamte Leistung der Lokomotive beträgt also 2150 HP bei dieser Geschwindigkeit. Die Lokomotiven haben bei einer Länge von rd. 16 m ein Dienstgewicht von rd. 136 t, von dem ungefähr 34 t auf jede Treibachse entfallen. Es fällt dabei das ungünstige Verhältnis von Reibungsgewicht zum Gesamtgewicht auf. Die Lokomotiven sind mit einem besonderen Zugsicherungssystem ausgerüstet, durch das die Signalangaben im Führerstand der Lokomotive, u. zw. unmittelbar vor dem Stand des Lokomotivführers, genau wiederholt werden. Eine neue Type von elektrischen Güterzuglokomotiven, ebenfalls für den New York—Washington-Dienst bestimmt, wird in naher Zukunft fertiggestellt werden.

Das Elektrisierungsprogramm der Pennsylvania-Bahn umfaßt rd. 1200 Streckenkm und rd. 4443 Gleiskm, einschließlich der Strecke New York—Washington, der Hauptlinie von Paoli nach Columbia und der Güterbahnen, die von den östlichen Endbahnhöfen zum Susquehanna-Flußtal führen. (Railway Age Bd. 89, S. 338.)

— *sb* —

50 Jahre Aachener Straßenbahn. — Am 16. XII. waren 50 Jahre vergangen, seit in Aachen die erste 3 km lange Pferdebahnlinie Alexanderstraße—Kölnsteinweg eröffnet wurde, der sich bald weitere 17 km anschlossen. Das Unternehmen führte den Namen Aachener und Burtscheider Pferdeeisenbahn-Gesellschaft. Im Jahre 1895 wurde die Bahn, nachdem die Gesellschaft auf Grund des neuen Preußischen Kleinbahngesetzes von 1892 den Namen „Aachener Kleinbahn-Gesellschaft" angenommen hatte, elektrisiert. Das Aachener Unternehmen war die zehnte elektrische Straßenbahn Deutschlands. Über die Geschichte des Unternehmens hat Straßenbahndirektor J. Siméon eine ausführliche Denkschrift mit zahlreichen Bildern geschrieben, die Aufschluß über die Gründung und weitere Entwicklung des Unternehmens bringt. Bei der Elektrisierung wirkte außer dem Verfasser der jetzige Generalsekretär des VDE, P. Schirp, mit. Durch die Elektrisierung waren weitere Ausdehnungsmöglichkeiten gegeben.


Teilstrecken
Halbteilstreckengrenze
Landesgrenze
Anschlußbahnen
NIEDERLANDE
N
Merkstein
1910
Locht
1928
1902
Kohlscheid
Westbhf.
Vorsterhende
1911
Richterich
Laurenzberg
1902
Stadtgrenze
Bardenberg
1896
Würselen
Markt
1896
Weiden Bhf.
Weiden Anfang
Hoaren
1883
Viehau
1898
Neusen
Linden
Alsdorf
nach Gelenkirchen
Schaufenberg
1898
Höngen
Mariadorf Δ
Kinzweiler
1898
Durwiß
1908
Weisweiler
1907
Gemeinde Grenze
Eschweiler Δ
Rohe
1897
Eschweiler Hof
1898
Volkenrath
1898
Stolberg Hbf.
Atsch
Velau
Stolberg Rathaus
Bayerhaus
1897
Hamich
Stolberg Markt
Binsfeldhammer
1909
Mausbach
Vicht Δ
1898
Busbach Kirche
1906
Breinig
1913
Schlausermühle
Junkershammer
1910
Zweifall
Sief
1907
Freund
1909
1910
1907
Burtscheid
1900
Eich
1900
Siegel
Cornelimünster
Ronheide
Grundhaus
Aachen
1910
1898
Bildchen
1906
Köpfchen
1907
Altenberg
Aachener Wald
Westbhf.
1889
1881
Hbf.
Markt
Theaterpl.
Kaiserpl.
Rothe Erde
Kölnstr.
Hansemannpl.
Forst Bhf.
1896
1898
1910
1898
1907
1910
1909
1906
1913
1907
1910
1898
1907
1906
1907
1910
1906
1907
1910
1906
1907
1910

gliederte Entwicklung des Werkzeugs für die Kleinfräse stattgefunden (Abb. 12). Der Spitzhaken *1* findet auch hier Verwendung. Für die Bearbeitung von Kulturböden ist aber ein besonders stark ausgeprägter Schälhaken *2* für Schäl- und Hackarbeit vorgesehen, der gerade Messerhaken *3* kommt für Wiesenbearbeitung, ein gedrungener S-Messerhaken *4*, wie wir ihn bei der Großfräse kennen, für Tiefarbeit bei durchwachsenem und durchwurzeltem Boden und für Bearbeitung von Wiesen ein schlanker S-Messerhaken *5* in Verbindung mit dem geraden Messerhaken *3* in Frage. Bei richtiger Auswahl des Werkzeuges ist damit der Kleinfräse die Möglichkeit gegeben, auch unter rauhesten Verhältnissen, z. B. bei der Bearbeitung von Waldböden, mit vollem Erfolg zu arbeiten.

Neben den Fortschritten, die die Bodenfräse im Hinblick auf die Werkzeugfrage aufzuweisen hat, wurde eine sogenannte Hackrinne entwickelt, die es ermöglichen soll, die Hackarbeit der Fräse in stehenden Kulturen bei Reihen auch unter 40 cm, die bei der bisherigen Durchbildung der Fräse als äußerste Bearbeitungsgrenze für Hackarbeit angesehen werden mußten, auszudehnen, u. zw. derartig, daß in einem Arbeitsgang ein doppelreihiges Behacken ermöglicht ist. Daß das ein nicht zu unterschätzender neuer Vorzug der Kleinfräse ist, muß zugegeben werden. Um bei diesen Arbeiten eine besondere Geschwindigkeit zu erzielen, ist neuerdings auf die bereits früher bekannten Aufsteckräder zurückgegriffen. Eine besondere Hackvorrichtung ist auch für die Verwendung der Maschine in Baumschulen vorgesehen.

Von Zusatzgeräten ist der für die Forstwirtschaft wichtige Dammhäufler zu erwähnen, der unmittelbar hinter dem arbeitenden Werkzeug in Tätigkeit tritt

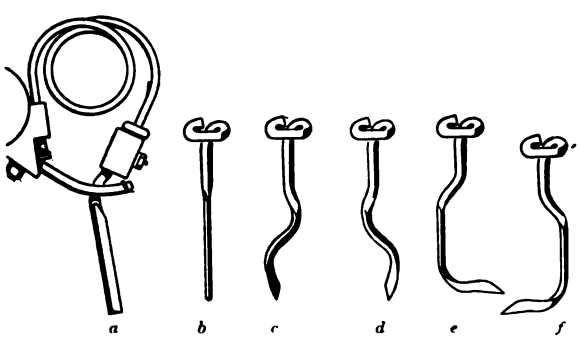


Abb. 11. Neue Werkzeugformen der Großfräse.

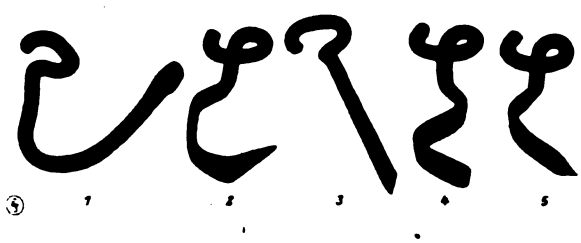
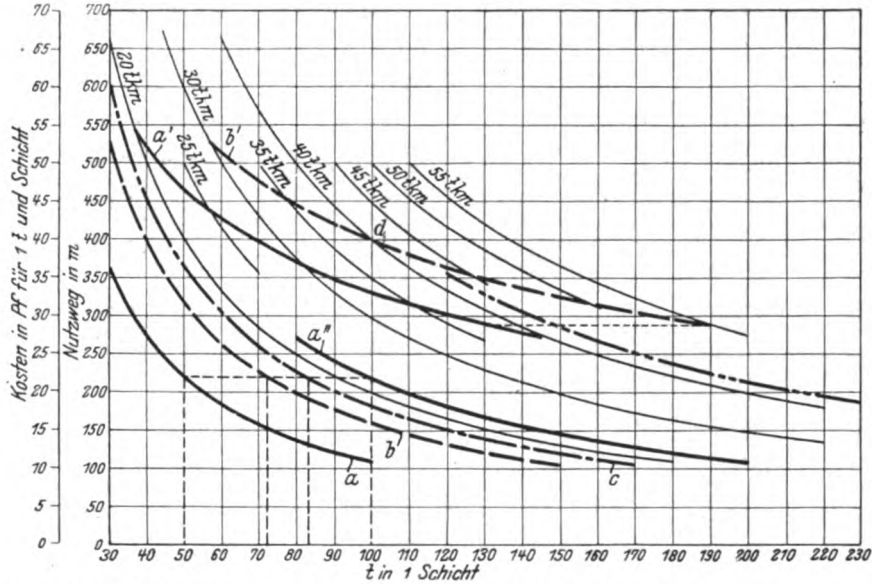


Abb. 12. Die Werkzeugformen der Kleinfräse.

und die frisch bearbeitete aufgeworfene Erde zu einem Damm formt, ferner der Abräumer, ein aus zwei Streichblechen bestehender Körper zum Beiseiteschieben störender Pflanzenreste. (von Radetzki, Siemens-Z. 1929, S. 638.) *Hed.*

Bergbau und Hütte.

Wirtschaftlichkeit der Förderung in Abbaustrecken bei steiler und bei flacher Lagerung. — H. Jahns führt im Glückauf aus, daß die Betriebszusammenfassung auf den meisten Zechen noch nicht weit genug fortgeschritten sei, um sowohl bei flacher als auch bei steiler Lagerung den Einsatz der Abbaulokomotive zu rechtfertigen. Der hohe Anschaffungspreis der Akkumulatorenlokomotive gegenüber der Preßluftlokomotive lasse die letztere billiger erscheinen. Gegenüber beiden sei das Pferd am billigsten, wenn die hohe Leistung der Lokomotiven im Betrieb nicht ausgenutzt werden könne. Um billig zu fördern, sollte man grundsätzlich nur dort die Abbaulokomotive einsetzen, wo wenigstens vier Pferde arbeitstäglich von einer Lokomotive ersetzt werden können. In Abb. 13 sind Leistung und Kosten für eine Schicht bei Pferde-, Lokomotiv- und Bandförderung zusammengestellt. Man ersieht daraus, daß, wenn ein Pferd 50 t Kohle in der Schicht befördert, die Druckluftlokomotive 72,5 t und die Akkumulatorenlokomotive 83,5 t in der Schicht befördern muß, um, auf 1 t bezogen, nicht teurer zu sein als das Pferd. In der Diskussion machte Bergassessor Kieckebusch geltend, daß man bei der Beurteilung der Wirtschaftlichkeit nicht die reinen Kosten des Pferde- und des Lokomotivbetriebes gegenüberstellen dürfe, sondern zugunsten des Lokomotivbetriebes noch die ganz erheblichen Vorteile durch schnellen Verhieb gegenüber dem früher üblichen langsamen Abbau einsetzten müßte. (H. Jahns, Glückauf Bd. 65, S. 1789.) *Ka.*



a Kosten der Pferdeförderung für 1 t
a' Kosten der Pferdeförderung für 1 tkm
a'' Kosten der Pferdeförderung für 1 t bei zwei Pferden
b Kosten der Druckluftförderung für 1 t
b' Kosten der Druckluftförderung für 1 tkm
c Kosten der Akkumulatorenförderung für 1 t.
d Kosten der Bandförderung für 1 t

Abb. 13.

Elektrische Antriebe.

Elektrische Antriebe im neuzeitlichen Tafelglas-Ziehverfahren. — Die veraltete Herstellung von Fensterglas auf dem vor kurzem noch üblichen Wege der Mundbläserei ist heute nicht mehr wirtschaftlich und daher von neuzeitlichen Verfahren abgelöst worden, bei denen die Glastafeln unmittelbar aus der zähflüssigen Masse gezogen werden. Am häufigsten werden die Verfahren von Fourcault und Colburn angewandt. Zur Durchführung dieser Verfahren spielt der elektrische Antrieb eine hervorragende Rolle, da er den eigenartigen technischen Anforderungen, die dieser Betrieb verlangt, in allen Einzelheiten gerecht wird und daher auch in wirtschaftlicher Beziehung zum Erfolg geführt hat. In welcher Weise ein solcher Antrieb durchgebildet sein muß, beschreibt G. Spengler in der Siemens-Zeitschrift ausführlich an dem Fourcault-Verfahren. Die Glasflüssigkeit wird durch eine spaltförmige, rechteckige Düse aus Chamotte mittels eines Fangstückes senkrecht in die Höhe gezogen und zwischen

Digitized by Google

einer Walzenreihe mit sehr geringer Geschwindigkeit entlang geführt (Abb. 14). Dies bedingt für den Antrieb die Verwendung eines geeigneten Vorgeleges. Der Antrieb muß unbedingt ruhig und in jeder gewünschten Geschwindigkeit zuverlässig arbeiten, da jede Unregelmäßigkeit, die z. B. etwa durch Riemenrutsch eintreten könnte, die Güte des Glases herabsetzen würde. Die Glasstärke ist von der Geschwindigkeit des Ziehvorganges abhängig; beispielsweise beträgt die Ziehgeschwindigkeit für 2 mm

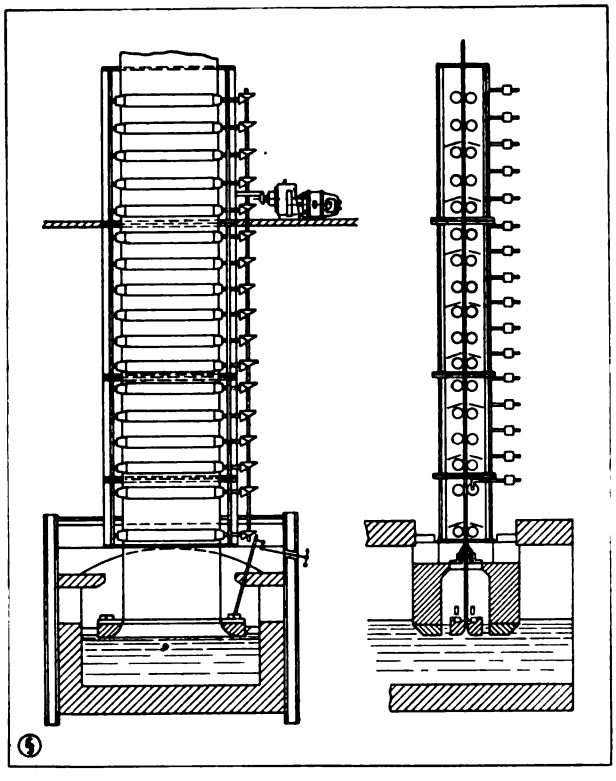


Abb. 14. Schema der Fourcault-Ziehmaschine.

starkes Glas etwa 70 cm/min. Dies bedingt, daß den gewünschten Glassorten entsprechend alle hierzu nötigen Geschwindigkeiten eingestellt und unbedingt konstant gehalten werden können. Die SSW verwenden deshalb ihre auf Grund reicher Erfahrungen durchgebildeten, regelbaren Gleichstrommotoren, wie sie bei Werkzeugmaschinen schon lange mit Erfolg angewendet werden. Der Vorgelegemotor (Leistung 1 kW) ist umkehrbar und hat für diesen besonderen Zweck einen erweiterten Regelbereich. Geregelt wird durch Feldschwächung und durch Vorschalten von Widerstand in den Ankerkreis; es ergibt sich ein Gesamtregelbereich von 1 : 10. Ein wesentlicher Fortschritt wird im Wirkungsgrad erzielt: gegenüber 50 % bei Schneckengetriebe wird ein Wirkungsgrad des Vorgeleges ohne Motor von 96 % erreicht. Als Steuergeräte werden Regelanlasser mit 144 Stufen benutzt; davon dienen 125 Stufen zum Regeln. Um Fehlschaltungen zu vermeiden, richtet man Selbstanlasser mit Druckknopfsteuerung ein, die sich schon mehrfach in Ziehglashütten bewährt haben.

Bei dem Colburn-Verfahren, dessen Energiebedarf etwas größer ist, haben sich sinngemäß dieselben elektrischen Ausrüstungen bewährt. Hier wird das Glasband nicht senkrecht in die Höhe geführt, sondern über dem Hafen rechtwinklig umgebogen. Es durchläuft eine Heizkammer und gelangt dann auf einer Schleppkette in einen 60 ... 100 m langen Kühlkanal. Die Ausbeute dieser Maschine ist etwa dreimal so groß wie beim Fourcault-Verfahren; das Anlagekapital ist aber auch entsprechend höher. Während sich die Glashütten nach dem Fourcault-Verfahren in der Hauptsache auf die Herstellung dünnwandigen Glases beschränken, wird in Glasfabriken nach Colburn auch stärkeres Glas angefertigt. (G. Spengler, Siemens-Z. Bd. 10, S. 193.) Sr.

Fernmeldetechnik.

Uhrenanlagen mit kurzzeitiger Pendelsynchronisierung und Elementbetrieb. — Während in Deutschland für Zentraluhrenanlagen anstatt Elemente längst allgemein Akkumulatorenbatterien verwendet werden, bei den elektrischen Einzeluhren ebenfalls ein starker Zug vom Elementbetrieb zum direkten Netzanschluß festzustellen ist (vgl. meinen Bericht über neue elektrische Uhren[1]), geht man in Frankreich in weiterer Entwicklung der dort weit verbreiteten magnetbetriebenen Pendeluhren[1], neuerdings sogar mehr und mehr dazu über, nach diesem System mit Elementbetrieb Zentraluhrenanlagen zu versehen. Angesichts der von den deutschen Fachleuten ständig und mit gewisser Berechtigung immer wieder geäußerten Bedenken gegen die Alterungserscheinungen der Elemente erscheint dies trotz der außerordentlich geringen Intensität der benötigten Stromstärken erstaunlich. Persönlich habe ich durch etwa einjährige Beobachtungen an einem Muster einer Ato-Uhr sehr gute Resultate festgestellt, trotz des bei diesem besonders billigen Muster erstaunlich kleinen Pendels und einer mechanischen Ausführung, die unseren Begriffen keineswegs entspricht. Freilich nehme ich an, daß das mitgelieferte Element besonders fabrikneu gewesen ist, und es bleiben noch die Ergebnisse der weiteren Zeit abzuwarten. Manche Beschwerden aus der Praxis lassen aber die von mir[1] aufgestellte Forderung gerechtfertigt erscheinen, daß alle Elemente für solche Uhren mit einem Datumstempel versehen werden, damit auch der Kunde nach Lagerung des Musters im Lager der Fabrik, des Großhandels und des Einzelhandels eine gewisse Sicherheit für ein nicht schon zu altes Element hat.

Die Prüfung einer kleinen Uhrenanlage nach diesem System war mir bisher nicht möglich; immerhin dürften die diesbezüglichen französischen Veröffentlichungen von einigem Intereses sein[2]. Da diese Abhandlungen jedoch viele bekannte Allgemeinheiten enthalten, sollen hier nur einige wenige Einzelheiten wiedergegeben werden.

Die Abb. 15 veranschaulicht schematisch das Prinzip. Die Mutteruhr *M* ist eine Pendeluhr mit dem bekannten Ato-Prinzip, jedoch anscheinend nicht nur mit längerem Pendel, sondern auch in Präzisionsausführung. Das Pendel wird mit Hilfe eines Magnetstabes am Ende und einer während jeder Doppelschwingung kurzzeitig durch eine durch Kontaktschluß erregte Spule betrieben. Da, wie bereits gesagt, die Spannung des Elements mit dem Alter sinkt, damit aber die Schwingungsweite des Pendels, wird zumindest dieses Element sehr sorgfältiger Wartung bedürfen. Das Pendel dieser Uhr betätigt die angedeuteten Kontakte e_1 und e_2 für den Nebenuhrenstromkreis, der eine eigene Stromquelle hat. Diese Nebenuhren haben den gleichen elektromagnetischen Pendelantrieb durch die halbsekundlich betätigten Stromstöße; die Fortschaltung der Zeiger erfolgt über ein kleines Klinken-

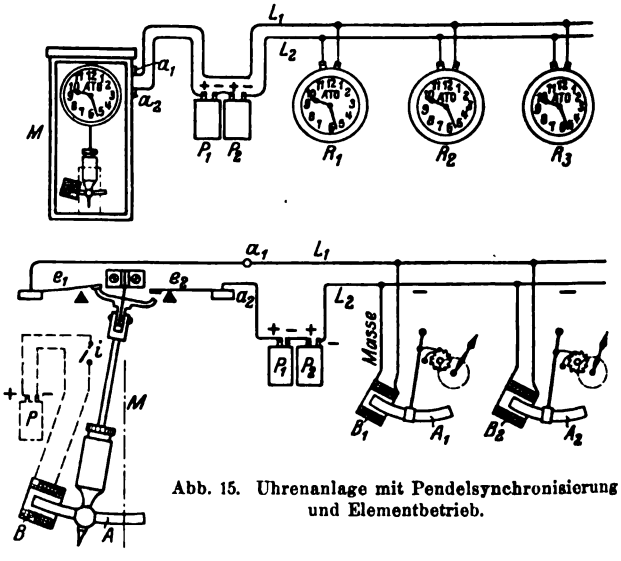


Abb. 15. Uhrenanlage mit Pendelsynchronisierung und Elementbetrieb.

werk. Es ist einleuchtend, daß durch diese Stromstöße etwaige Phasenverschiebungen in den Schwingungen der Nebenuhrenpendel gegen das Mutteruhrpendel korrigiert werden.

[1] ETZ 1930, S. 45.

[2] M. Lavet, Arts et Metiers, Januar 1930, und eine Broschüre der Société L. Hatot, Paris.

Digitized by Google

Für große Anlagen sind statt des direkten Anschlusses der Nebenuhren Uhrenrelais vorgesehen, die den Nebenuhren genau entsprechen, jedoch statt des Zeigerwerkes nur Kontakte für die einzelnen Uhrenleitungen haben. Angegeben wird, daß direkt 5 ... 15 Nebenuhren betrieben werden können bei einer Stromstärke von 0,0002 A, die angeblich zur sicheren Betätigung genügen soll. Für kleine Anlagen, also insbesondere für Privathäuser, wo man auf diese Weise einheitliche Zeit erreichen will, kann man bei genügender Sorgfalt in der Elementenfrage dem System wohlwollend gegenüberstehen, für größere Anlagen aber wird man den Elementbetrieb trotz der Uhrenrelais wegen der geringen Kontrollmöglichkeiten skeptisch betrachten. Es ist aber erstaunlich zu bemerken, daß man in Frankreich diese Wege noch immer — ob erfolgreich, ist schwer zu übersehen — geht.

Baltzer.

Physik und theoretische Elektrotechnik.

Anormale Stromleitung als Ursache dielektrischer Nachladung. — Die Untersuchungen in den letzten Jahren haben gezeigt, daß der größere Teil der dielektrischen Verluste durch dielektrische Nachladung bedingt ist, wobei über die Natur des eigentlichen Ursprunges der letzteren keine Klarheit herrscht. In Ermangelung einer besseren ist die hierauf bezügliche Theorie Maxwells zur Erklärung dieser Vorgänge herangezogen worden, die neuerdings durch K. W. Wagner[1] auch auf den Wechselstromfall ausgedehnt wurde. Whitehead und Marvin haben nun an einer Reihe von Isolierstoffen, die zum Aufbau zusammengesetzter Hochspannungsisolierungen dienen (Paraffin, Ceresin, Walrat, Carnaubawachs, Stearinsäure, raffineriertem Schmier- und schwarzem, asphalthaltigem Rohöl) sowie Mischungen dieser Stoffe, die in einen aus zwei Kreisplatten gebildeten Kondensator eingebracht wurden, Messungen des Lade- und Entladestromes, der Dielektrizitätskonstanten und des Leitungsstromes bei verschiedenen Temperaturen und Feldstärken durchgeführt. Zum Nachweis der äußerst geringen Nachwirkungsströme diente ein Saitengalvanometer nach Einthoven mit einer Empfindlichkeit von 10^{-7} bis 10^{-9} A/mm. Der Schatten eines Teiles der Saite wurde durch ein Linsensystem auf eine sich langsam drehende mit Bromsilber belegte Trommel projiziert, um so den ganzen Verlauf der Lade- bzw. Entladestromkurven auf einem etwa 25 cm langen Blatt zu erhalten. Der Leitungstrom wurde kurz nach der Ladung und in über 1 h darauf erstreckten Zwischenräumen mit einem D'Arsonval-Galvanometer von $4 \cdot 10^{-10}$ A/cm Empfindlichkeit gemessen. Als eine Art Kriterium der erhaltenen Versuchsergebnisse diente die vorerwähnte Maxwellsche Theorie. Die Beobachtungen ergaben jedoch sowohl der Größenordnung nach als auch in qualitativer Hinsicht bedeutende Abweichungen hiervon, so daß diese nach Ansicht der Verfasser auf die gebräuchlichen Dielektrika keine Anwendung finden kann. Die Hauptergebnisse der Untersuchung lassen sich wie folgt zusammenfassen: 1. Der Verlauf der Strom-Zeit-Kurve des Nachwirkungstromes hat bei allen untersuchten Stoffen eine im wesentlichen gleichartige Form. Auf einen sehr steilen Abfall zu Beginn folgt ein ganz allmähliches Abklingen. Mit guter Annäherung läßt sich die Kurve durch die Gleichung: $i = A\,t^{-n}$ darstellen. Die Abweichung von der nach der Maxwellschen Theorie geforderten Exponentialbeziehung: $i = Ie^{-at}$ ist beträchtlich. 2. Alle festen Dielektrika zeigten merkbare Nachladung. Ein Erwärmen bei verringertem Luftdruck führte in keinem Falle zur Herabsetzung der Nachladung, die bei allen Proben sich der Stromleitung annähernd proportional erwies. Es waren ferner keine Anzeichen dafür zu finden, daß der Maxwellschen Theorie entsprechend das einfache Dielektrikum Stromleitung ohne Nachladung haben kann. 3. Nach Maxwell und den von Curie[2] an einer Reihe von Kristallen gefundenen Versuchsergebnissen nimmt die Nachladung linear mit der angelegten Feldstärke zu. Die Untersuchungen der Verfasser ergaben beträchtliche Abweichungen auch von dieser Gesetzmäßigkeit. 4. Der Nachwirkungstrom klingt entgegen dem von Curie aufgestellten empirischen Gesetz um so rascher ab, je höher die Ladespannung war. 5. Die Stromleitung nimmt im allgemeinen mit der angelegten Spannung zu. In wenigen Fällen ergibt sich dabei aber auch ein Sättigungstrom. 6. Bei festen Dielektrika nehmen im allgemeinen sowohl Stromleitung als auch Nachwirkungstrom mit der Temperatur zu. In dem Maße, wie dabei Annäherung an den Schmelzpunkt stattfindet, verringert sich die Nachladung, um bei vollkommener Flüssigkeit gewöhnlich fast zu verschwinden, wie dies von anderen Beobachtern bereits festgestellt wurde. 7. In einigen Fällen war eine Abnahme der Stromleitung und Nachladung mit wachsender Temperatur zu beobachten, womit jedoch in Übereinstimmung mit 6. proportionale Änderungen der Ströme verbunden waren. 8. Obwohl umkehrbare Nachwirkung bei Flüssigkeiten nicht wie in festen Dielektrika zu erwarten ist, war diese in mehreren Fällen sehr stark merklich. Es geht daraus hervor, daß die Nachladung grundsätzlich nicht auf den festen Aggregatzustand beschränkt bleibt. 9. Lang erstreckte Vorerwärmung eines Dielektrikums verringert oder steigert Stromleitung und Nachladung im gleichen Maße. 10. Mischung zweier fester Dielektrika ergibt dieselbe Wirkung, als ob diese getrennt vorhanden wären. 11. Wird einem festen Dielektrikum eine leitende Flüssigkeit zugefügt, die sich mit ihm vermischen kann, so ergibt sich ein viel größerer Nachwirkungstrom, der auch sehr viel langsamer abklingt, als nach der Maxwellschen Theorie zu erwarten wäre. 12. Die untersuchten Stoffe ließen das Vorhandensein eines nicht umkehrbaren Nachladestromes nicht mit Bestimmtheit erkennen. Dagegen zeigten Mischungen von Paraffin mit einem geringen Zusatz von leitendem Öl bei 45° einen merkbaren Anteil nicht umkehrbarer Nachladung.

Am bemerkenswertesten ist der durch diese Untersuchungen aufgedeckte Zusammenhang zwischen Nachladung und Stromleitung, und daß jede Zu- oder Abnahme der einen entsprechende Änderungen der anderen zur Folge hat. Die Verfasser schließen hieraus, daß die eigentliche Ursache der dielektrischen Nachladung in ionischer Leitfähigkeit zu suchen ist und bezeichnen diese Art der Stromleitung deshalb als „anormal", weil sie selten dem Ohmschen Gesetz gehorcht. Sollten dabei auch Elektronen beteiligt sein, so wird deren Anteil zweifellos durch den der langsameren Ionenbewegung im allgemeinen überdeckt. Die langsameren und viel größeren Ionen erhöhen nach dieser Anschauung bei ihrer Wanderung zu den Elektroden entgegengesetzter Polarität die Feldstärke, und wenn ihre Bewegung durch irgendeine äußere Ursache unterbrochen wird, sammeln sie sich an, und es entsteht infolge der durch sie hervorgerufenen Raumladung eine EMK der Polarisation, von der so oft gesprochen wird. Dieser einfachen Erklärung stehen allerdings gewisse, von den Verfassern hervorgehobene Schwierigkeiten entgegen, so daß sie es nicht wagen, eine alle festen Dielektrika umfassende Theorie aufzustellen, doch scheinen in diesem Zusammenhang auch die Arbeiten von Smekal[1] über die Bewegung freier Ionen in den submikroskopischen Spalten der Kristalle für eine Erklärung der dielektrischen Nachladung von Bedeutung. Für feste, nichtkristalline Isolierstoffe hat vor kurzem Böning[2] ähnliche Überlegungen angestellt, wobei dieser kleinste Kanäle elektrolytischer Leitfähigkeit annahm.

Schwierig erscheint die Erklärung der Nachladung und Polarisation auch bei gewissen flüssigen Dielektrika, von denen einige, wie vorerwähnt, diese Erscheinungen zeigten. Die Verfasser versuchen hierzu die Annahme, daß ein Ion infolge seines eigenen starken elektrischen Feldes sich neutrale Moleküle anlagert, mit denen es sich bewegt, und die beim Auftreffen auf eine Elektrode den Übergang der Ionenladung auf diese verhindern, woraus sich auch häufiger beobachtete Raumladungen in der Nähe der Elektroden erklären würden. Die Verfasser schlagen gewissermaßen zur Fortsetzung ihrer eigenen Arbeiten die Untersuchung der Ionenbeweglichkeit und Leitfähigkeiten in dielektrischen Flüssigkeiten zunehmender Viskosität vor. Die Erkenntnis, daß Nachladung und Stromleitung immer Hand in Hand gehen, wobei die letztere in festen Dielektrika häufig den Charakter der Ionenbewegung in Gasen und Flüssigkeiten annimmt, läßt weitere Fortschritte im Verständnis der dielektrischen Erscheinungen aus dem Studium dieser Ionen erhoffen. (J. B. Whitehead u. R. H. Marvin, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 48, S. 186.) *O. N.*

[1] K. W. Wagner in Schering, Die Isolierstoffe der Elektrotechnik, S. 12. Verlag Julius Springer, Berlin 1929.
[2] M. J. Curie, Ann. de Chem. et de Phys. (6), Bd. 18, S. 203.

[1] Smekal, Z. Phys. Bd. 26, S. 707 (1924).
[2] Böning, Arch. El. Bd. 20, S. 88 (1928).

Hochspannungstechnik.

Isolierung von Hochspannungsleitungen in der Nähe des Meeres. — Über diese Frage hatten Montandon und Le Moigne bereits auf der vorletzten internationalen Hochspannungskonferenz in Paris 1927 auf Grund ihrer Erfahrungen auf einer mit 70 kV betriebenen Hoch-

Digitized by Google

spannungsleitung in Marokko berichtet und als einzige Abhilfsmaßnahme gegen die Einwirkungen der Salzablagerungen die Verwendung einer mit Öl gefüllten viergliedrigen Schlingen-Isolatortype mit Regenschutzmänteln über dem Ölspiegel empfohlen[1]. Auf der letzten internationalen Hochspannungskonferenz in Paris 1929 wird nun über die inzwischen mit dieser Art von Isolatoren gemachten Erfahrungen berichtet. Hiernach haben sich die früheren Erwartungen bestätigt gefunden, insofern keine Isolatoren irgendwelcher Art, wenn sie nicht mit Öl gefüllt sind, den ungewöhnlichen klimatischen Bedingungen genügen. Allerdings sind die ursprünglich nur als Schlingenisolatoren ausgebildeten Hängisolatoren inzwischen noch durch solche der Kappentype (Abb. 16) ergänzt worden, wobei wieder besonderer Wert darauf gelegt wurde, daß das Ölbad durch einen weit ausladenden Blechschirm gegen Regen geschützt wird. Der Inhalt eines Ölbehälters beträgt 3 ... 6 l, wird aber nur bis höchstens zur Hälfte gefüllt, um noch genügende Mengen von Wasser und Schmutz aufnehmen zu können, bevor er überfließt. Um Stromübergänge zu verhindern, genügt bereits eine Ölschicht von 11 mm Länge, während deren Durchschlagspannung 30 ... 50 kV auf 1 Glied betragen muß, ein Wert, der der äußeren Überschlagspannung eines Gliedes bei starker Verschmutzung entspricht.

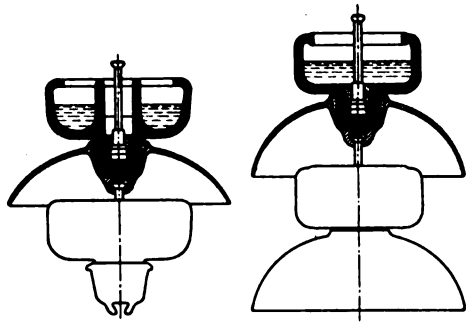


Abb. 16. Mit Öl gefüllte Kappen-Hängisolatoren zum Schutz gegen die Wirkung von Salzablagerungen.

Während aber jeder nicht ölgefüllte Isolator unter den hier herrschenden klimatischen Verhältnissen infolge der Hitzewirkung der Oberflächen-Verlustströme springt, verhindert die Ölfüllung diese Verlustströme, während die äußere Verschmutzung des Isolators (Ölbehälters) fast ohne jeden Einfluß bleibt. Auch würde der Isolator, wenn seine Porzellanoberfläche völlig leitend geworden ist, bei 30 ... 50 kV außen (d. h. zwischen dem Blechschirm des oberen und der leitenden Oberfläche des nächsten Isolators) überschlagen, ohne jedoch seine Durchschlagspannung zu erreichen.

Jedenfalls haben sich die bisher eingebauten 20 000 ölgefüllten Isolatoren durchaus bewährt, während 20 000 weitere eingebaut werden sollen, so daß dann mehr als 750 km Leitung mit 70 kV betrieben werden. Durch die dem Bericht beigefügte Störungskurve während der Jahre 1926/28 wird das gute Verhalten der neuen Isolatoren auch statistisch zuverlässig belegt. — Leider vermißt man in dem Bericht Angaben darüber, wie oft bei Hängisolatoren die Ölfüllung ersetzt werden muß, und wie die horizontal hängenden Abspannisolatoren, die sinngemäß doch auch als Ölisolatoren ausgebildet werden mußten, beschaffen sind. D. Ber. — (F. Montando u. G. Gravier, Vortrag der Internat. Hochspannungskonferenz, Paris 1929.) *W. W.*

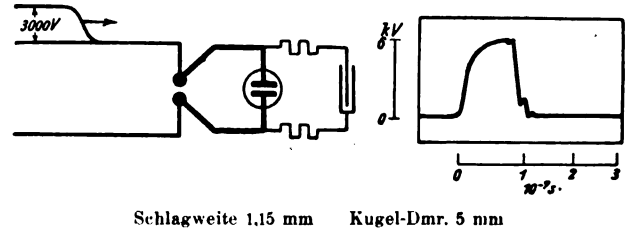
Berichte über Isolatoren auf der Internationalen Hochspannungskonferenz, Paris 1929. — Versuche über den Einfluß von Regen, Nebel und Schmutz haben ergeben, daß namentlich durch Salzablagerungen in der Nähe des Meeres die Überschlagspannung der Isolatoren bis auf 30 % des normalen Wertes sinken kann. Als Abhilfe sind an der marokkanischen Küste ölgefüllte Kettenisolatoren verwendet worden, die zu einer wesentlichen Besserung des Betriebes geführt haben[2].

Die Frage, ob die Höhe der Durchschlagspannung unter Öl einen richtigen Maßstab für die dielektrische Widerstandsfähigkeit eines Isolators ergibt, wurde untersucht und festgestellt, daß der Durchschlag bei niedrigen Spannungen erfolgt, wenn bei der Prüfung die Glimmgrenze des Isolators im Öl überschritten wird. Der Grund für den schädlichen Einfluß des Glimmens im Öl, der in Luft nicht vorhanden ist, konnte nicht ermittelt werden. Es werden verschiedene Gründe für das frühere Durchschlagen der Isolatoren in Öl angegeben, u. zw. vermutet man, daß durch das Glimmen Hochfrequenzschwingungen eintreten, die das Material sehr hoch beanspruchen. Auch werden thermische und mechanische Überbeanspruchungen, die durch das Glimmen infolge örtlicher Erwärmung der Oberflächen der Prüfstücke auftreten, als nachteilig angesehen. Es besteht außerdem die Möglichkeit, daß durch das Glimmen erzeugte Elektronenstöße das Material beanspruchen. Es wird als wünschenswert angesehen, bei der Durchschlagsprüfung unter Öl das Glimmen zu vermeiden.

Die Ausschreibungsbedingungen für Isolatoren enthalten oft unzweckmäßige Forderungen. Die Abnehmer sollten vor Auftragserteilung genaue Typenprüfungen ausführen und sich von der Widerstandsfähigkeit der Isolation überzeugen. Dadurch werden bei der Abnahme die umfangreichen Typenprüfungen entbehrlich. Übertriebene Forderungen werden oft bei der thermischen Prüfung gestellt und bedeuten, wie viele dieser Prüfungen, erhebliche Kosten für die Porzellanfabriken. Ein Isolator, der in der gleichen Form nach den gleichen Fabrikationsmethoden schon jahrelang hergestellt wird und in Tausenden von Exemplaren geliefert ist, wird immer dieselben Prüfergebnisse zeitigen. Die nachträgliche Prüfung hat nur den Zweck, zu zeigen, daß die Fabrikation konstant geblieben ist. Wenn schon umfangreiche Prüfungen bei der Abnahme ausgeführt werden, so sollten sie unter solchen Bedingungen vorgenommen werden, daß nützliche Schlußfolgerungen für den Betrieb gezogen werden können.

Für die an gekitteten Isolatoren aufgetretenen Sprünge wird nicht nur das Treiben des Kittes verantwortlich gemacht, sondern auch Ermüdungserscheinungen. Ähnlich den bei Metallen vorgenommenen Versuchen werden auch systematische Versuche zur Klärung dieser Frage vorgeschlagen. Zwecks Prüfung des Schutzes der Isolatoren durch besondere Armaturen werden Versuche mit Schutzringen ausgeführt. Die an Stützen- und Kettenisolatoren von der Porzellanfabrik Rosenthal im Laboratorium der AEG, Berlin, ausgeführten Versuche[1] mit hohen Leistungen haben ergeben, daß es zweckmäßig ist, Ketten für Betriebspannungen von 130 kV an oben und unten mit Schutzringen zu versehen, um das Porzellan gegen die Einwirkungen des Lichtbogens zu schützen. Alle Leitungen mit Spannungen von 132 kV in Deutschland und Amerika sind mit Schutzringen ausgerüstet worden. Die Erfahrungen mit Hewlett-Isolatoren sind gut, trotzdem das Durchbrennen der Seilschlingen zu Betriebstörungen führt. Der Ausfall einschließlich desjenigen durch Steinwürfe beträgt 1,28 % bei 122 150 Isolatoren in 4 Jahren. (Rev. Gén de l'El. Bd. 13, S. 395.) *Th. H.*

Über die Stufe im Funkendurchbruch nach neueren Aufnahmen mit dem Kathodenstrahl-Oszillographen. — In den Veröffentlichungen des Elektrotechnischen Instituts der T. H. Aachen finden sich vielfach Hinweise, daß bei den oszillographischen Aufnahmen von Funkendurchbrüchen im homogenen Feld bei atmosphärischem Druck eine Stufe auftritt. Dies ist überraschend, da man bisher immer mit einem stetigen Verlauf des Zusammenbruchs gerechnet hat, wie er ja auch dem Toeplerschen Funkengesetz zugrunde liegt. Es dürften daher auch Versuchsergebnisse über Aufnahmen von Funkenüberschlägen von Interesse sein, die im Institut für Elektromaschinenbau der T. H. Dresden zur Durchführung gelangten.



Schlagweite 1,15 mm Kugel-Dmr. 5 mm

Abb. 17. Kugelfunkenstrecke im Durchschlag am Ende einer Doppelleitung. Meßkreis mit Querdämpfung.

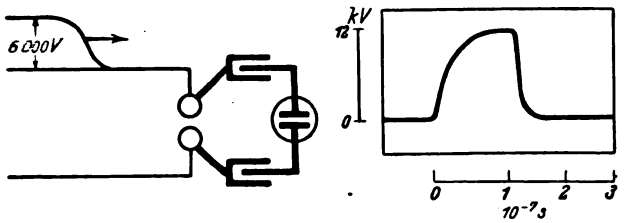
Wenn wir nach dem Schema der Abb. 17 eine Kugelfunkenstrecke bei atmosphärischem Druck am Ende einer

[1] ETZ 1928, S. 761.
[2] Vgl. das vorhergehende Referat nach Montandon u. Gravier.

[1] AEG-Mitt. 1929, S. 659.

Digitized by Google

Doppelleitung einer Sprungwellenbeanspruchung beispielsweise bis 6000 V aussetzen, so wird tatsächlich eine Stufe erhalten, wie das Oszillogramm in Abb. 17 zeigt. Die weiteren Untersuchungen führten jedoch zu der Erkenntnis, daß Form, Lage und Anzahl der Stufen von den Konstanten des Meßkreises und dessen Dämpfung abhängig sind, daß also eine Eigenschwingung mit im Spiele ist und nicht unbedingt eine Unstetigkeit im Funken vorhanden sein muß. Erhöht man die Eigenschwingungszahl des Meßkreises, z. B. durch Anwendung einer kleineren Kapazität, mittels kapazitiver Spannungsteilung nach Abb. 18, dann stellen sich mehrere Stufen ein, die bei Vergrößerung der Schlagweite und demgemäß erhöhter Spannung schließlich verschwinden, so daß nach Abb. 18 ein vollkommen aperiodisch verlaufender Funkendurchbruch auftritt. Offenbar hat die Dämpfung des Meßkreises durch den höheren Funkenwiderstand die Schwingung unterdrückt.



Schlagweite 2,85 mm Kugel-Dmr. 25 mm

Abb. 18. Kugelfunkenstrecke im Durchschlag am Ende einer Doppelleitung. Erhöhte Eigenschwingung des Meßkreises ohne Querdämpfung.

Die Durchbruchszeiten sind außerordentlich kurz, denn sie bewegen sich auf Grund von mit höchster Geschwindigkeit geschriebenen Aufnahmen in der Größenordnung von 10^{-9} ... 10^{-8} s und stehen in voller Übereinstimmung mit den mittels der Schleifenmethode von Binder gefundenen Werten. (W. Krug, Z. Techn. Phys. Bd. 11, S. 153.) *Sb.*

Werkstatt und Baustoffe.

Elektrische Warmbehandlungsöfen im Fließarbeitsprozeß. — Die Caterpillar Tractor Co. in Peoria hat es vorgezogen, ihre für die Warmbehandlung bestimmten elektrischen Öfen nicht geschlossen in einer besonderen Warmbehandlungsabteilung, wie das meistens der Fall ist, aufzustellen, sondern in der Maschinenfabrik als Glieder im Fließarbeitsprozeß. Man betrachtet die einzelnen Öfen demnach als Teile der Einrichtungen, die unmittelbar an der Erzeugung beteiligt sind. Außerdem ist dafür Sorge getragen, daß für den Fall einer Veränderung des Fabrikationsprogrammes weitere Maschinen und Öfen aufgestellt werden können. Die 24 elektrischen Öfen sind, je nach ihrem Zweck, im ganzen Betrieb verteilt und haben einen Energiebedarf von insgesamt 2745 kW. Die elektrischen Glühöfen sind für kontinuierliche Arbeiten eingerichtet der Art, daß das Glühgut vorn in den Ofen eintritt und das im Ofen befindliche und geglühte Gut vorwärts treibt, so daß dieses zuerst in die erste und dann in die zweite Abkühlungskammer gelangt, um schließlich am anderen Ende den Ofen zu verlassen und seinem weiteren Bestimmungszweck zugeführt zu werden. Die Bewegung des Glühgutes durch den Ofen erfolgt durch einen Mann, der die Durchgangsgeschwindigkeit durch den Ofen mit Hilfe eines einstellbaren Motors regeln kann. Die elektrischen Härteöfen von 120 kW, 220 V, sind mit einem Drehherd ausgestattet, der mit dem Wärmegut beschickt wird. Je nach der Dicke der zu behandelnden Stücke wird die Geschwindigkeit des Herdes langsam oder schnell bemessen, u. zw. bewegt sich die Zeit für eine Umdrehung von 15 min für kleine Stücke bis zu 1½ h für dickere. Sowohl bei den vorgenannten Glühöfen als auch bei diesen Härteöfen hat man für eine genaue selbsttätige Temperaturkontrolle Sorge getragen. Die zu härtenden Stücke werden nach dem Wärmen aus dem Ofen genommen und abgeschreckt, so daß dann andere Stücke auf den Drehherd aufgesetzt werden können. Für die Teile, die nach dem Härten noch angelassen werden sollen, sind besondere Anlaßöfen vorgesehen, die ebenfalls elektrisch beheizt sind. Bei diesen Öfen wird das Gut ähnlich wie bei den Glühöfen vorn aufgegeben, durch den Ofen gefördert und an der der Beschickungseite entgegengesetzten Seite wieder aus dem Ofen herausgedrückt. Von diesen Öfen aus gelangen dann die Stücke zum Zusammenbau. Der Betrieb mit den elektrischen Öfen innerhalb der fließenden Fertigung hat ihre Eignung für ihre Aufstellung zwischen den einzelnen Arbeitsvorgängen und ihre Anpassungsfähigkeit an den Betrieb bewiesen. (The Iron Age Bd. 126, S. 357.) *Kp.*

Verschiedenes.

Bericht des Vereins zur Überwachung der Kraftwirtschaft der Ruhrzechen 1929/30 (Auszug). — Im Bericht des Vereins zur Überwachung der Kraftwirtschaft der Ruhrzechen, Essen, über das Geschäftsjahr 1929/30 wird ausgeführt, daß der Anteil der handbeschickten Planroste sowie der Gasfeuerungen ständig abnimmt, die Zahl der mechanisch beschickten Wanderroste und Schürroste sowie der Staubfeuerungen dagegen wächst. Durch die neueren Verbesserungen des Wanderrostes ist sein Anwendungsgebiet erweitert worden. Während man früher nur mit Hilfe besonderer Kunstgriffe, wie Zündgewölbe mit rückkehrender Neigung und Rauchgasrückführung, in der Lage war, Koksgrus und andere magere feinkörnige Brennstoffe auf dem Wanderrost zu verbrennen, ist dies jetzt ohne weitere Maßnahmen auf dem Hochleistungs-Zonen-Wanderrost möglich. Die letztere Gattung hat daher auf den Zechen des Ruhrbezirks schnell Eingang gefunden. — Wenn jetzt fast jede Kesselfirma mit einer neuen Kesselbauart auf den Markt tritt, so wird darauf hingewiesen, daß dadurch dem Besteller nur die Entscheidung erschwert wird, ohne dem Kesselhersteller die Möglichkeit zur Verbilligung seiner Erzeugnisse zu geben. Es wird daher empfohlen, daß man sich in den Kreisen der Kesselindustrie auf einige wenige bewährte Ausführungen einigt.

Bei Versuchen an kohlenstaubgefeuerten Flammrohrkesseln wurde als bemerkenswertes Ergebnis eine Dampfleistung von 25 ... 32 kg/m²/h ermittelt, also etwa eine Verdoppelung der bisher üblichen Leistung solcher Kessel im Zechenbetriebe. Auch die Ausnutzung des Brennstoffes war wider Erwarten hoch (70 ... 83 %), obwohl die Versuchskessel ohne Vorwärmer und zum Teil ohne Überhitzer arbeiteten, und teilweise sogar ungemahlener Staub Verwendung fand. Daraus ergibt sich, daß die Staubfeuerungen an Flammrohrkesseln hinsichtlich der Ausnutzung den Vergleich mit den besten Feuerungen an Wasserrohrkesseln aushalten, und daß die Vermahlung der Kohle aus wirtschaftlichen Gründen nicht immer erforderlich ist, sondern auch mit abgesaugtem Staub sehr hohe Leistungen und Ausnutzungsgrade erreicht werden können.

Auf elektrotechnischem Gebiet nimmt die elektrische Schweißung bei der Herstellung von Schienenstoßverbindungen einen immer größeren Platz ein. Auf die verbesserte Schienenrückleitung sei wohl auch zurückzuführen, daß im Berichtsjahr durch Streuströme keine Schießunfälle nachgewiesen werden konnten. Dagegen gaben einige an den Stromabnehmern elektrischer Lokomotiven vorgekommene Unfälle dazu Veranlassung, dem Schutz der spannungführenden Teile der Stromabnehmer gegen zufällige Berührung eine erhöhte Aufmerksamkeit zu schenken. Es wird auch darauf hingewiesen, daß die sachgemäße Instandhaltung elektrischer Fahrdraht-Streckenförderungen nur möglich ist, wenn durch eine entsprechende Organisation dafür gesorgt wird, daß der Bergmann und der Elektrotechniker hierbei Hand in Hand arbeiten. Ermittlungen über den Rückgang der Unfälle an Betriebspunkten mit neuzeitlicher Beleuchtung haben in einem Falle eine Verringerung der Unfallzahl um mehr als die Hälfte ergeben. Weitere Untersuchungen sollen sich auf das Augenzittern der Bergleute und die Zusammenhänge dieser Krankheit mit der Beleuchtung erstrecken. In letzter Zeit sind die sogenannten Fertigsignalanlagen wegen der Zeitersparnis gegenüber den Anlagen mit Klopfzeichen auch für die Lastenförderung in größerem Umfange eingeführt worden. Von den 36 Unfällen durch elektrischen Strom sind 21 auf eigenes Verschulden zurückzuführen, die meisten Unfälle haben sich in Schalt- und Verteilungsanlagen sowie an Fahrdrahtanlagen ereignet; 14 Unfälle wurden durch eine Spannung von 220 V verursacht. Bei den Versuchen an elektrischen Zündmaschinen wurde festgestellt, daß die Kompoundwicklung nicht in der Lage ist, den Zündungsvorgang zu beeinflussen, deshalb erscheine es zweckmäßig, auf die Kompoundwicklung zu verzichten und den hierdurch freiwerdenden Wickelraum für die Erhöhung der Windungszahl der Nebenschlußwicklung auszunutzen. *Ka.*

Digitized by Google

Energiewirtschaft.

Anteil der Beleuchtung und der Elektrogeräte am Stromverbrauch im Haushalt. — Zur Klärung dieser Frage hat der Verfasser vor einiger Zeit in den Osram-Nachrichten mittels eines diesen beigelegten und erläuterten Fragebogens eine Erhebung veranstaltet. Die Umfrage ergab durch Beantwortung von rd. 200 Fragebogen folgendes:

	Durchschnittl. Zimmerzahl der Wohnungen	Durchschnittl. Personenzahl der Wohnungen	Durchschnittl. Anschlußwert W		Durchschnittl. Stromverbrauch kWh		Benutzungsdauer h		mittlerer Strompreis Pf/kWh
			Licht	Geräte	Licht	Geräte	Licht	Geräte	
Berlin	3,2	4,0	792	1189	238	77	300	65	24,1
Einige deutsche Großstädte . .	3,8	3,5	671	1346	126	77	188	57	42,0

Nach Angaben des Statistischen Reichsamts beträgt die durchschnittliche Raumzahl der Wohnungen in den 46 deutschen Großstädten 3,9, in Berlin 3,3, der Durchschnitt für Berlin wie für einige Großstädte des Reichs ist also gut getroffen. Auch die mittlere Personenzahl der Wohnungen — im Reichsdurchschnitt der Großstädte 3,7, für Berlin 3,3 — stimmt befriedigend mit dem Ergebnis aus dem doch recht beschränkten statistischen Material der Umfrage. In der Übersicht fällt zunächst auf, daß die Benutzungsdauer des Anschlußwertes für Licht 3- bis 5mal so groß als für Geräte ist, woraus ein Rückschluß auf die überwiegende Bedeutung des Beleuchtungstromes gezogen werden kann. (Über den Gleichzeitigkeitsfaktor liegen genaue Messungen leider noch nicht vor.) Bemerkenswert ist die Beziehung zwischen dem Lichtverbrauch bei höherem und bei niedrigem Strompreis. Der Beleuchtungstromverbrauch ist in Berlin fast doppelt so groß als in den untersuchten anderen deutschen Großstädten, die Zimmerzahl hierbei ungefähr gleich, ebenso die Personenzahl je Wohnung. Trotz des verhältnismäßig hohen Anschlußwertes der Geräte ist die kWh-Abnahme für diese sehr gering und bei stark verschiedenen Strompreisen auffallenderweise gleich hoch. A. G. Arnold.

Erzeugung und Verbrauch elektrischer Arbeit in Deutschland[1]. — Im Oktober lag die Erzeugung der 122 Elektrizitätswerke um 92,6 Mill kWh (7 %) über der des Vormonats, aber um 181,3 Mill kWh (11,4 %) unter der Produktion des Oktober 1929. Arbeitstäglich betrug die bezügliche Steigerung 1,562 Mill kWh (3 %) und die Abnahme 6,714 Mill kWh (11,4 %). Die Gesamterzeugung der erfaßten Werke belief sich von Januar bis Oktober auf 13,4 Mrd kWh (13,7 i. V.). Der Anschlußwert der von 103 Werken belieferten industriellen Abnehmer ist im September gegen den Vormonat um 4000 und gegenüber dem gleichen Monat des Vorjahres um 82 000 kW gestiegen, während ihr Verbrauch sich im Vergleich zum August um 2,3 und zum Parallelmonat von 1929 um 80,5 Mill kWh (14,7 %) verringert hat. Arbeitstäglich war er ebenso hoch wie im Vormonat, aber um 3,853 Mill kWh (18 %) schwächer als im September des Vorjahres. Der Minderverbrauch gegenüber der entsprechenden Zeit von 1929 betrug nach den Angaben des Statistischen Reichsamts im ersten Vierteljahr 5 %, im zweiten 11 % und im dritten 16 %.

Monat	Arbeitstage		Von 122 Elektrizitätswerken selbst erzeugte Mill kWh				Anschlußwert und Verbrauch der von 103 Elektrizitätswerken direkt belieferten gewerblichen Abnehmer							
			insgesamt		arbeitstäglich		Anschlußwert Mill kW		Gesamtverbrauch Mill kWh		arbeitstäglicher Verbrauch			
											insgesamt Mill kWh		kWh/kW Anschlußwert	
	1930	1929	1930	1929	1930	1929	1930	1929	1930	1929	1930	1929	1930	1929
I.	26	26	1555,7	1443,6	59,8	55,5	4,6	4,3	545,0	540,0	21,0	20,8	4,6	4,8
II.	24	24	1392,5	1282,0	58,0	53,4	4,6	4,3	512,3	499,3	21,3	20,8	4,7	4,8
III.	26	25	1430,1	1306,9	55,0	52,3	4,6	4,3	523,4	510,2	20,1	20,4	4,4	4,7
IV.	24	25	1291,7	1299,1	53,8	52,0	4,6	4,3	485,8	511,6	20,2	20,5	4,4	4,7
V.	26	25	1296,4	1302,6	49,9	52,1	4,6	4,3	498,9	510,4	19,2	20,4	4,2	4,7
VI.	24	25	1170,1	1297,4	48,8	51,9	4,6	4,4	463,8	531,3	19,3	21,3	4,2	4,9
VII.	27	27	1268,5	1370,5	47,0	50,8	4,5	4,4	479,7	542,4	17,8	20,1	4,0	4,6
VIII.	26	27	1272,6	1437,1	48,9	53,2	4,5	4,4	470,8	556,1	18,1	20,6	4,0	4,7
IX.	26	25	1311,1	1420,6	50,4	56,8	4,5	4,4	468,5	549,0	18,1	22,0	4,0	5,0
X.	27	27	1403,7	1585,0	52,0	58,7	.	4,5	.	558,6	.	20,7	.	4,7

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 24, 1693.

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Gesellschaftsabend des Elektrotechnischen Vereins e.V. am Freitag, dem 9. Januar 1931.

Der in Heft 51 der ETZ angekündigte „Gesellschaftsabend" des Elektrotechnischen Vereins wird am Freitag, dem 9. Januar 1931 von 9 Uhr abends ab im Marmorsaal (mit Bankettsaal und Roter Veranda) des Zoologischen Gartens stattfinden. Mit Rücksicht auf die Not der Zeit wird diesmal von einem gemeinsamen Essen abgesehen; die Veranstaltung wird daher nur in Tanz bestehen.

Dunkler Anzug erbeten.

Die Mitglieder werden gebeten, der Einladung nebst ihren Angehörigen recht zahlreich Folge zu leisten; eingeführte Gäste sind willkommen.

Eintrittskarten zum Preise von 2 RM (zur Deckung der Unkosten) sind in der Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins, Potsdamer Str. 118 a II, zu haben. Da eine Kartenausgabe am Abend selbst nicht stattfindet, sind die Bestellungen schriftlich bis 4. I. unter gleichzeitiger Einsendung oder Überweisung des Betrages auf Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02 an den Elektrotechnischen Verein zu richten.

Elektrotechnischer Verein e. V.
Der Vorsitzende:
Dr.-Ing. Feyerabend.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)
Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 7 Pallas 7286.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Bezug von Einbanddecken für den Jahrgang 1930 der ETZ.

Wir werden mit Abschluß des Jahres 1930 wiederum den Beziehern der ETZ Einbanddecken zur Verfügung stellen.

Die Preise sind die gleichen wie im Vorjahr und werden 2,20 RM für den Halbjahr-Band einschließlich Versandkosten betragen.

Bestellungen erbitten wir schon jetzt aufzugeben, damit rechtzeitige und pünktliche Lieferung gesichert ist.

Die Bestellung kann erfolgen durch Einzahlung auf unser Postscheckkonto, Berlin 213 12 (Versandanschrift genau aufgeben, ebenso Vermerk beifügen „ETZ-Einbanddecke") oder durch schriftliche Bestellung. In letzterem Falle erfolgt der Versand durch die Verlagsabteilung des VDE, Berlin W 57, Potsdamer Str. 68, unter Nachnahme.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

Digitized by Google

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

E. Kaan. — Das nach Rücktritt des Herrn E. Dittes als Direktor der Elektrisierungsdirektion der Österreichischen Bundesbahnen längere Zeit verwaiste Amt ist nun durch Herrn Ministerialrat E. Kaan wiederum besetzt worden. Kaan wurde 1878 zu Wien geboren, war nach Besuch der T. H. Wien längere Zeit in der Privatpraxis und danach als Referent für elektrotechnische Angelegenheiten in der oberösterreichischen Statthalterei tätig. Danach befaßte er sich als Oberingenieur im Starkstromdepartement des damaligen Eisenbahnministeriums mit Bahnhofsbeleuchtung, bahneigenen Kraftwerken und der Entwicklung der elektrisch betriebenen Lokal- und Kleinbahnen Österreichs. Nach Rückkehr aus dem Kriege wurde er Oberbaurat im Eisenbahnministerium und 1925 Wirkl. Ministerialrat und Vorstand der Abteilung für die elektrotechnischen und maschinentechnischen Angelegenheiten der Eisenbahnen, worin ihm bestimmender Einfluß auf die Elektrisierungsarbeiten der Österreichischen Bundesbahnen eingeräumt wurde.

LITERATUR.

Besprechungen.

La Solution générale du problème des dimensions économiques maximum d'une conduite forcée en métal et son applllication aux calculs pratiques (nouvelle méthode 1925). Von P. S. Rini. Mit Abb. u. Taf. u. 126 S. in gr. 8°. Verlag Jules Rey, Grenoble, 23 Grande Rue, 1928.

Der Verfasser behandelt das Problem, wie Zahl, Länge und Durchmesser der einzelnen Abschnitte einer Kraftwasserleitung am ökonomischsten zu bemessen sind. Das Werk gibt eine Zusammenfassung von 9 Arbeiten, die in den Jahren 1925 und 1926 in der Zeitschrift La Houille Blanche erschienen sind. Im 1. Kapitel wird die rein mathematische Behandlung des allgemeinen Problems durchgeführt; im 2. u. 3. Kapitel werden die Ergebnisse auf geradlinige Leitung angewandt. Das 4. Kapitel enthält die für die praktische Anwendung wichtigen Ergebnisse für eine Leitung beliebiger Führung in tabellarischer und graphischer Form. Weiter werden behandelt Leitungen von konstantem Durchmesser und parallele Leitungen; ferner wird ein Zahlenbeispiel ausführlich durchgerechnet. Im Schlußkapitel werden verschiedene Leitungen nach ökonomischen Gesichtspunkten verglichen. Als wichtiges Ergebnis hebt der Verfasser hervor, daß eine Leitung mit konstantem Durchmesser, berechnet nach den Angaben des Buches, ökonomisch gleichwertig mit einer Leitung mit wechselndem Durchmesser ist, so daß hier nur konstruktive Gesichtspunkte maßgebend sind.

Bauer.

Stromdiebstähle in Gleich- und Wechselstromanlagen. 2. vollst. neubearb. Aufl. Von Ing. F. Kuchenmeister. Mit 36 Abb. i. Text u. 66 S. in 8°. Akademisch-Technischer Verlag Friedrich Otto Müller, Altenburg/Thür. 1930. Preis kart. 3,20 RM.

Die erste Auflage dieses Buches wurde in der ETZ 1929, S. 1033, ausführlich besprochen. Die vorliegende 2. Auflage zerfällt ebenfalls in 3 Teile; bezüglich der beiden ersten Teile (insgesamt 18 Seiten) ist nichts hinzuzufügen, da diese inhaltlich keine Änderung erfahren haben. Der dritte, von 56 Seiten auf 35 Seiten zusammengeschrumpfte Teil: „Entwendung elektrischer Energie nach dem Zähler" ist insofern vollständig neu bearbeitet worden, als in dieser zweiten, reichlich verkürzten Auflage der Charakter des reinen Plagiats zu verwischen versucht worden ist, im Gegensatz zur ersten Auflage, in der — wie aus der vorgenannten Besprechung ersichtlich, zum Teil in ganz unverhüllter Weise — getreue Übereinstimmung mit dem betreffenden Inhalt des Buches: „Verschleierung der Angaben von Elektrizitätszählern und Abhilfe" von Prof. Dr.-Ing. A. Geldermann (Verlag Julius Springer, Berlin 1923) gewahrt worden war. Infolge der Verkürzung und Umarbeitung des Stoffes ist nicht nur die Deutlichkeit des Abschreibens, sondern auch die der Darstellung stark verblaßt. Die bereits in der ersten Besprechung erwähnten Unklarheiten und Irrtümer treten relativ stärker hervor (s. z. B. Schemata Fig. 22, 23). Die im 3. Teil der zweiten Auflage nunmehr in ein etwas anderes Gewand gehüllten Fälle von Entwendung elektrischer Energie sind sämtlich in dem Buch „Verschleierung" bereits ausführlich behandelt worden. Die dazugehörigen Schemata sind mehr oder weniger glücklich umgezeichnet worden. Inhaltlich bietet diese 2. Auflage somit nichts Neues, sie unterscheidet sich im wesentlichen nur dadurch von der ersten, daß sie die 38 in der damaligen Besprechung gekennzeichneten Fälle auf 14 reduziert hat.

Winkler.

Das Steinzeug. Von Dr. phil. Dr.-Ing. F. Singer. Mit einem Porträt des Herrn Generaldir. N. B. Jungeblut, Charlottenburg, u. 25 Bildern d. Malerin Marei Wetzel-Schubert, Berlin-Wilmersdorf, VIII u. 177 S. in 2°. Verlag Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig 1929. Preis geb. 38,50 RM, Luxusausgabe 60 RM.

Das vorliegende Buch ist insofern einzigartig, als es kein Lehrbuch der Steinzeugherstellung sein will und wohl auch nicht für den Fabrikanten geschrieben wurde und doch von jedem mit Gewinn gelesen werden kann, vom Fabrikanten sowohl als auch vom Verbraucher, vom Vertreter der Steinzeugindustrie sowohl als auch von Vertretern anderer keramischer und auch nichtkeramischer Industrien. Auch der Studierende wird seine Kenntnisse der Eigenschaften und der Verarbeitungsverfahren der Tone, der wesentlichen Gesichtspunkte beim Aufbau von Spezialmassen, der Eigenschaften und Anwendungsgebiete keramischer Erzeugnisse durch das Studium dieses Werkes mehren und erweitern können, zumal die meisten Abschnitte, wie z. B. über die physikalischen und chemischen Grundlagen, über die Entstehung und das Vorkommen der Rohstoffe, über Formgebung, Trocknen und Brennen, vieles enthalten, was auch für die andern Zweige der Keramik wertvoll ist, und gerade die allgemeinen Zusammenhänge in den Vordergrund gerückt werden. Dem Verbraucher werden die Kapitel über die technisch wichtigen Eigenschaften und die Anwendung des Steinzeugs manches Wissenswerte bringen und ihn über die technischen Möglichkeiten und Grenzen unterrichten können.

Besonders hervorzuheben ist auch die sehr gediegene Ausstattung und das sehr sorgfältig bearbeitete Sachregister.

R. Rieke.

Vom Hirten zum Erfinder. Von M. Pupin. Autoris. dt. Übersetzung mit Bildnis d. Verf., 1. Taf. u. 390 S. in 8°. Verlag Felix Meiner, Leipzig 1929. Preis geh. 10 RM, geb. 12 RM.

Die letzten Jahre haben uns eine ganze Reihe biographischer Werke von Naturwissenschaftlern und Technikern beschert, mit ein Anzeichen dafür, daß die exakten Wissenschaften eine gewisse Abrundung erreicht haben, die ein atemholendes Rückblicken zuläßt.

Der deutsche Leser, der mit der Lektüre des Pupinschen Buches beginnt, wird überrascht sein, hier etwas ganz anderes zu finden als in den übrigen Biographien; der Grund hierfür liegt in der uns volksfremden Persönlichkeit des Verfassers und dem sehr eigenartigen Lebensweg, der ihn zur Wissenschaft führte. Dieser Weg beginnt in einem Dörfchen des Banat, wo Pupin als Sohn serbischer Bauern im Geiste stolzer Traditionen und eines glühenden Nationalismus aufwächst. Nach einigen Schuljahren daheim und in Prag wandert er nach Amerika aus, um dort weiterzulernen. Mit großer Energie behauptet er sich in dem ihm innerlich fremden Lande, studiert schließlich am Columbia College, geht mit einem Stipendium nach Cambridge und vollendet seine Studien in Berlin unter Helmholtz. 1889 kehrt er als Lehrer der Columbia-Universität nach Amerika zurück.

Wir lernen einen kraftvollen, kampffreudigen Menschen kennen, der innerlich fest mit dem Heimatboden verwachsen blieb, und der auch in seiner Wissenschaft vielfältige Verknüpfungen mit dem früheren einfachen und naturnahen Leben findet. Pupin ist Romantiker (im Ostwaldschen Sinne), seine Betrachtungsweise ist stark persönlich, sein Buch lebensprühend, fesselnd wie ein Roman und außerordentlich vielseitig. Gedanken über Grundfragen der Physik wechseln mit altserbischen Sagen; scharf gesehene Bilder völkischer Eigenart, z. B. auch des Deutschland um 1885 und besonders Amerikas, geben dem Leser mannigfachen Stoff zum Nachdenken. Von ganz besonderem Interesse ist die Schilderung des Erwachens des wissenschaftlichen Idealismus in Amerika. Die Erreichung dieses Zieles hat Pupin stets sehr am Herzen gelegen; den Bericht darüber bezeichnet er sogar als den Hauptzweck seines Buches, das nach allem bereits Gesagten wohl keiner abschließenden Empfehlung mehr bedarf.

Winkler.

Digitized by Google

Die Förderung von Massengütern. Von Prof. Dipl.-Ing. G. v. Hanffstengel. 2. Bd., 2. Teil: Krane und zusammengesetzte Förderanlagen. 3., vollst. umgearb. Aufl. Mit 431 Textabb., VII u. 332 S. in gr. 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1929. Preis geb. 24 RM.

Das v. Hanffstengelsche Werk „Die Förderung von Massengütern", das in seinem 1. Band die stetigen Förderer, in seinem 2. Band bisher die Bahnen behandelte, schließt diesen in dem jetzt vorliegenden Buche mit den Kranen und zusammengesetzten Förderanlagen ab. Gegenüber der vorigen Auflage ist die Behandlung des Gebietes wesentlich vertieft und erweitert worden, einesteils dadurch, daß jede der drei Fördermittelgruppen — Gerüstkrane, Kabelkrane, kombinierte Fördermittel — durch einen besonderen Fachmann bearbeitet worden ist, anderenteils dadurch, daß einzelne Abschnitte überhaupt neu aufgenommen worden sind. Der überwiegende Teil, etwa zwei Drittel des Buches, der sich mit den eigentlichen Kranen und ihren Bestandteilen beschäftigt, stammt von dem vormaligen Oberingenieur der Demag, A. Meves, das verbleibende Drittel je zur Hälfte von dem vormaligen Oberingenieur der Bleichert AG., Dr.-Ing. W. Franke (Kabelkrane und -bagger), und von dem Direktor der Pohlig AG., H. Schmarje (zusammengesetzte Förderanlagen).

Entsprechend der in den Vorworten zu den früheren Auflagen ausgesprochenen Bestimmung des v. Hanffstengelschen Gesamtwerkes, „dem Praktiker zur Seite zu stehen und als klarer Wegweiser auch Fernstehende in die vielgestaltige Transporttechnik einzuführen", kann und wird auch das vorliegende Buch auf Grund seiner überaus klaren textlichen und bildlichen Darstellung diese Aufgabe hervorragend lösen. Michenfelder.

Das amerikanische Patent-, Muster- und Warenzeichenrecht. Von Richards und Geier. Mit VII u. 67 S. in 8°. Carl Heymanns Verlag, Berlin 1930. Preis geb. 8 RM.

Das Buch enthält eine knappe, aber sehr viel Einzelheiten umfassende Darstellung der praktischen Grundzüge der im Titel angegebenen amerikanischen Rechte. Durch geeignete Unterteilung, Überschriften und ein Sachverzeichnis ist die Übersicht gut. Leider läßt die Übersetzung vielfach zu wünschen übrig, z. B. bedeutet references nicht Referenzen, sondern Vorveröffentlichungen, manufacture nicht Manufaktur, sondern Fabrikation, alternative nicht wechselnd, sondern alternativ usw. Trotzdem wird das Buch für jeden nützlich sein, der eine erste Einführung wünscht. H. Herzfeld.

Eingegangene Doktordissertationen:

Kurt Hohenemser, Praktische Wege zur angenäherten Schwingungsberechnung elastischer Systeme. T. H. Darmstadt 1929. (Sonderdruck aus „Ingenieur-Archiv" Bd. 1, H. 3, 1930.)

Hans Ude, Zur Kenntnis der mechanischen Eigenschaften des Gußeisens. T. H. Darmstadt 1929.

Edwin Krall, Über die Herstellung von Cyaniden aus Kalkstickstoff. T.H. Darmstadt 1930.

Albert Dresler, Entwurf u. Beurteilung von Beleuchtungsanlagen auf räumlicher Grundlage (Die mittlere Raumhelligkeit). T.H. Berlin 1930.

Benno Johannesson, Der Antrieb eines gleitenden u. schreitenden Maschinenwählers. T.H. Berlin 1930. (Sonderdruck aus Z. Fernmeldetechn. 1930, H. 4 u. 5.)

August Kaiser, Magnetische Messungen in Nordwestdeutschland. T.H. Berlin 1930. Im Vertrieb bei der Preuß. Geologischen Landesanstalt, Berlin N 4.

Hans Georg Lindner, Gewichtsverlegung u. Ausnutzung des Reibungsgewichtes bei elektr. Lokomotiven mit Einzelachsantrieb. T.H. Berlin 1927. (Erschien als H. 333 der Forschungsarbeiten a. d. Gebiete des Ingenieurwesens, herausg. v. VDI, Berlin 1930.)

Günter Maschmeier, Untersuchungen an Zylinder- u. Globoid-Schneckentrieben. T.H. Berlin 1930. (Erschien gleichzeitig als 9. Heft der Versuchsergebnisse d. Versuchsfeldes f. Maschinenelemente der T.H. Berlin.)

Max Nippold, Leerlaufwirbelstromverluste im Ankerkupfer elektr. Maschinen. T.H. Berlin 1930.

Johann Zagórski, Das Hartziehen von Kupferprofil- u. Runddrähten auf Mehrfachziehmaschinen. T.H. Berlin 1929.

Helmut Härtig, Die Wirtschaftlichkeit der Kohlenförderarten im Braunkohlen-Tagebau. Bergakademie Clausthal 1930.

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Der elektrotechnische Außenhandel Schwedens[1]. — Das Jahr 1929 wurde vom wirtschaftlichen Gesichtspunkt aus in Schweden als günstig betrachtet. In der folgenden Zahlentafel über den elektrotechnischen Außenhandel findet man, daß gegen das Vorjahr die Einfuhr nach dem Gewicht um etwa 25 %, nach dem Wert um rd. 10 % zugenommen hat. Die beträchtliche Steigerung entfällt besonders auf Elektroden für elektrische Öfen, somit ein Zeichen dafür, daß die schwedische elektrochemische Industrie gut beschäftigt war. Auch Motoren, Transformatoren und elektrotechnische Spezialapparate (Radiogeräte) weisen erheblich höhere Beträge auf, u. zw. wurde der größere Bedarf vorwiegend aus Deutschland gedeckt. Die Ausfuhr ist dagegen um 9 % im Gewicht bzw. um etwa 12 % nach dem Wert zurückgegangen. Das erklärt sich hauptsächlich daraus, daß die Herstellung von Staubsaugern eines großen Konzerns teilweise nach dem Ausland verlegt wurde. Der Wert des Exports dieser Vorrichtungen hat sich gegen 1928 (16,9 Mill Kr) um etwa 7 Mill Kr verringert. Von der elektrotechnischen Einfuhr, die 2,2 % des ganzen schwedischen Imports ausmachte, kamen wie im Vorjahr 65 % dem Wert nach aus Deutschland, dessen Lieferungen 4,7 % aller seiner Zufuhren nach Schweden betrugen.

Erzeugnisse	Einfuhr[2] insgesamt t	Einfuhr[2] insgesamt 1000 Kr	Einfuhr[2] aus Deutschland t	Einfuhr[2] aus Deutschland 1000 Kr	Ausfuhr[2] t	Ausfuhr[2] 1000 Kr
Generatoren, Motoren, Transformatoren	1 403	5 535	1 012	3 771	10 888	31 416
Maschinenanker und -gehäuse	61	403	29	241	296	1 088
Akkumulatoren	966	1 348	573	707	695	2 928
Galvanische Elemente	1 839	3 194	762	1 311	4	13
Schalttafeln	71	295	57	240	275	837
Widerstände	180	661	143	507	500	1 477
Öl- und andere Schalter	351	2 028	279	1 527	361	1 008
Sicherungen	302	878	294	851	71	550
Meßinstrumente u. Zähler	191	2 102	167	1 800	5	86
Bogenlampen	5	259	4	240	.	3
Glühlampen	186	3 815	135	2 836	10	228
Fassungen und Sockel	186	635	155	530	1	14
Elektrische Härteöfen, Heizgeräte für Haushaltungen	75	201	43	116	79	164
Kochgeräte	4	27	3	24	2	17
Porzellanisolatoren	329	490	265	387	53	196
Isolierrohre	632	411	618	402	6	6
Kabel und Drähte	3 083	4 090	2 691	3 503	2 714	4 524
Elektrische Lokomotiven	93	142	93	142	6	14
Elektrotechnische Kohlen	4 264	2 184	2 777	1 077	265	345
Telegraphen- und Fernsprechapparate	12	221	9	175	948	14 148
Spezialapparate	1 091	9 680	565	4 841	338	4 538
	15 324	38 599	10 674	25 228	17 517	63 600

Hldn.

Aus der nordamerikanischen Elektroindustrie. — Die von der GEC und Westinghouse in den ersten neun Monaten 1930 erzielten Ergebnisse waren nach El. World geringer als in der gleichen Periode des Vorjahres, doch ist bei den Aufträgen und Verkäufen zu berücksichtigen, daß beide Gesellschaften im Berichtsjahr die Fabrikation von Rundfunkempfängern und -röhren an die Radio Corporation of America abgegeben haben. Bei der General Electric Co. entfielen auf die eingegangenen Aufträge 267,652 Mill $ (337,404 i. V.) bzw. 20 % weniger als 1929. Die Verkäufe sind von 301,813 auf 287,887 Mill $, also um nahezu 5 % und der für Dividenden verfügbare Gewinn von 49,897 auf 44,450 Mill $, d. h. um 11 %, zurückgegangen. Die Bestellungen der Westinghouse Electric and Manufacturing Co. betrugen 132,715 Mill $ gegen 185,625 i. V., was einer Abnahme um 28,5 % entspricht, die Verkäufe 137,447 Mill $ (159,546 i. V.), eine um 14 % niedrigere Summe, und für Dividenden verblieben 11,352 Mill $ oder fast 42 % weniger als in der gleichen Zeit des Vorjahres (19,544 Mill $).

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1716.
[2] Ohne Beleuchtungskörper.

Abschluß des Heftes: 19. Dezember 1930.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 18 200 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin. Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Elektrische Schaltuhren.

Mitteilung der AEG.

Die elektrische Schaltuhr hat nicht nur mit der zunehmenden Elektrifizierung, sondern noch mehr durch das Streben nach vereinfachter Bedienung an Bedeutung gewonnen. Ihre Anwendung ermöglicht bedienungslosen Betrieb, bei dem Vergeßlichkeit oder Unpünktlichkeit ausgeschlossen sind. Diesen Umständen ist es zu verdanken, daß sich die Anschaffungskosten von Schaltuhren in den meisten Fällen schon in ganz kurzer Zeit bezahlt machen.

Abb. 1. Kleinschaltuhr 3 A, 30 Stunden Gangdauer.

Die Anwendungen der Schaltuhren sind sehr vielseitig. An erster Stelle sind Straßenbeleuchtung, Schaufensterbeleuchtung, Lichtreklameanlagen, Treppenhausbeleuchtung und ähnliche Lichtanlagen zu nennen. In Industrie und Kleingewerbe gibt es weiterhin eine ganze Reihe von Kraft- und Wärmeverbrauchern, die jeweils mit genau befristeter Betriebsdauer in Tätigkeit sind oder einige Zeit vor bzw. nach der eigentlichen Arbeitszeit ein- bzw. ausgeschaltet werden müssen. Es sei nur an Förderanlagen, Pumpen, Kompressoren, Mahl- und Rührwerke, Bäckereimaschinen, elektrische Oefen und dergleichen erinnert. In großem Umfang werden die Schaltuhren auch als Sperruhren für Tarifzwecke benutzt.

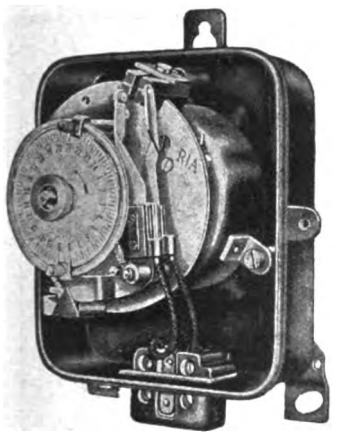


Abb. 2. Schaltuhr 10 A, 16 Tage Gangdauer.

Die AEG stellt Schaltuhren verschiedener Ausführungen her. Die Kleinschaltuhr für 3 A mit Handaufzug hat eine Gangdauer von 30 Stunden, so daß sie, am Sonnabend um 19^h aufgezogen, noch bis Montag 1^h läuft, also am Sonntag nicht aufgezogen zu werden braucht.

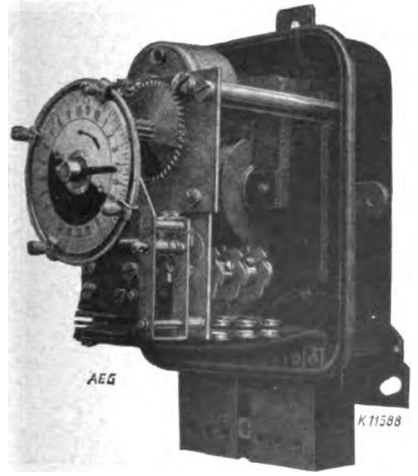


Abb. 3. Synchron-Schaltuhr Form S, dreipolig.

Eine andere Schaltuhr für 10 A mit Handaufzug hat 16 Tage Gangdauer, sie muß also zweimal im Monat aufgezogen werden. Für ganzmonatigen Betrieb, d. h. mit 35tägiger Gangdauer, werden AEG-Schaltuhren für 10, 15 und 30 A hergestellt. Mit elektrisch-automatischem Aufzug werden Schaltuhren für 10 A ausgerüstet.

Eine wichtige Neuerung auf dem Gebiet der Zeitschalter bildet die Synchron-Schaltuhr. Sie nimmt eine Sonderstellung ein, indem sie weder aufgezogen zu werden braucht, noch — wie Uhren mit elektrischem Aufzug — empfindliche und Wartung erfordernde Teile enthält. Sie ist daher nach Möglichkeit den Schaltuhren mit Federuhrwerk vorzuziehen. Als Antrieb dient ein kleiner selbstanlaufender Synchronmotor von etwa 2,5 W Leistungsaufnahme. Die Synchron-Schaltuhr kann unbedingt überall dort angewendet werden, wo die Netzfrequenz nach der genauen Zeit geregelt wird, denn damit arbeitet sie stets mit richtiger Zeit. Aber auch dann, wenn diese Reglung nicht stattfindet, kann die Synchron-Schaltuhr in allen Fällen benutzt werden, in denen kleine Verschiebungen der Schaltzeiten zulässig sind.

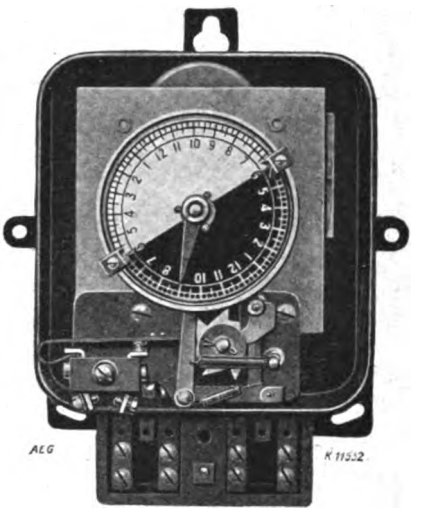


Abb. 4. Synchron-Schaltuhr Form Wt. einpolig.

Um die Synchron-Schaltuhr auch in Netzen benutzen zu können, in denen mit gelegentlichen längeren Stromunterbrechungen gerechnet werden muß, enthält sie in einer Sonderausführung eine Gangreserve von 24 Stunden. Die Einrichtung ist so getroffen, daß das die Gangreserve bildende Uhrwerk ständig läuft, wodurch seine Betriebsbereitschaft zu jeder Zeit sichergestellt ist. Der Aufzug erfolgt selbsttätig durch den Synchronmotor.

Auf Wunsch können AEG-Schaltuhren auch für Umschaltung, Stufenschaltung und verschiedene andere Kombinationen eingerichtet werden.

Eine wichtige ergänzende Einrichtung für Schaltuhren ist weiterhin die astronomische Zeitverstellung. Sie wird hauptsächlich für die Steuerung von Lichtanlagen angewandt. Die Einrichtung bewirkt selbsttätig die Verschiebung der Ein- und Ausschaltzeiten in Anlehnung an den natürlichen Lauf der Sonne. Mit Hilfe einer Kurvenscheibe erfolgt die Verstellung der Schaltzeiten im Laufe des Jahres um $\pm$ 4¼ Stunden, was etwa den Verhältnissen im 47. Breitengrad entspricht. Die astronomische Zeitverstellung kann auch bei den Sperruhren nützliche Dienste leisten, die für Tarifzwecke verwendet werden.

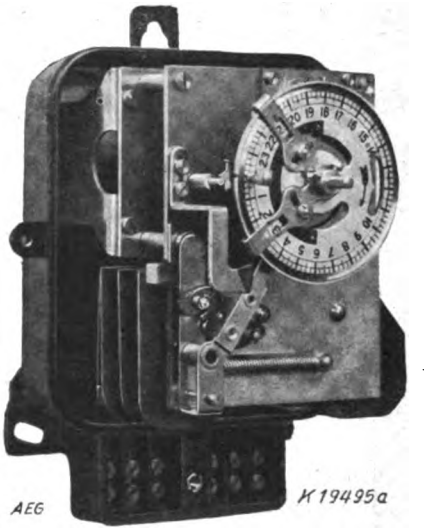
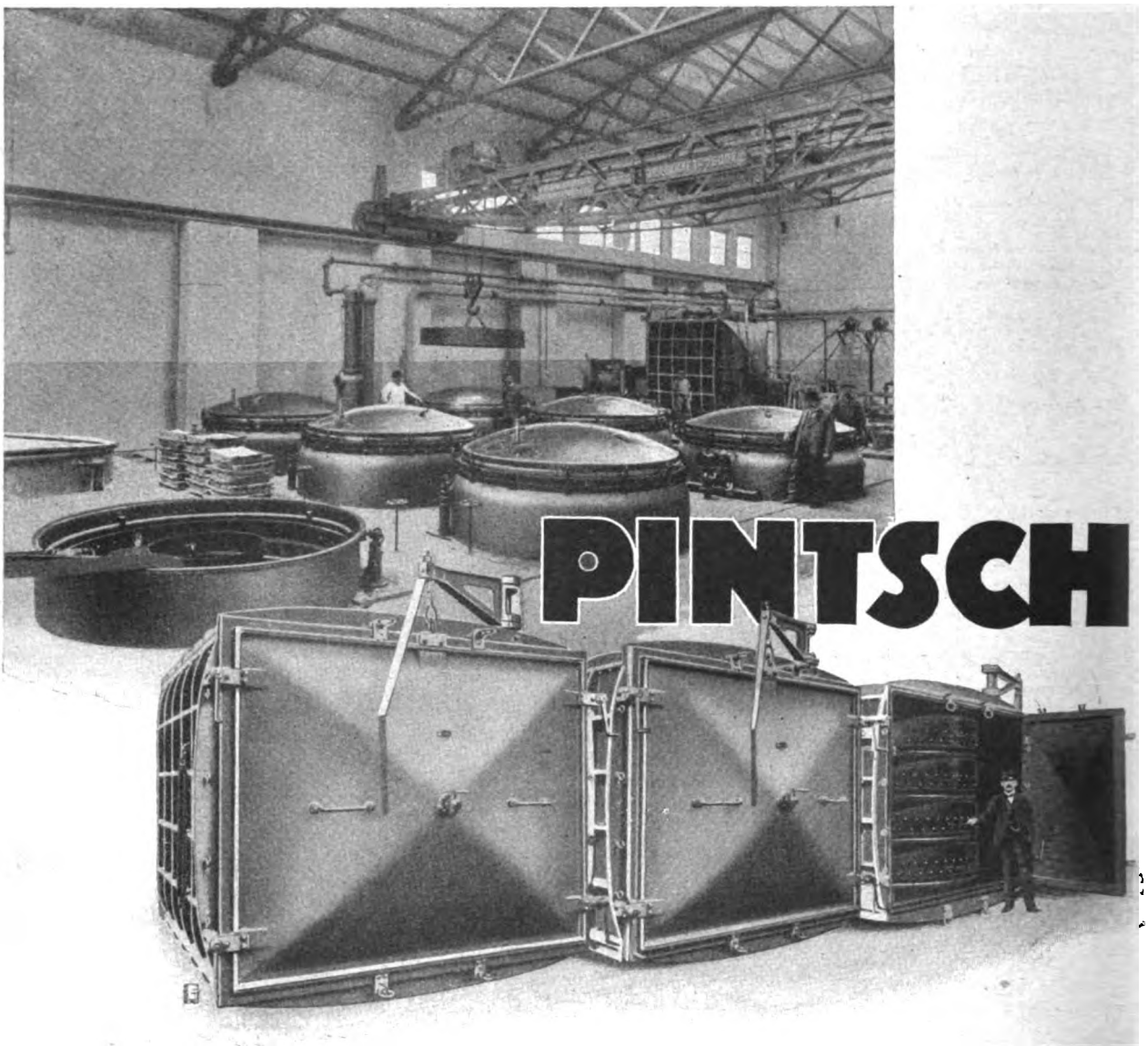


Abb. 5. Schaltuhr 10 A, 35 Tage Gangdauer mit astronomischer Verstellung.

Digitized by Google

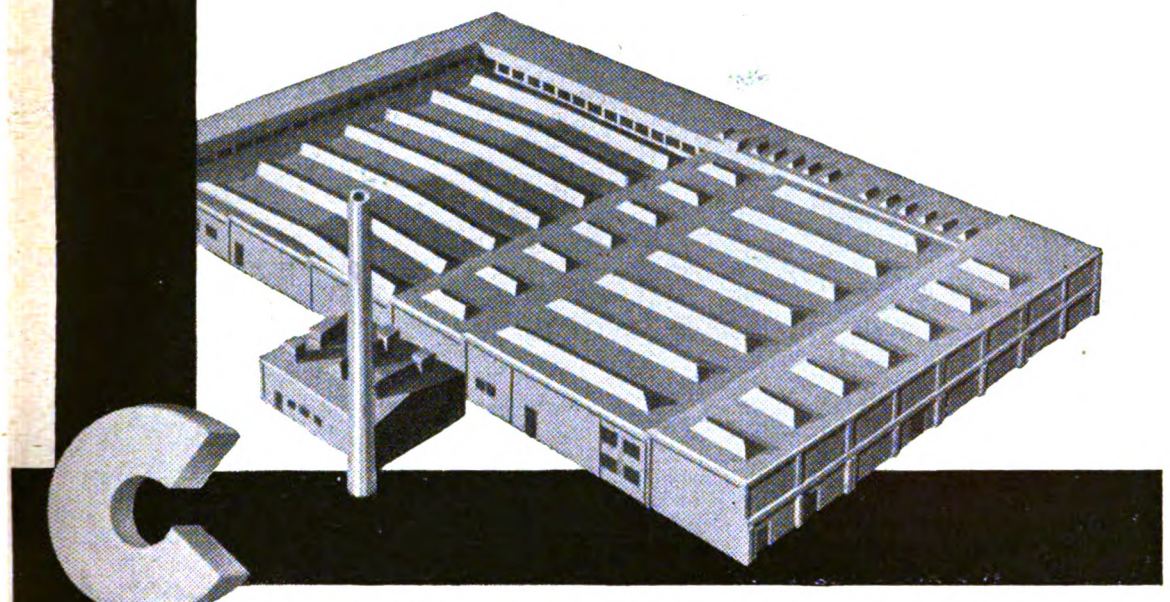


Kabel-Imprägnier- und Trocken-Apparate

JULIUS PINTSCH A.G. BERLIN

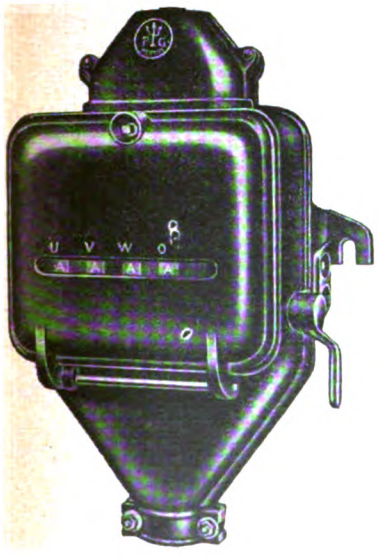
Digitized by Google

UNSER NEUES
BLEIKABELWERK



DR. CASSIRER & CO. AG
BERLIN-CHARLOTTENBURG

F. & G.-R.W.E.-
Schutzschalter



im Hausanschluß oder in Verteilungen schützen die Installationsanlage vor Überlastungen u. Berührungsspannung

2-4 polig, 10-60 Amp., 500 Volt

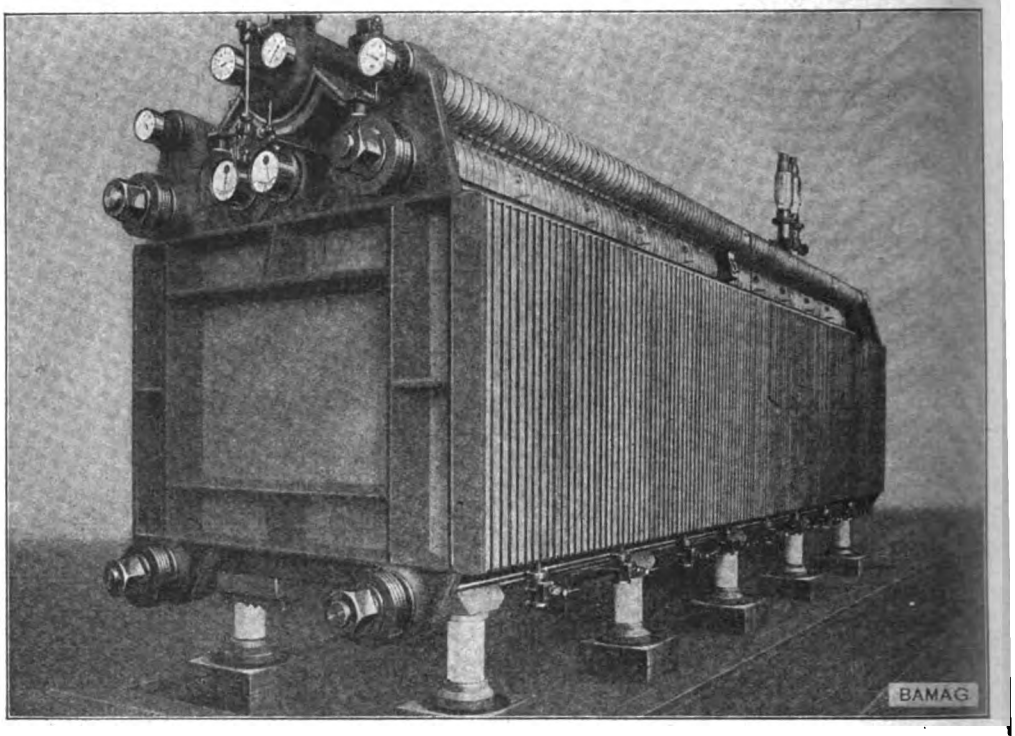
Verlangen Sie Liste 1686 und Montageanweisung

Felten & Guilleaume
Carlswerk A.-G. Abt. K8
Köln-Mülheim

F·G·
NEPTUN

Anzeigenpreise, Bezugsbedingungen usw. auf Seite 11

Digitized by Google



DER GRÖSSTE BISHER GEBAUTE ELEKTROLYSEUR

Der oben abgebildete Apparat erzeugt Wasserstoff und Sauerstoff bei einer elektr. Leistungsaufnahme von über 1000 kW. Die normale Gasleistung beträgt 200 cbm Wasserstoff je Stunde mit einem Energieverbrauch von 4,5 kWh je cbm H_2, der minimal auf 4,1 kWh sinken kann. Im Dauerbetrieb erreicht die Gasreinheit die beachtlich hohen Werte von 100% für Wasserstoff und 99,8% für Sauerstoff. Ferner zeichnen diesen Elektrolyseur große Überlastbarkeit bei geringem Energieverbrauch, betriebssichere Anwendbarkeit von Spannungen bis 1200 Volt, wirtschaftlicher Betrieb infolge großer Flächenbelastung und hervorragende Güte des verwandten Materials aus. Wir liefern Elektrolyseure für Leistungen von 25 cbm/Std. an. Fordern Sie bitte unsere Druckschrift F 170.

BAMAG

BAMAG-MEGUIN

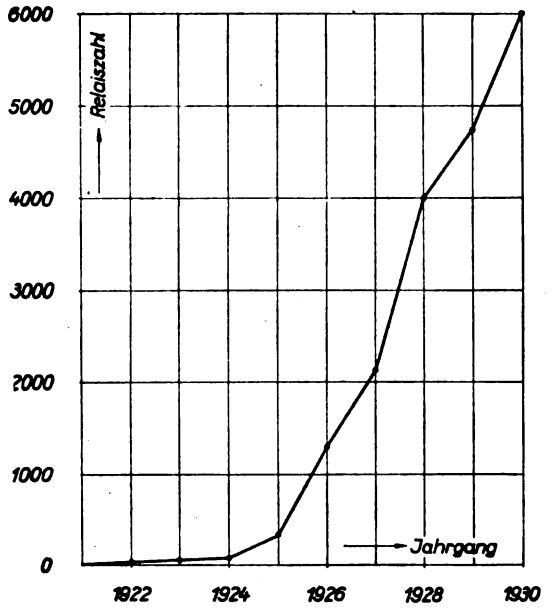
Aktiengesellschaft Berlin NW 87

Digitized by Google

IMPEDANZRELAIS

N-Relais

für Kabel, Freileitungen u. Transformatoren



Gesamtzahl der in den Jahren 1922 bis Ende 1930 bestellten N-Relais.

Wir liefern das N-Relais seit 1922. Sein Absatz hat trotz der Wirtschaftsdepression auch im letzten Jahre, wie obige Kurve zeigt, nicht abgenommen.

Das N-Relais ist unter den Distanzrelais in Deutschland am meisten verbreitet. Die Gründe hierfür sind u. a. der einfache Aufbau, die Betriebssicherheit und die langjährigen, günstigen Betriebserfahrungen.

Wir stehen mit Druckschriften und technischer Beratung jederzeit gern zur Verfügung.

DR. PAUL MEYER A.-G.

SPEZIALFABRIK · BERLIN N 20

Digitized by Google

Gleichbleibender Dampfdruck

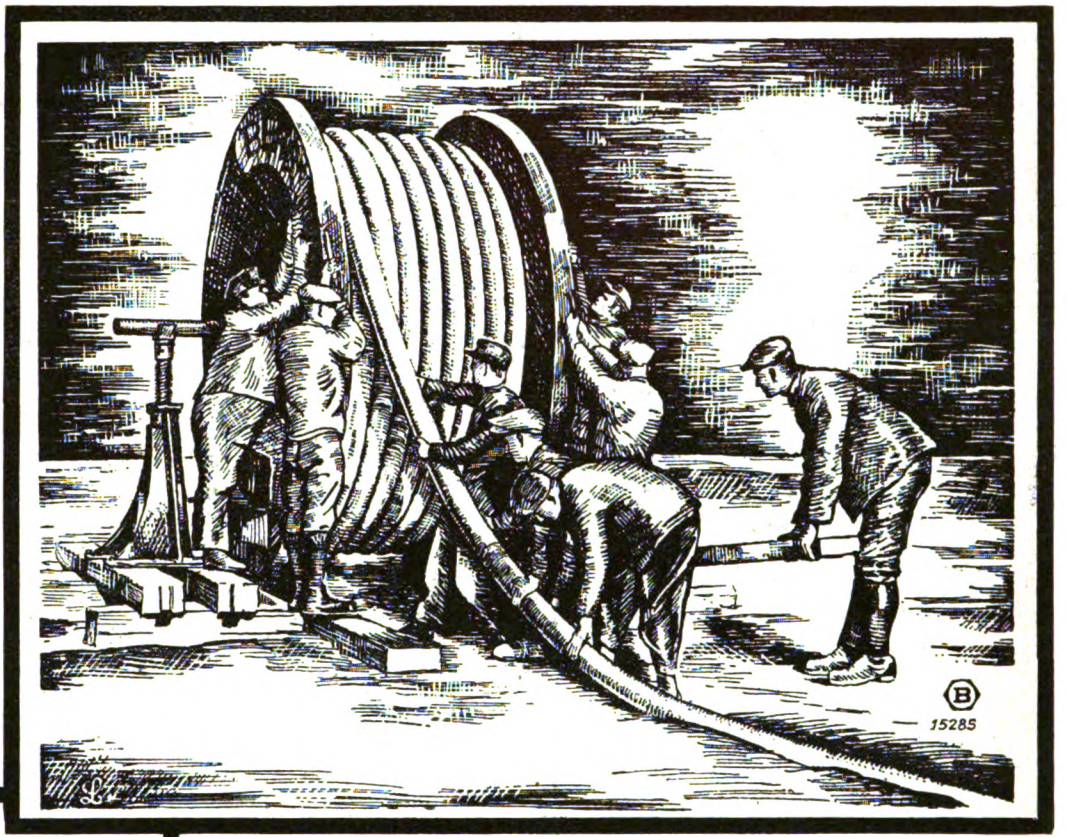
läßt sich auch bei geschickter Feuerführung nur mit einem hochwertigen Brennstoff wie den sorgfältig gewaschenen und sortierten Ruhrkohlen erreichen. Ruhr-Fettkohle ist seit jeher die bevorzugte Kesselkohle. Aber auch die gasärmeren Arten bis zum Anthrazit finden wegen ihres günstigen Wärmepreises immer mehr Eingang. Sehr hoher Heizwert, große Reinheit und geringer Wassergehalt der mageren Kohlensorten gleichen die Notwendigkeit von Unterwind bei weitem aus; der Dampfpreis wird niedrig.

Die wärmetechnischen Abteilungen des Kohlen-Syndikats und seiner Handelsgesellschaften stehen Ihnen kostenlos beratend und helfend zur Verfügung.

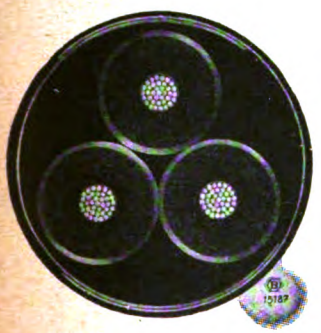
RHEINISCH-WESTFÄLISCHES KOHLEN-SYNDIKAT ESSEN

Digitized by Google

BERGMANN



Verlegung eines armierten 60 kV-Drehstrom-kabels



Querschnitt eines 60 kV-Kabels

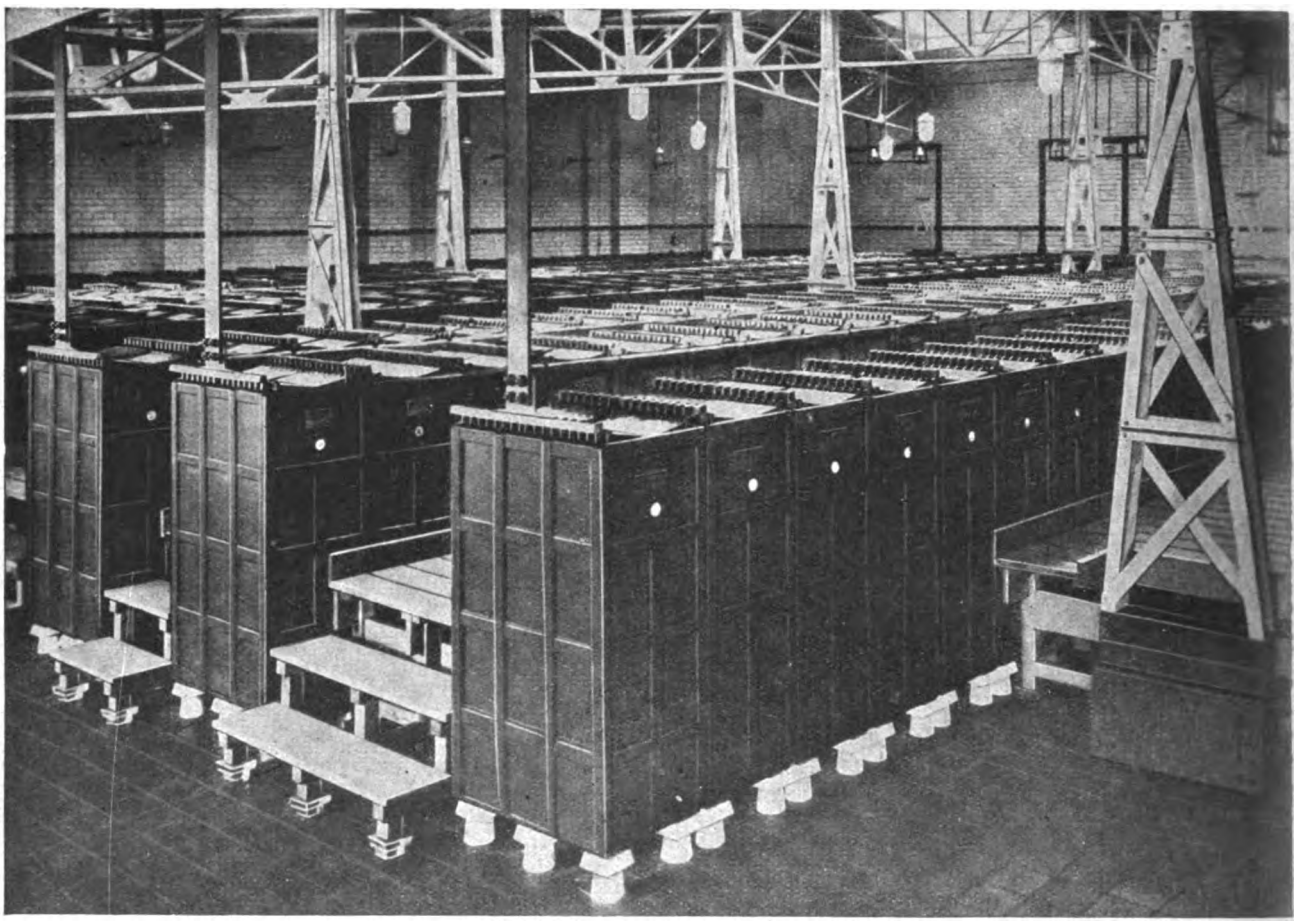
KABEL

BIS ZU DEN GRÖSSTEN LEISTUNGEN u. SPANNUNGEN

BERGMANN-ELEKTRICITÄTS-WERKE AKTIENGESELLSCHAFT, BERLIN

Digitized by Google

ORTSFESTE BATTERIEN



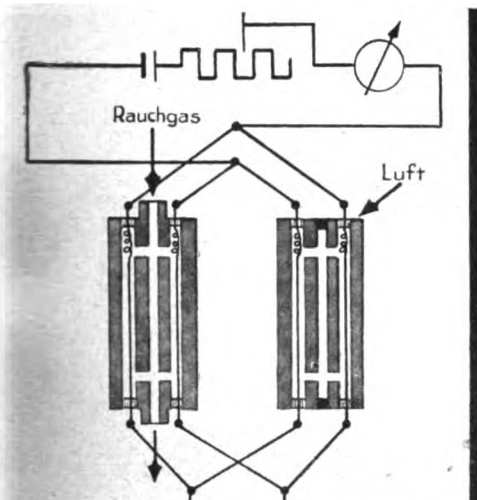
IN RUBELLITKÄSTEN

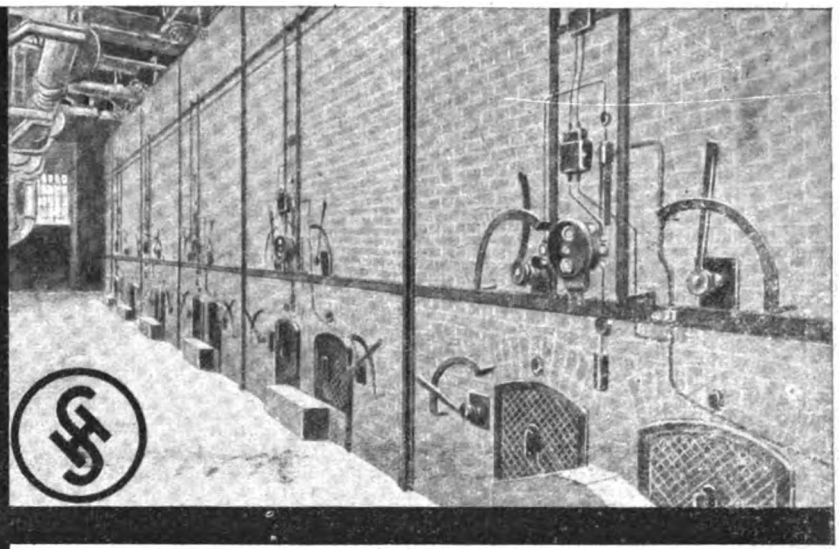
AfA

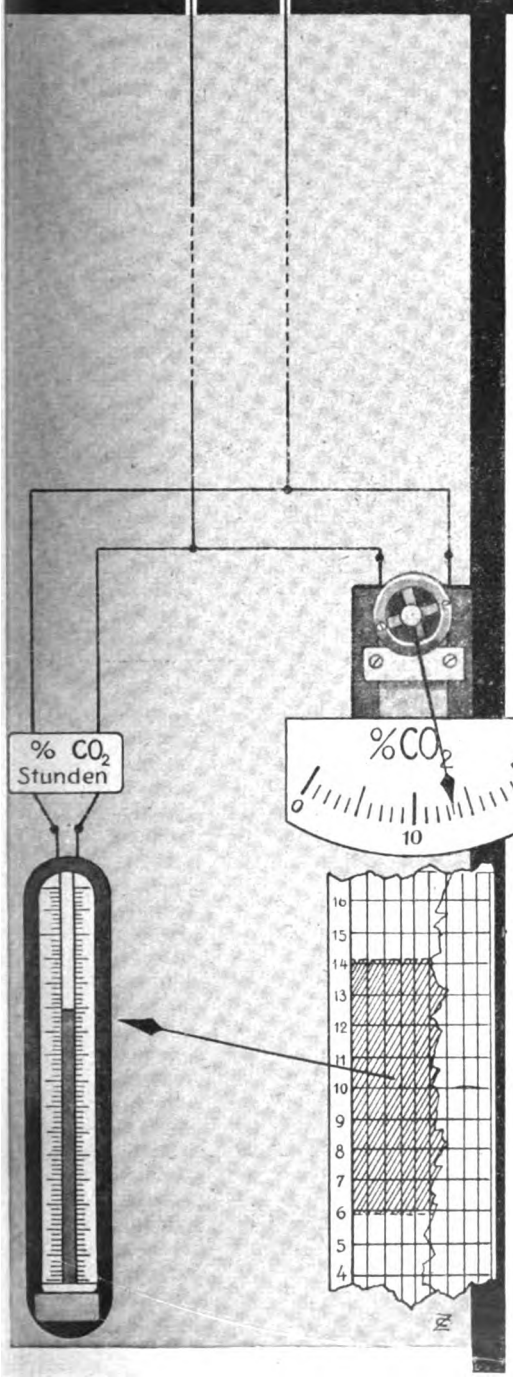
ACCUMULATOREN-FABRIK AKTIENGESELLSCHAFT

BERLIN SW 11

Digitized by Google







SIEMENS elektrische Rauchgasprüfer

finden seit Jahren fast in allen deutschen Großkraftwerken sowie in vielen Kesselbetrieben im In- und Ausland ausschließlich Verwendung.

Einfaches elektrisches Meßverfahren,
Geber unmittelbar an der Entnahmestelle,
von Strömung und Gasdruck unabhängige Anzeige bei laufend belüfteter Meßkammer und kleinster Anzeigeverzögerung,
Fernübertragung der Meßergebnisse ohne Zusatzeinrichtung,
unbedingte Betriebssicherheit und wenig Wartung,
Möglichkeit bequemer Abgasverlustzählung.

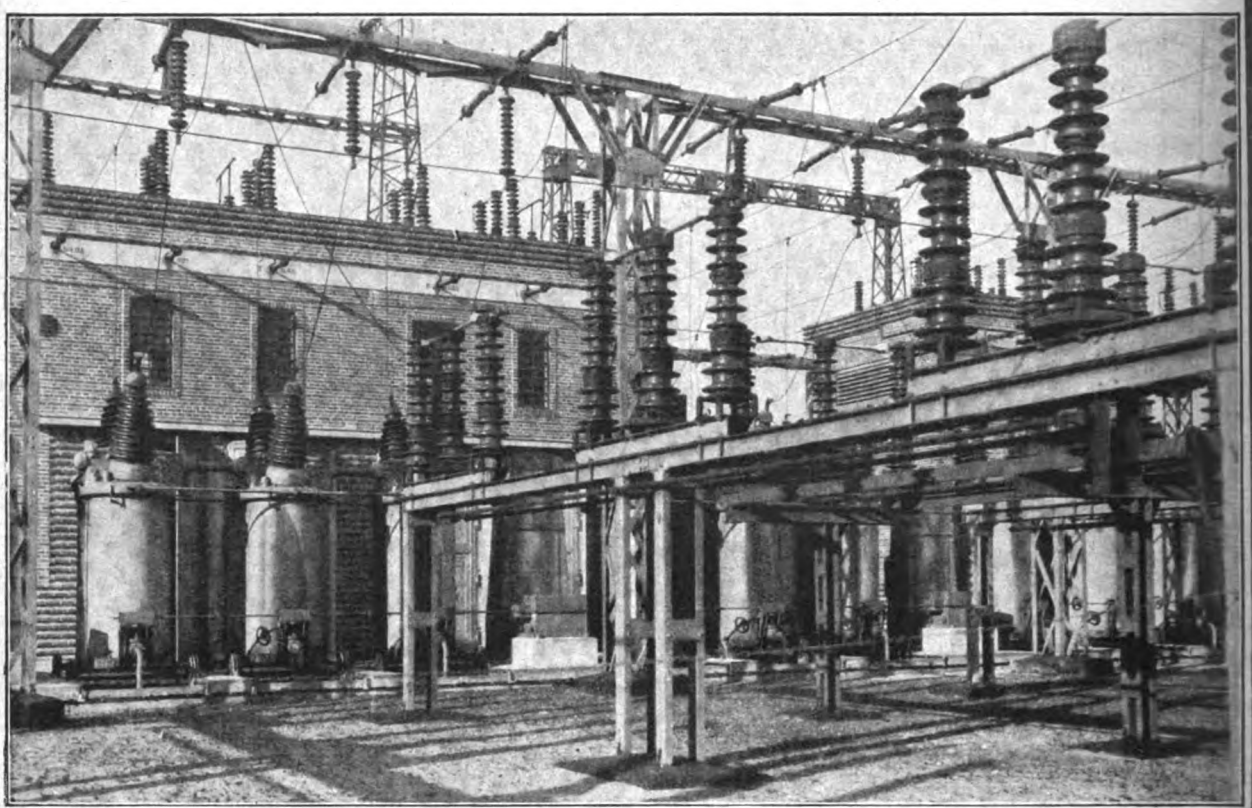
Langjährige Erfahrungen setzen uns in den Stand, für alle Betriebsverhältnisse die geeignete Rauchgasprüfeinrichtung zu liefern.

SIEMENS & HALSKE AG.
WERNERWERK / BERLIN-SIEMENSSTADT
Ca 1.038.

Digitized by Google

KLEMMEN

für Freiluft-Schaltanlagen



Klemmen für jeden Verwendungszweck

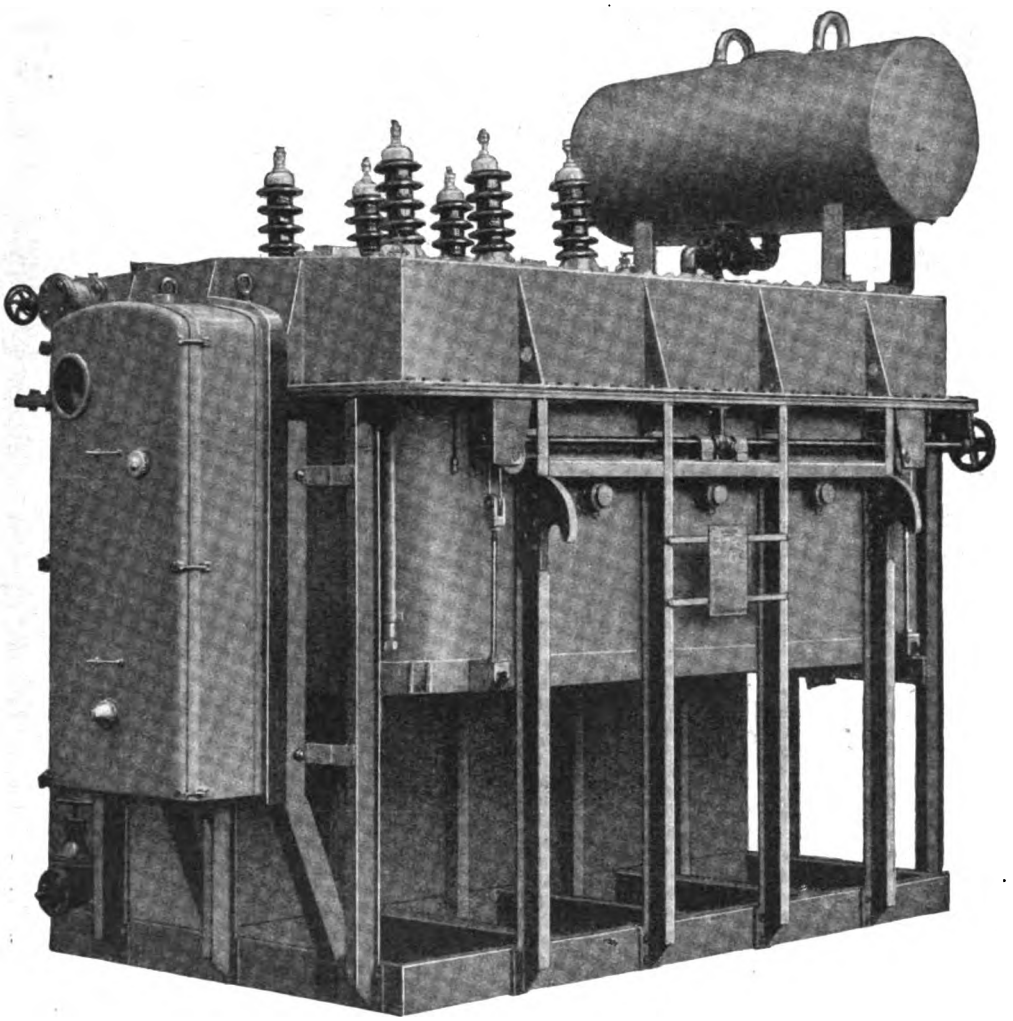
Für verseilte Leitungen, Hohlseile, Rohre oder Bolzen bis 50 mm ⌀, für jede Betriebsspannung bis 220 000 Volt geeignet. Gelenkklemmen, Ausdehnungsklemmen, Klemmen mit Sicherung gegen das Herausziehen der Leitungsseile, Abspannklemmen, Tragklemmen

In- und Auslandspatente

J. WILHELM HOFMANN
KÖTZSCHENBRODA-DRESDEN

Digitized by Google

Regel-Transformatoren



Spannungsregelsatz mit Fernantrieb für Außenaufstellung
Durchgangsleistung: 10000 kVA — Betriebsspannung: 33000 Volt
Regelbereich ± 15% in 17 Stufen

Schaltwerk in Öl mit absenkbarem Kessel

SACHSENWERK

Digitized by Google

Warum erfreuen sich **Hunderttausende** unserer **Standard-Typen** in allen Kreisen solcher Beliebtheit?

Weil sie die praktischsten und handlichsten Meßgeräte für Laboratorium, Werkstatt und Montage sind

Weil sie auf Grund jahrelanger Fabrikationserfahrung und neuester Hilfsmittel für höchste Anzeigegenauigkeit bürgen

Weil durch Herstellung großer Serien die Preise denkbar niedrig sind

Weil sie universell verwendbar sind und dadurch die Anschaffung von mehreren teueren Meßinstrumenten ersparen

Gleichstrom-Universal-Mavometer

Neu!

Wechselstrom-Drehspul-Instrument Type Wp

Universal-Ohmmeter

Neu!

Wechselstrom-Wattmeter Type Wewattmeter

Verlangen Sie unverbindlich die farbigen Listen!

P. Gossen & Co.
Fabrik Elektr. Meßgeräte, Erlangen

elektrische Meßinstrumente

Meßbrücken und Meßeinrichtungen für alle Kabel- und Leitungsmessungen

Land- u. See-Kabelwerke A.-G.
Köln-Nippes

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

Für die Schriftleitung bestimmte Sendungen sind nicht an eine persönliche Adresse zu richten, sondern nur an die **Schriftleitung der Elektrotechnischen Zeitschrift**, Berlin W 9, Linkstr. 23/24. Fernsprecher: Sammelnummer: Kurfürst 6050 und 6326 (Julius Springer). Drahtanschrift: Springerbuch Berlin.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und bei Originalartikeln nur mit Genehmigung der Schriftleitung und des Verlages gestattet.

SONDERDRUCKE werden nur auf rechtzeitige Bestellung und gegen Erstattung der durch den besonderen Druck entstandenen Selbstkosten geliefert. Den Verfassern von Originalbeiträgen stehen bis zu 5 Expl. des betr. vollständigen Heftes kostenfrei zur Verfügung, wenn uns ein dahingehender Wunsch bei Einsendung der Handschrift mitgeteilt wird. Nach Druck des Aufsatzes erfolgte Bestellungen von Sonderabdrucken oder Heften können in der Regel nicht berücksichtigt werden.

Die **Elektrotechnische Zeitschrift** erscheint in wöchentlichen Heften und kann im In- und **Ausland** durch jede Sortimentsbuchhandlung, jede Postanstalt oder durch die Versandstelle des Verlages, die Hirschwald'sche Buchhandlung, Berlin NW 7, Unter den Linden 68, bezogen werden. Bezugspreise für In- und Ausland: jährlich RM 40,—; vierteljährlich RM 10,—. Hierzu tritt bei direkter Zustellung unter Streifband das Porto bzw. beim Bezuge durch die Post die postalische Bestellgebühr. Monatlich RM 3,50 zuzüglich Porto. Einzelheft 1,50 RM zuzüglich Porto.

Anzeigenpreise und -bedingungen.

Preise: Die gewöhnliche Seite 320 RM, ½-, ¼-, ⅛-seitige Anzeigen anteilig, für Gelegenheitsanzeigen, von Strich zu Strich gemessen, die einspaltige Millimeterzeile oder deren Raum 0.35 RM.

Rabatt: bei jährlich 13 (10) 26 (20) 52maliger Aufnahme 30 %

Gelegenheitsanzeigen sind sogleich bei Bestellung ebenfalls auf Postscheckkonto 118 935 Berlin, Julius Springer, zahlbar unter gleichzeitiger entsprechender Benachrichtigung an die Anzeigenabteilung des Verlages.

[Für die gewöhnliche Schriftzeile von 5 Silben sind 3 mm, für eine fettere Überschrift 6 mm vorzusehen, für einen Rand 4 mm bei nur 4 Silben pro Zeile.]

Stellengesuche werden bei direkter Aufgabe mit 0,20 RM pro Millimeterzeile berechnet; Aufnahme nach Eingang der Zahlung.

Ziffernanzeigen. Für Annahme und freie Beförderung einlaufender Angebote wird eine Gebühr von mindestens 1 RM berechnet.

Beilagen werden nach Vereinbarung beigefügt.
Erfüllungsort für beide Teile Berlin-Mitte.

Schluss der Anzeigenannahme: Montag vormittag 8 Uhr

Anfragen und Sendungen für die Elektrotechnische Zeitschrift sind zu richten:

a. **für Anzeigen oder sonstige geschäftliche Fragen** an die Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24.

Drahtanschrift: Springerbuch Berlin. Fernsprecher: Sammelnummer: Kurfürst 6050 und 6326. Bei telephonischen Gesprächen ist stets anzugeben, ob die Schriftleitung oder die Anzeigenabteilung gewünscht wird.

b) **für Abonnements und sonstige Bücherbezüge** an die Hirschwald'sche Buchhandlung, Berlin NW 7, Unter den Linden 68.

Drahtanschrift: Hirschwaldbuch, Berlin. Fernsprecher: Zentrum 2825, 2826, 2835, 2836.

Bank- und Postscheckkonten

für Anzeigen, Beilagen, Sonderdrucke:
Reichsbank-Girokonto, Deutsche Bank und Disconto-Gesellschaft, Depositenkasse C, Berlin W 9,
Postscheckkonto Berlin Nr. 118 935. Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9.

für Bezug von Büchern, Zeitschriften und einzelnen Heften:
Postscheckkonto Berlin Nr. 33 700. Hirschwald'sche Buchhandlung, Berlin NW 7. Bankkonto: Deutsche Bank und Disconto-Gesellschaft, Depositenkasse Berlin W 8, Unter den Linden 11.

An die Vereinsmitglieder, Verbandsmitglieder und Postbezieher der E. T. Z.

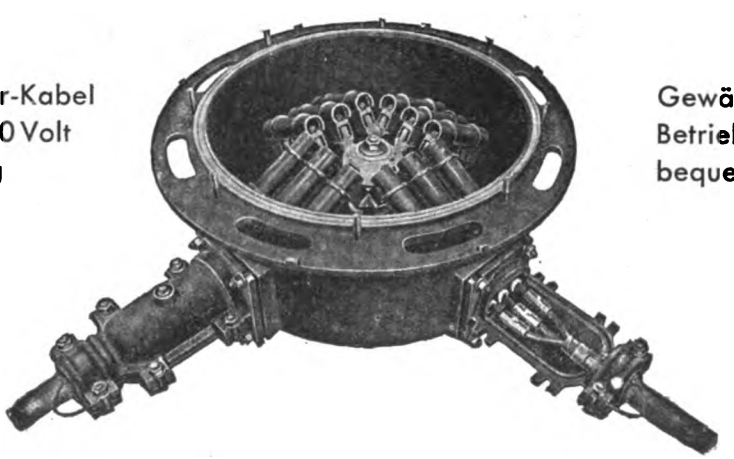
Beim Ausbleiben von Heften sind Beschwerden nicht an den Verlag, Verein oder Verband, sondern sofort an das zuständige Postamt zu richten.

Bei Wohnungswechsel ist an das Postamt der alten Wohnung rechtzeitig ein Antrag auf Überweisung nach der neuen Wohnung zu stellen. Für die Überweisung ist eine Gebühr von 0,50 RM zu entrichten, wenn ein anderes Postamt in Frage kommt.

Die Mitglieder des VDE, EV und aller zum VDE gehörigen Vereine haben ihren Wohnungswechsel außerdem der entsprechenden Geschäftsstelle mitzuteilen, und zwar die alte und neue Anschrift.

Die Erneuerung der Abonnements muß, um Störungen in der Zustellung zu vermeiden, stets rechtzeitig seitens der Bezieher erfolgen.

KABELWERK DUISBURG
DUISBURG a. RHEIN
liefert
Kabelverteilungskästen für Dreh- u. Gleichstrom



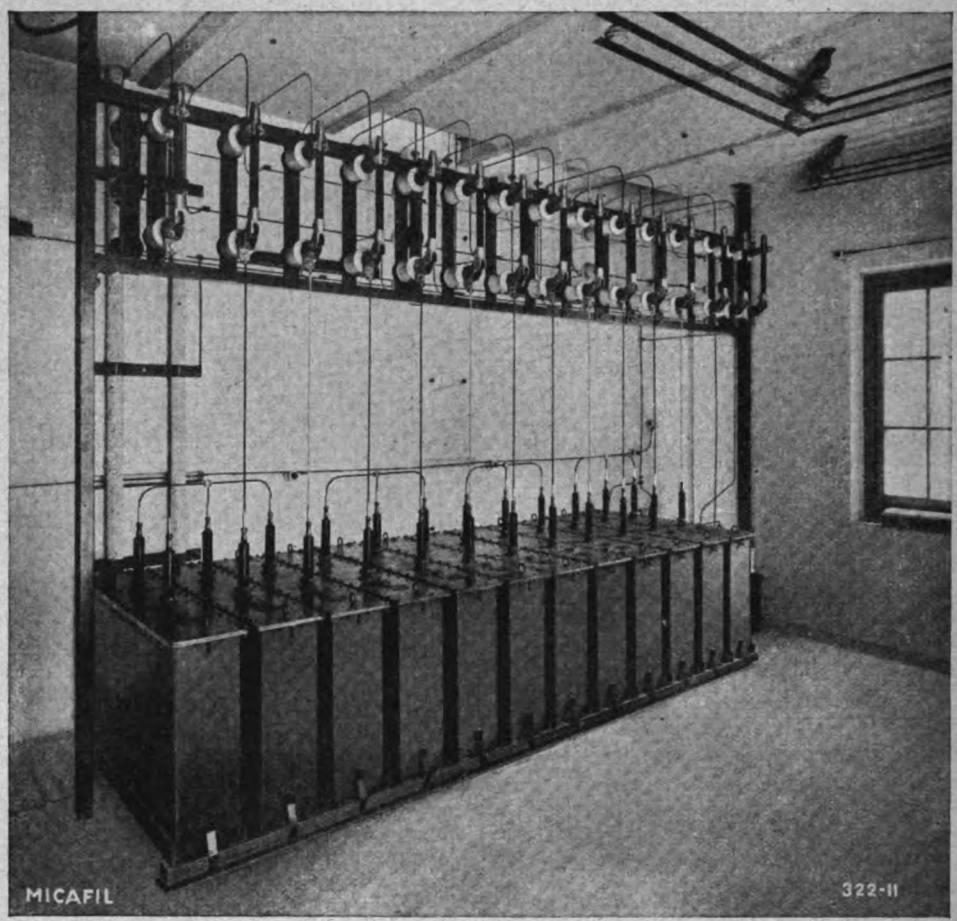
für 3- und 4-Leiter-Kabel und bis zu 1000 Volt Spannung

Gewährleisten größte Betriebssicherheit bei bequemer Bedienung

Geräumige und stabile Ausführung, unbedingt wasserdicht

Digitized by Google

MICAFIL KONDENSATOREN



MICAFIL-Hochspannungs-Kondensator-Batterie für cos.φ-Verbesserung: 200 BkW, 8800 Volt, 50 ≈

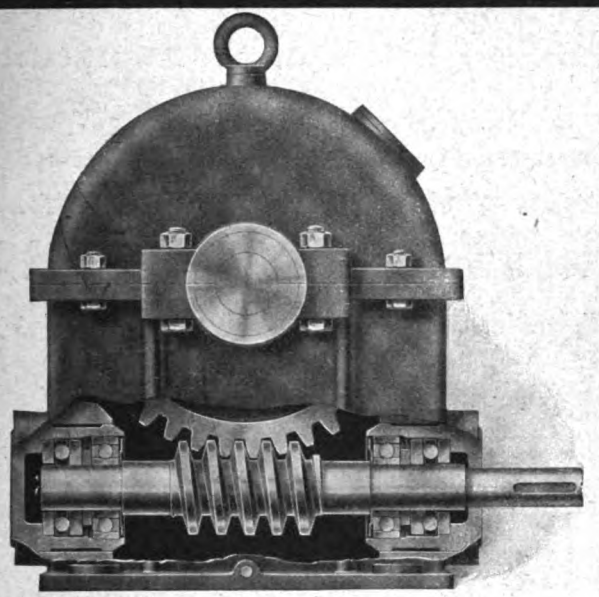
mit über den Teilkondensatoren angeordneten Schmelzsicherungen.
Direkter Anschluß der Batterie an Hochspannungs-Freileitung.

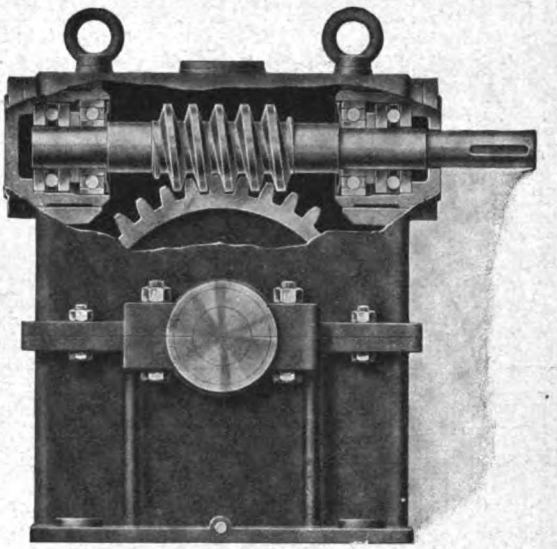
BEWÄHRTE KONSTRUKTIONEN FÜR ALLE ZWECKE, SPANNUNGEN UND LEISTUNGEN

MICAFIL A.G. ZÜRICH-ALTSTETTEN

Telephon: Zürich Nr. 55 200 — Telegr.: MICAFIL-Altstetten (Schweiz)

Digitized by Google





Heuer-Schneckengetriebe

in Qualitätsausführung mit höchstem Nutzeffekt, für jeden Zweck,
für jede Kraftübertragung und für jede gewünschte Übersetzung

Man verlange neue Liste Nr. 25

Saxoniawerk Paul Heuer G.m.b.H., Dresden 16 S

Zur Schiffsentladung und Beschickung des Lagerplatzes lieferten wir diesen Bleichert-Kabelkran nach Utrecht. Er hat eine Spannweite von 210 m und leistet 85 t/h. Die Länge des Auslegers beträgt 15 m.

Wir haben Kabelkrane mit Stundenleistungen von wenigen Tonnen bis zu 250 t gebaut. Mit dieser Zahl ist keineswegs die Grenze der Leistungsfähigkeit genannt. Wir bauten mehr als die Hälfte aller Kabelkrane in Europa und haben daher auch die größte Erfahrung.

BLEICHERT

DRAHTSEILBAHNEN
KABELKRANE
NAHFÖRDERMITTEL

BAUS

ADOLF BLEICHERT & CO. A.-G. LEIPZIG

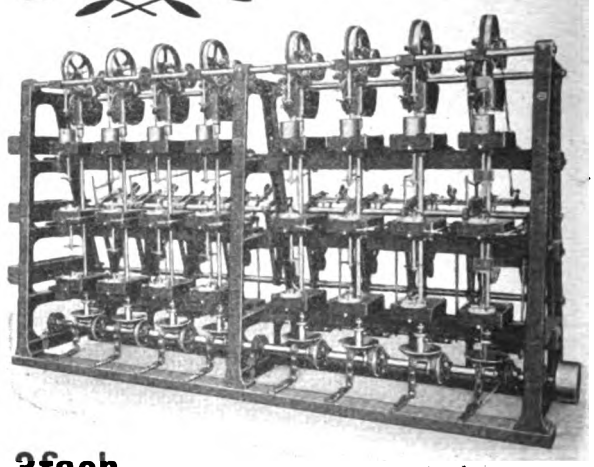
Digitized by Google

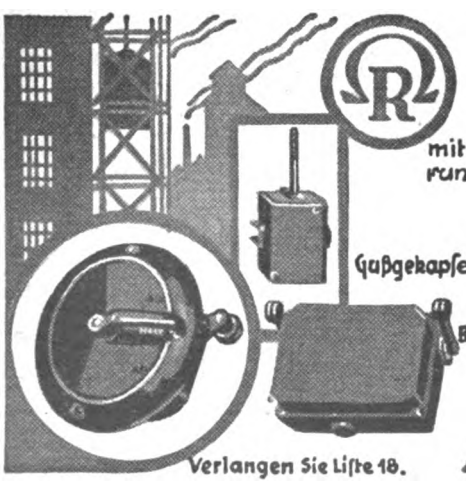
Isolier-Lacke langjährig erprobte Garantie-Qualitäten
Spezial-Lacke
aller Art
für die Bedürfnisse der Elektro-Industrie

Anker-Isoliermaterial

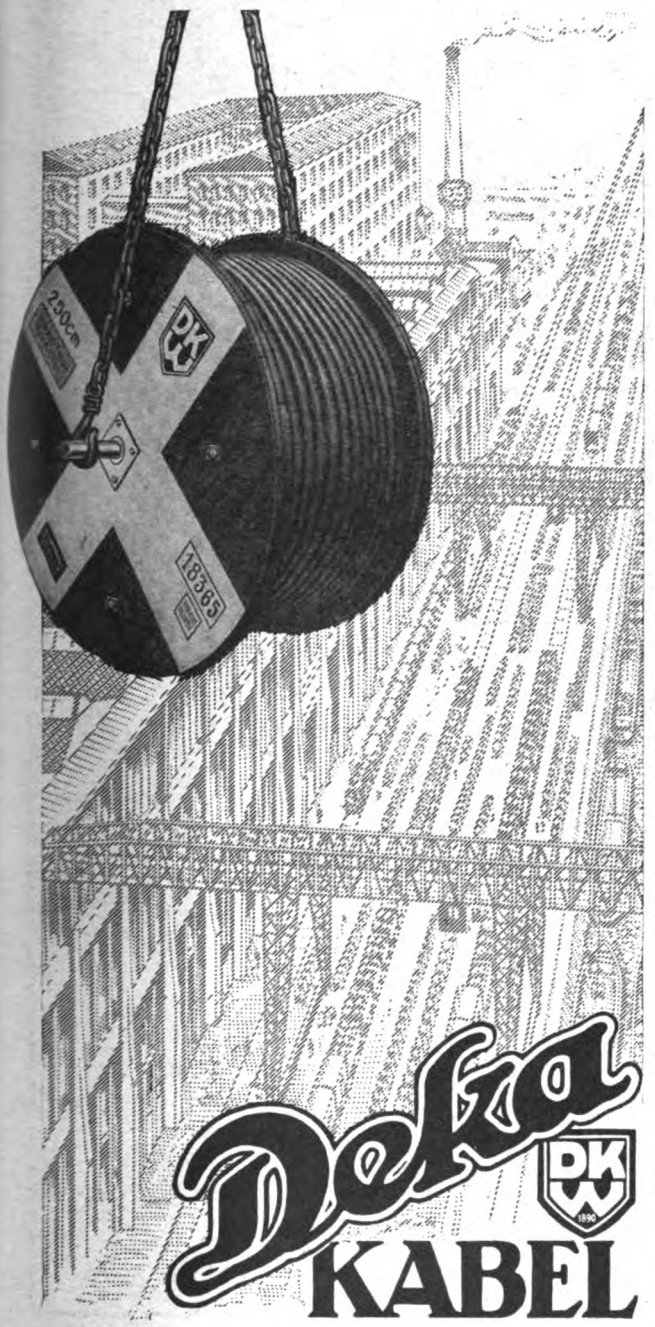
Leistungsfähigste u. modernste Spezialfabrik
Wilhelm Carstens
G. m. b. H.
Abt. Lackfabrik HAMBURG 39

Kabelüberführungsendverschlüsse
QUANTE-WERKE
Wuppertal - Elberfeld

1890 FR 1930

3fach
Schnellumspinnmaschine
für 1 mal Baumwolle und 2 mal Papier
Isolations-Zunahme weit unter Dinorm
FROITZHEIM & RUDERT
Maschinenfabrik
Berlin-Weißensee, Langhansstr. 126/31


Aufzugs-Apparate
STEUER und SICHERHEITSAPPARATE
Kabinen-Hebelschalter
mit schwarzemaillierter oder messingpolierter Abdeckplatte, selbsttätige Rückführung in die Nullstellung, mit zweitem Kontaktpaar für Zentralverriegelung.
Sonderausführung: mit Nullkontakt für Feinsteuerungen.
Zentral-Türkontakte
Gußgekapselt, walzenförmige Kontakte, keine Wartung nötig - schließen erst, wenn alle Schachttüren gschl. sind
Tür-Kontakte
Blech- u. gußgekapselt, zuverlässige Kontaktgebung, durch Gewindestift zwangsw. Betätigung.
Kleine Form – Leichte Montage.
RHEOSTAT
SPEZIALFABRIK ELEKTR. APPARATE EDMUND KUSSI
DRESDEN. N. 23
ANLASS- STEUER- HOCHSPANNUNGS-APPARATE
Verlangen Sie Liste 18.

Digitized by Google



Deka KABEL

sind das Produkt 40 jähriger Fabrikationserfahrung und technisch wie organisatorisch unübertroffener Betriebseinrichtungen. Insbesondere liefern wir:

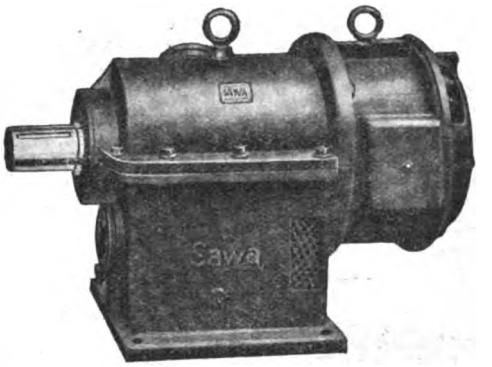
Kabel für Starkstrom
neuester Konstruktion bis zu den höchsten Spannungen

Kabel für Schwachstrom
Telefonkabel, Fernkabel, Telegrafenkabel, Signalkabel etc.

Stellen Sie unsere bedeutende Leistungsfähigkeit durch Überweisung Ihrer Anfragen u. Aufträge in Ihren Dienst

DEUTSCHE KABELWERKE AKT. GES. BERLIN O. 112

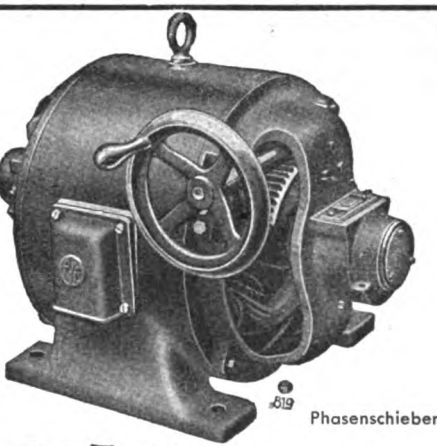
»SAWA«
Reduzier-Getriebe
für alle Leistungen und Drehzahlen



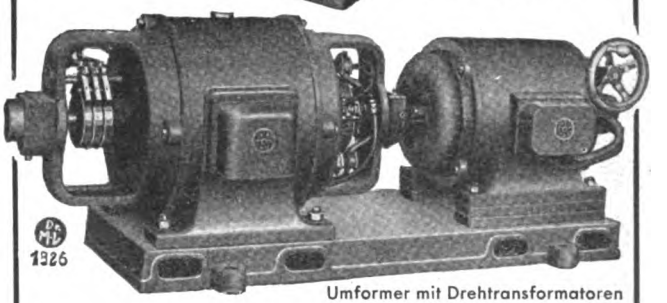
Höchster Wirkungsgrad 98-99 %
Geräuschloser Lauf
Stirnradgetriebe, Kegelradgetriebe
Schneckengetriebe usw.

Man verlange Katalog Sawa 33

Fritz Sauerwald
Wuppertal-Barmen
Fabrik für Getriebebau



Phasenschieber



Umformer mit Drehtransformatoren

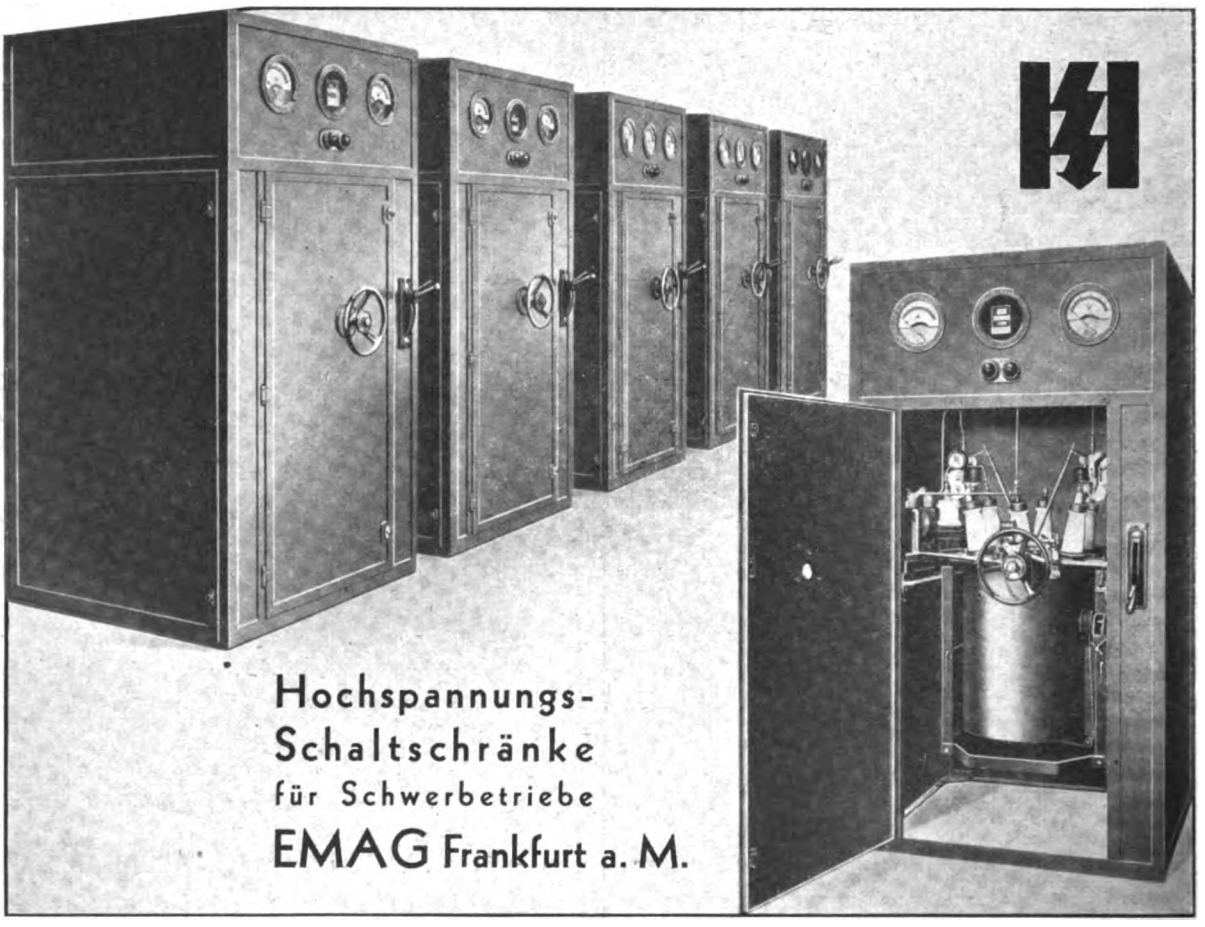
Eich-Aggregate

Max Levy
G. m. b. H.
Berlin N 65 K, Müllerstr. 30 B

227

Digitized by Google

Diagonalband ohne Naht, gelb und schwarz, in 100-m-Längen



Fachbericht-Sonderheft

der XXXIV. Jahresversammlung des VDE in Aachen 1929

VDE

Fachberichte nebst Besprechungen aus den Gebieten der elektrischen Kraftwerke und Kraftübertragung, der elektrischen Industrieanlagen und Installationstechnik, der Fernmeldetechnik und Elektrophysik und der Maschinen und Transformatoren.

Preise:

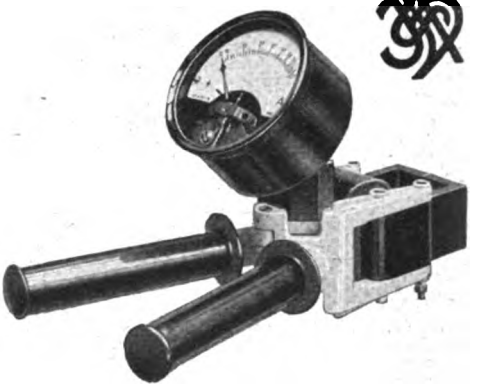
Für Mitglieder des VDE geheftet RM **5.—**, gebunden RM **6.—**
für Nichtmitglieder . . . . . geheftet RM **9.—**, gebunden RM **10.—**

Bestellungen an die Geschäftstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker e. V., Berlin W 57, Potsdamer Straße 68

Digitized by Google

H & B

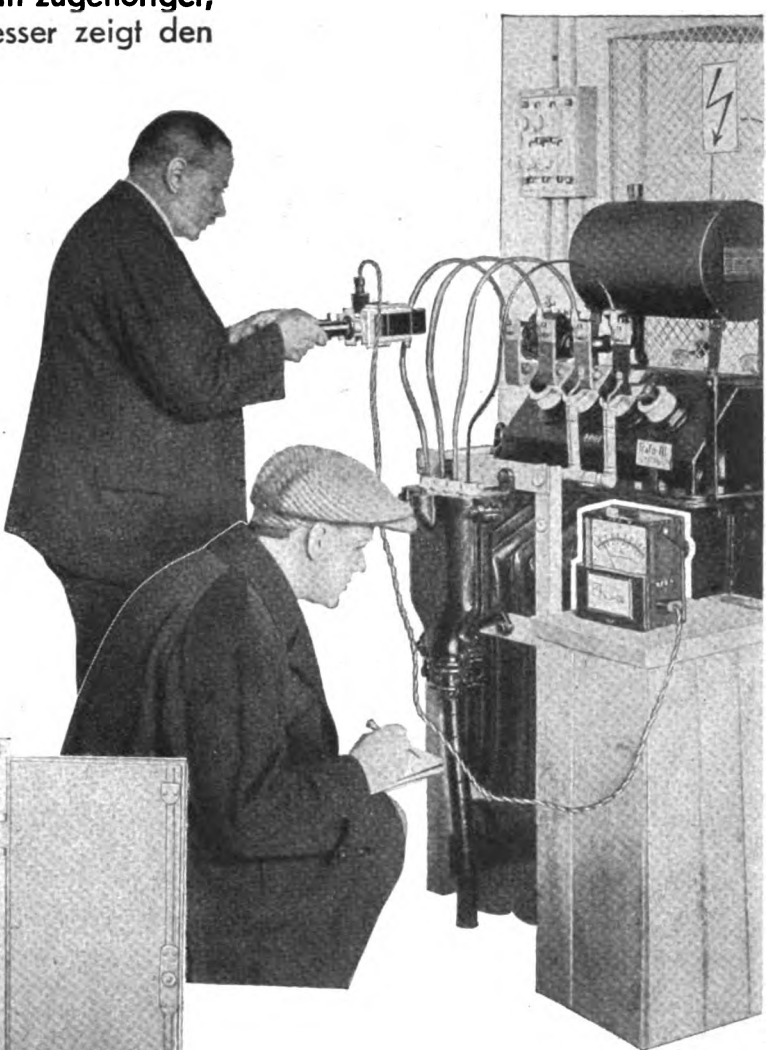
Dietze-Anleger

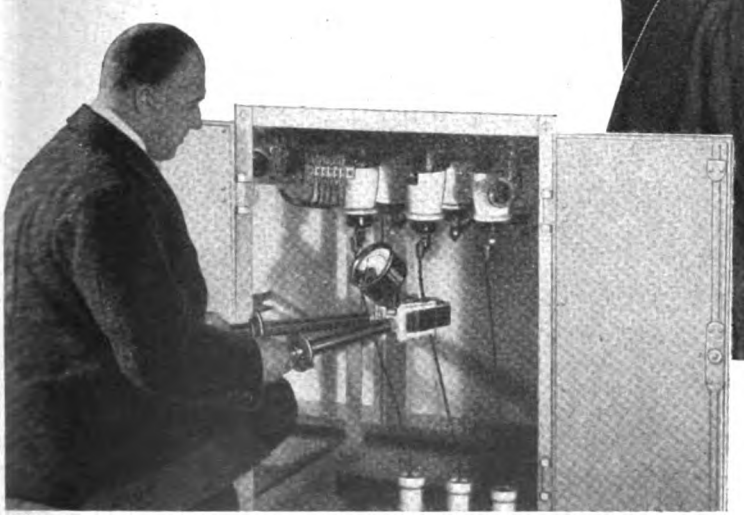


Mit diesem Gerät kann man die Stärke des in einer Leitung fließenden Stroms messen, ohne die Leitung unterbrechen zu müssen. Durch Zusammendrücken der Handgriffe wird die Zange geöffnet, dann über die Leitung geschoben und geschlossen. Ein zugehöriger, aufsteckbarer oder tragbarer Strommesser zeigt den in der Leitung fließenden Strom an.

Neuste Ausführung:
zum Messen schwacher Ströme in Hochspannungsleitungen; kleinster Meßbereich 0...3 Amp.

Der leichte, handliche Anleger läßt sich bequem von einer Meßstelle zur andern mitnehmen; er wird verwendet zu Kontrollmessungen an Speise- und Verteilpunkten der Eltwerke, — beim Prüfen der Abspannstationen der Überlandzentrale und in vielen andern Fällen.





HARTMANN & BRAUN

A-G FRANKFURT/MAIN

Digitized by Google

ANSIEDLUNGSORTE FÜR FABRIKANLAGEN MIT STROMBEDARF

IN DER NÄHE DER

LAGE:

MITTELDEUTSCHES BRAUNKOHLENGEBIET

VORTEILHAFTESTE STROMPREISE

BILLIGES BAUGELÄNDE

GÜNSTIGE VERKEHRSVERBINDUNG

AUSKUNFT DURCH:

ELEKTROWERKE A.G. BERLIN W62

KURFÜRSTENSTRASSE 112

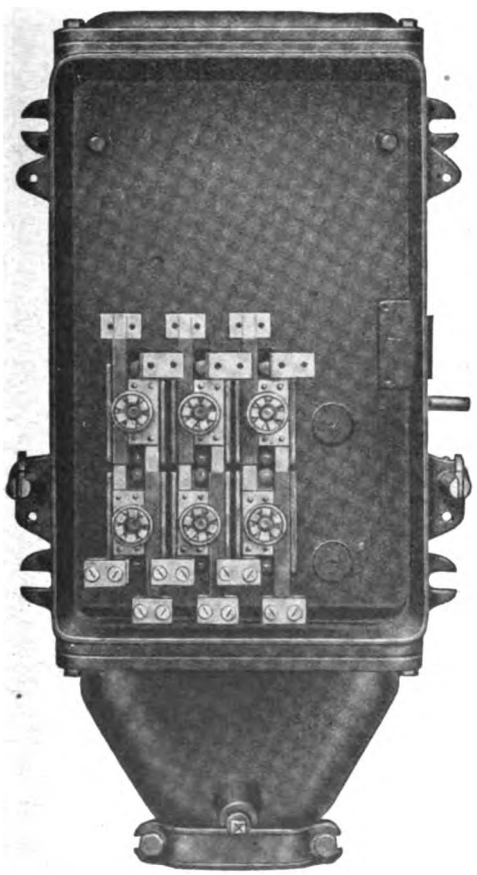
Digitized by Google

SBIK ÜBERSTROM-TRENNSCHALTKASTEN

Konstruktion »BESAG«

FORM MST

vollkommen gekapselter Überstromschalter mit Steckkontakten zum Abtrennen und Spannungslosmachen des Schaltgeräts. · Bequeme Zu- und Ableitung nach oben oder unten.



Unterkasten (geöffnet)
Steckerbuchsen und Anschlußschienen sichtbar

Höchste Abschaltleistung

Schaltleistungsgruppe IV

über 5000 A

(R.E.S./1928 § 71.)

Thermische Überstromzeit- und Schnellauslösung bis zu Nennstromstärken von 200 A.

Massenfabrikation ermöglicht auch bei diesen Typen mäßige Preise.

Fordern Sie Angebot und Literatur von

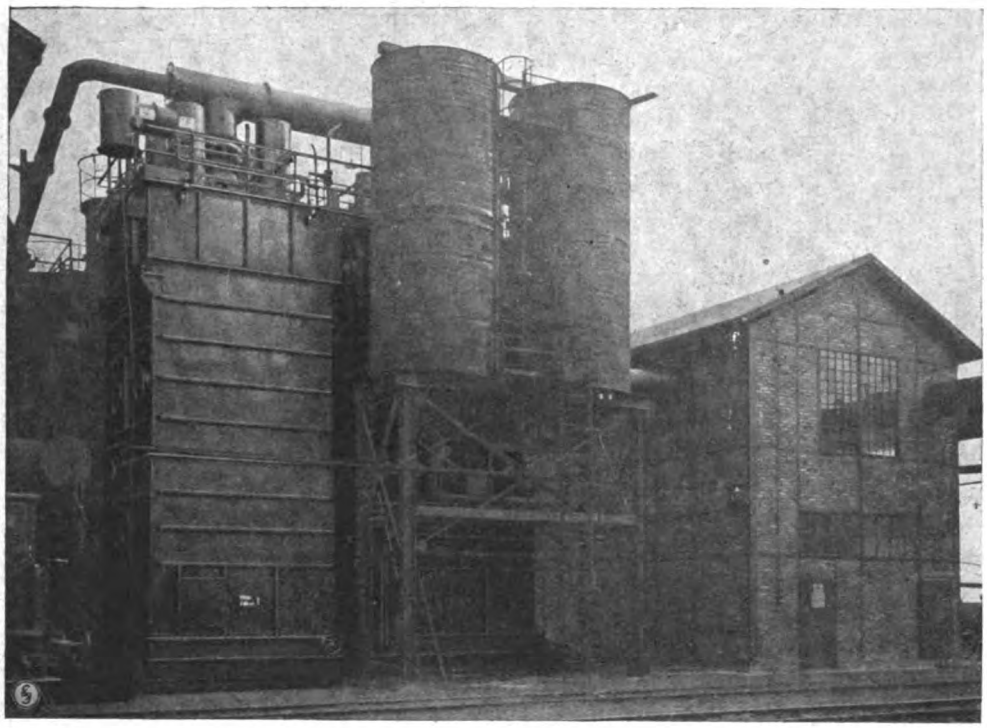
SCHIELE & BRUCHSALER INDUSTRIEWERKE A·G
BADEN-BADEN

Digitized by Google

ELEKTRO-FILTER

erhöhen die Wirtschaftlichkeit, verhüten die Staubbelästigung

in industriellen Anlagen durch praktisch vollkommene Entstaubung aller Nutz- und Abfallgase



Elektrofilteranlage eines Eisenhüttenwerkes zur Entteerung von 44 000 m³h Steinkohlenschwelgas

VORTEILE:

Hoher Reinigungsgrad
Geringer Energiebedarf
Niedrige Bedienungskosten
Einfache Wartung
Kein Verschleiß
Kleiner Durchgangswiderstand
Große Betriebssicherheit
Hohe zulässige Gastemperatur
Keine Waschflüssigkeit
Keine Klärteiche

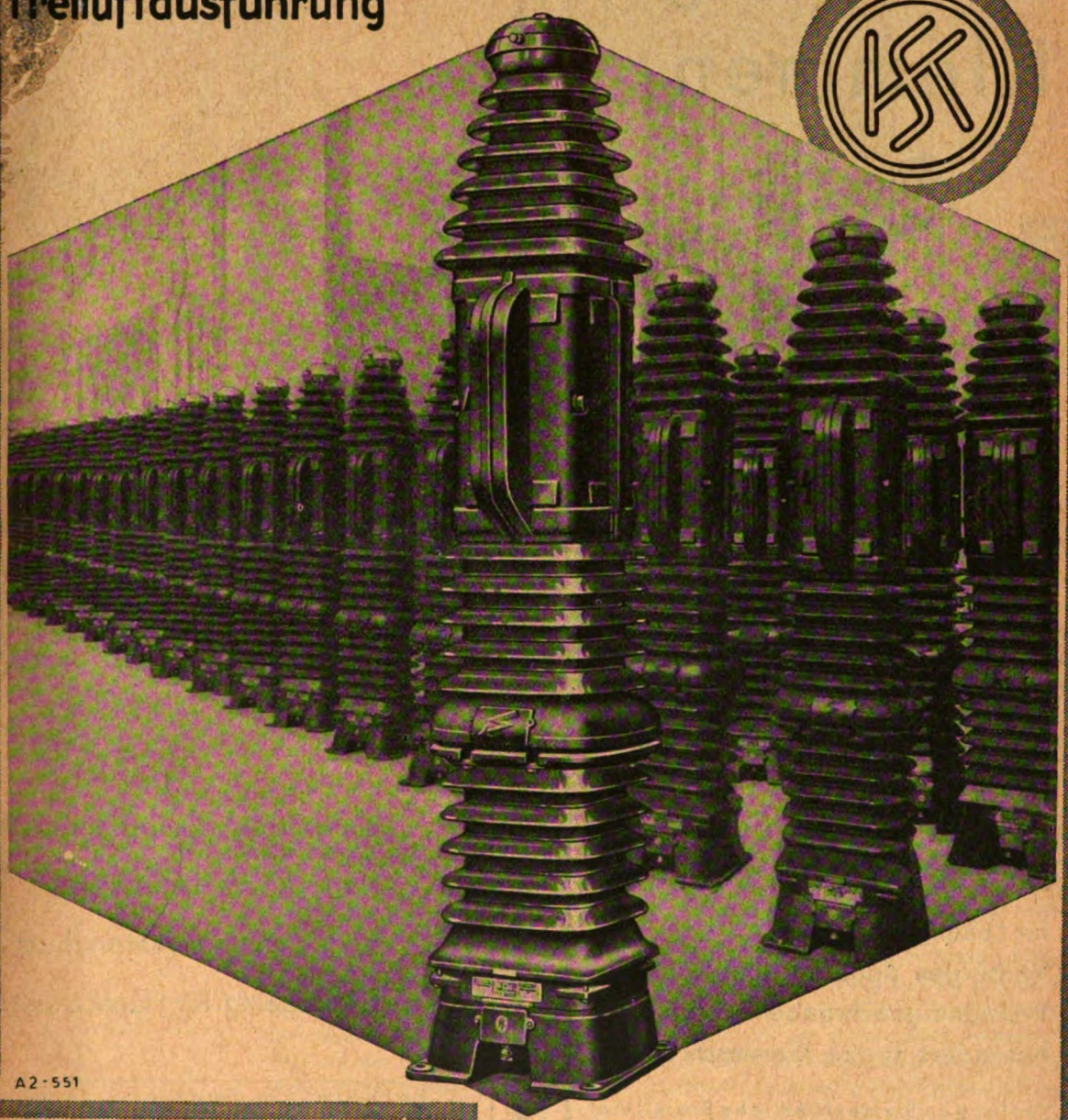
SIEMENS-SCHUCKERT

Digitized by Google

Kaskaden-Stromwandler

mit Sandfüllung

110 kV
Freiluftausführung



A2-551

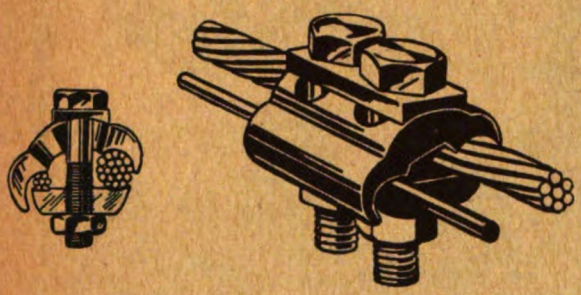
Mit Mess-u. Relaiskern
Überstromkennziffer = 10

KOCH & STERZEL
AKTIENGESELLSCHAFT / DRESDEN

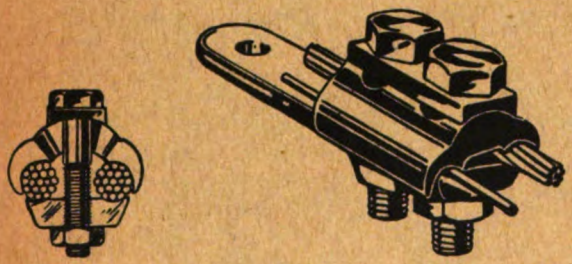
Digitized by Google

STOTZ-KONTAKT

Freileitungs-Klemmen



und Kabelschuhe



WEMAR

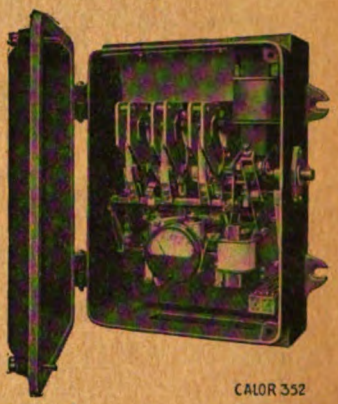
für Leitungsabzweige.
Verbürgen dauernd gute Kontakte.
Vollständige Schraubenkopfauflage;
besonders starke Klemmschrauben.

Verlangen Sie ausführliche Preisliste!

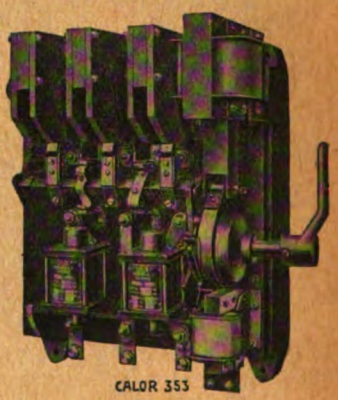
STOTZ-KONTAKT
G. M. B. H.
MANNHEIM

FERNSCHALTER

mit **Einschaltmagneten**
für
Gleich- u. **Wechselstrom**



bis 600 Amp., 500 Volt.

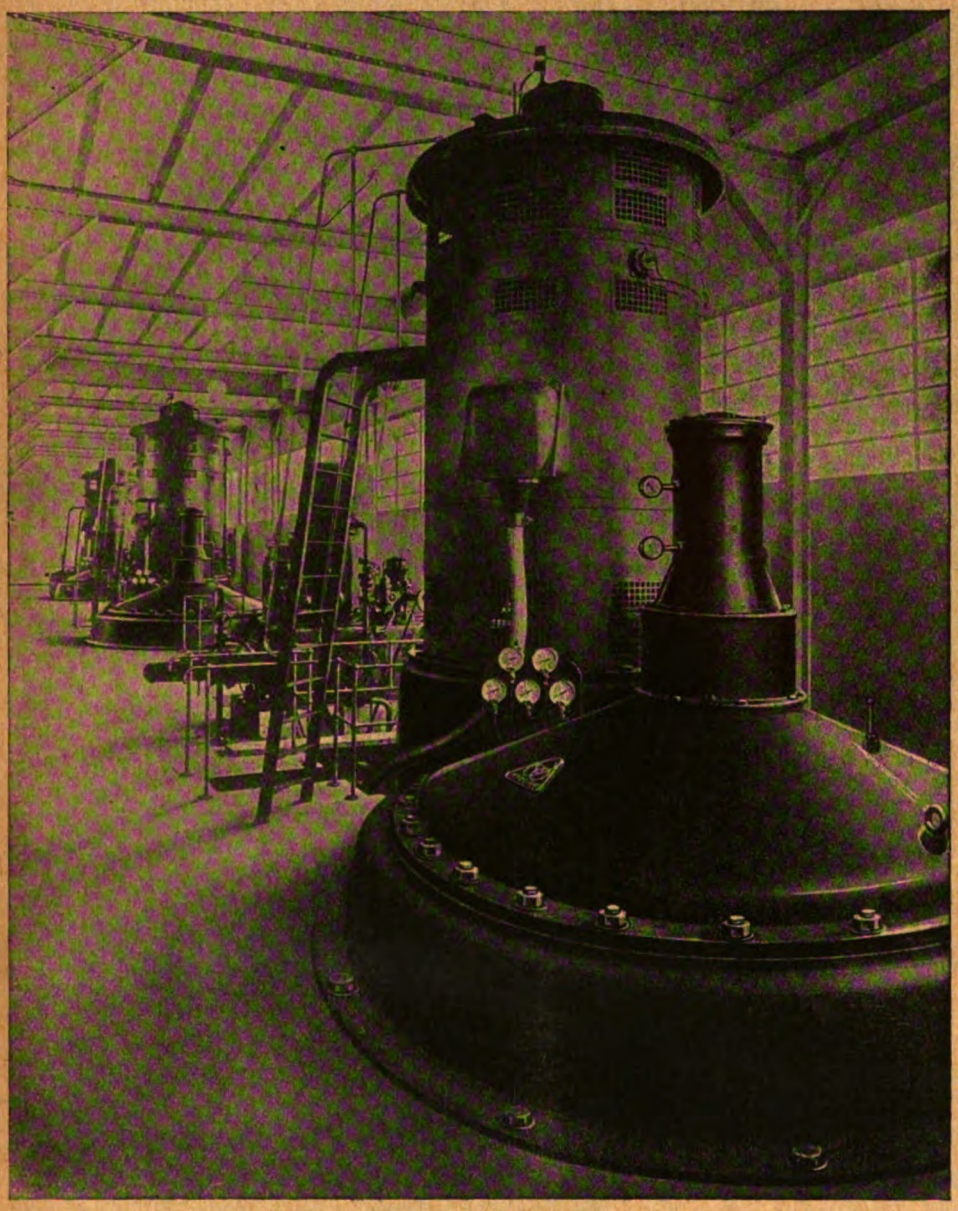


Einfache Druckknopfbedienung
Hohe Abschaltleistung
Vollkommener Motorschutz
Gleichzeitig für Handschaltung

Fordern Sie Spezialliste 3/30

CALOR
ELEKTRIZITÄTS-AKTIENGESELLSCHAFT
DUISBURG

Digitized by Google



Zahnradgetriebe zwischen Wasserturbine und Generator. N = 1050 PS, n = 68/750

Zahnradgetriebe

bauen wir bis zu höchsten Leistungen und Drehzahlen für alle Anwendungsgebiete. Wir legen größten Wert auf günstigste Form und genaue Bearbeitung der Zähne. Zahnräder und Ritzel werden aus unseren bewährten hochwertigen Sonderstählen und auf Werkzeugmaschinen größter Genauigkeit hergestellt. Wir können daher für größte Betriebssicherheit, lange Lebensdauer, einwandfreies Arbeiten der Räder, ruhigen Lauf und höchsten Wirkungsgrad bürgen.

Vorzüglich bewähren sich auch unsere **im Einsatz gehärteten Zahnräder,** deren glasharte Oberfläche, verbunden mit einem zähen Kern, ihnen eine 8 - 12 mal größere Lebensdauer gegenüber ungehärteten verleiht.

Kammwalzen liefern wir je nach dem Verwendungszweck aus Kohlenstoff-Stahl oder höchstwertigem Sonderstahl bis zu den größten Abmessungen.

KRUPP 986

Fried. Krupp Aktiengesellschaft, Essen, Abteilung Getriebebau

Digitized by Google

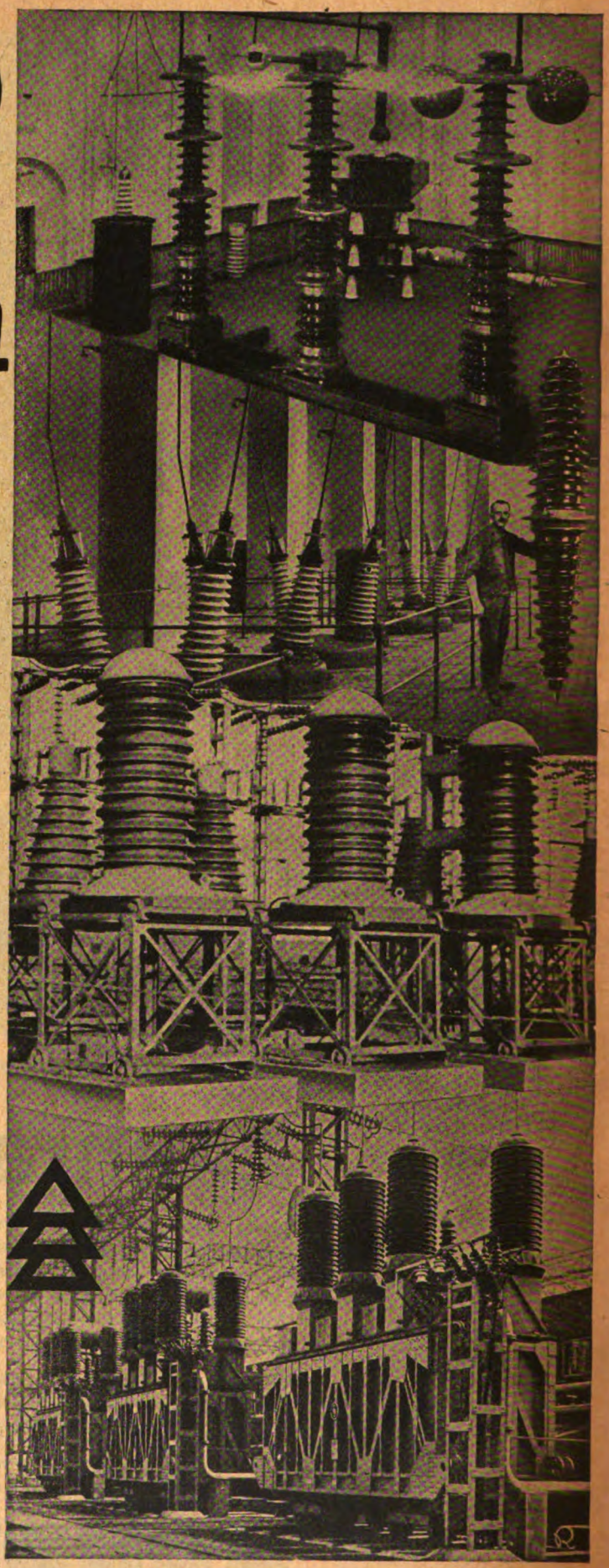
Warum Hescho Isolatoren?

Wichtige Hochspannungsanlagen zuverlässig isolieren, heißt Betriebstörungen vermeiden.

Die Praxis beweist, daß HESCHO-ISOLATOREN, selbst wenn sehr schwierige Verhältnisse vorliegen, RUHE IN DEN BETRIEB bringen.

Auch Ihnen werden Hescho-Isolatoren die gleichen Dienste leisten.

Verfügen Sie über unsere umfassenden Erfahrungen und fordern Sie Druckschriften und Angebote ein.



HESCHO

HERMSDORF, THÜR. IM KAHLA KONZERN

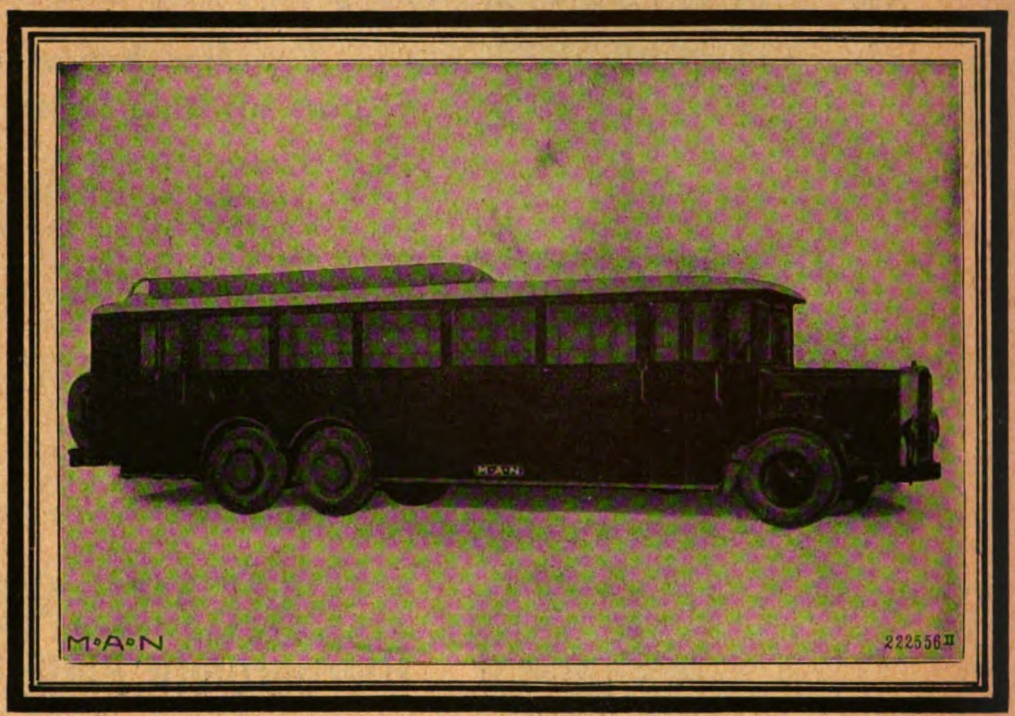
Digitized by Google

MAN
MASCHINENFABRIK AUGSBURG-NÜRNBERG A.G.

KRAFTOMNIBUSSE

zur Ergänzung von Straßenbahnen und für Überlandverkehr.

Näheres Drucksache E. Z. 22

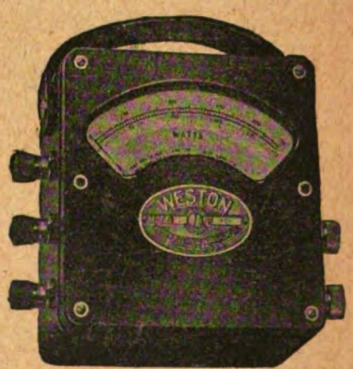


Weston-Meßgeräte
in Bakelitgehäusen

Mod. 433, Strommesser

für Prüffeld
Betrieb
Montage

Preise ermäßigt!



Mod. 432, Leistungsmesser

Kurzfristig lieferbar!

Generalvertrieb:
Dipl. Ing. D. Bercovitz & Sohn
BERLIN-SCHÖNEBERG
db

Digitized by Google

Je besser das Licht – desto besser die Arbeit!

Nur durch gutes Licht ist schnelleres und besseres Sehen möglich. Der Arbeitsertrag wird vergrößert und außerdem die Qualität der Arbeit besser. Durch reichliches, gutes Licht wird der Ausschuß geringer, Unfälle werden vermieden. Die Vorteile, die im Arbeitsprozeß durch besseres Licht erzielt werden, wiegen die geringen Mehrkosten für den elektrischen Strom vielfach auf.

OSRAM G.M.B.H. KOMMANDITGESELLSCHAFT

Innenmattierte OSRAM-LAMPEN geben besseres Licht

Digitized by Google

DIPLOM-INGENIEUR

sucht jetzt oder später
im **Inland** oder **Ausland** einschl. **Uebersee**

arbeitsreiche Position

oder **Uebernahme von Ingenieur-Vertretungen für den Berliner Platz.** Der Suchende hat auf Grund 4jähriger Montage- und Prüffeldpraxis sowie 10jähriger Tätigkeit in Bergbau- und Ueberseeabteilung der SSW große Erfahrung im Veranschlagen von elektr. Anlagen aller Art einschl. Großkraftanlagen. Gute Referenzen, gute Zeugnisse, gute Sprachkenntnisse. Angeb. u. **E. 1209** a. d. Anz.-Abt. d. ETZ, Berlin W 9, erbeten.

Stellungslose Elektroingenieure

erhalten auf Wunsch den Stellenmarkt der ETZ unberechnet zugesandt. Der ETZ-Verlag behält sich jederzeit Widerruf dieser Einrichtung vor. Entsprechende Anträge sind zu richten an

Verlagsbuchhandlung Julius Springer,
Abt. IV, BERLIN W 9, Linkstraße 23/24.

Diplom-Ingenieur
(Fernmeldetechnik)

26 Jahre, 1½ Jahre bei mittlerer Firma der Fernmeldetechnik, mit Erfahrung in Entwicklung, Prüfung und Montage von Kurzwellensendern und -Empfängern, Rundfunkgeräten, Bildfunkgeräten, sucht Stellung i. Laboratorium oder Prüffeld, auch außerhalb Berlins.

Angeb. unter **E. 1223** an die Anz.-Abt. der ETZ, Berlin W 9, erbeten.

Elektr. Koch- und Heizapparate

Bekannter Verkaufsleiter — Prokurist — führender Spezialfabrik Süddeutschlands, langjähriger Geschäftsführer einer größeren Elektr. Bau- und Betriebs-A.-G., eingeführt in ganz Deutschland u. Ausland, sucht sich per 1. 4. 1931 zu verändern. Es steht auf Wunsch eine vollständig eingearbeitete bewährte Vertreterorganisation — erstklassige bekannte Vertreterfirmen —, eingeführt auch bei Elektrizitäts- u. Überlandwerken, z. Verfügung. Refer. aus allen Teilen Deutschlands u. dem Auslande. Angeb. u. **E. 1220** a. d. A.-Abt. d. ETZ, Bln. W 9, erb.

Glühlampenfachmann

Für angenehme Dauerstellung im Auslande werden gesucht:

1 Ingenieur oder Techniker
1 Meister oder Vorarbeiter

mit langjähr. Fabrikationserfahrungen und vornehmer Gesinnung. Dieselben müssen imstande sein, die Fabrikation von Gasfüllungslampen (Halbwattlampen) selbständig einzurichten und zu leiten. Französ. Sprachkenntnisse erwünscht, jedoch nicht Bedingung.

Angebote mit ausführlichem Werdegang. Lichtbild usw. unter **E. 1222** a. d. Anz.-Abt. der ETZ, Berlin W 9, erb.

Digitized by Google

Wähle

Haupt'eitungs-Abzweigkästen

D. R. P.

in 5 Größen von 4—120 qmm.

Vieltausendfach bewährt

Nr. 734—748

in schwarz emaillliertem Metallgehäuse, Klemmen mit Berührungsschutz

Fritz Wieland, Bamberg (Bayern)

Wieland

K.W.R. STALLKABEL

das Installations-bleikabel für schwierige Verhältnisse

Säure- und alkalifest

KABELWERK RHEYDT A.-G.

Konstrukteur. Transformatoren.

Für Skandinavien wird unbedingt tüchtiger Dr. oder Dipl.-Ing. mit reicher Erfahrung als Konstrukteur erstklassig. Transformatoren gesucht.

Angebote mit Angaben über Ausbildung, Erfahrung usw., Lichtbild, Zeugnissen, Gehaltsansprüchen unter **E. 1221** an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9, erbeten.

Anzeigen finden durch die ETZ weiteste Verbreitung

Zählerrevisor und Abnahme-Beamter

m. all. Zähler-Systemen, deren Eichung und Instandsetzung, sowie mit den VDE-Vorschriften bestens vertraut, sorgfältig und gewissenhaft arbeitend, mit einwandfreiem Charakter, findet bei uns dauernde Stellg. Schriftliche Angebote mit Zeugnisabschriften, Antrittstermin, Gehaltsforderung u. Lichtbild sind zu send. unt. **E. 1218** an die Anz.-Abteilung der ETZ, Berlin W 9.

Konstruktionschef

gesucht für kleineres selbständiges Konstruktionsbüro einer Berliner Großfirma für neuartige Massenartikel. Kenntnisse der Elektrotechnik, Preßmaterialfabrikation, Rundfunkgeräte und Erfahrungen in dem chemischen Gerätebau notwendig. Angebote mit lückenlosem Lebenslauf, Lichtbild und Gehaltsforderungen unter **E. 1213** a. d. Anz.-Abt. d. ETZ, Berlin W 9, erbeten.

Fortsetzung auf Seite 34.

Zur gefl. Beachtung!

Die immer häufiger werdenden Klagen über Einbehaltung von Lichtbild, Zeugnisabschriften usw. seitens der inserierenden Firmen veranlassen uns zu der dringenden Bitte, den wirtschaftlich oft sehr bedrängten Stellesuchenden, falls sie nicht zur engeren Wahl gezogen sind, sämtliche Bewerbungsunterlagen unter Angabe der Chiffre unaufgefordert stets sofort portofrei zurückzusenden.

VERLAG UND EXPEDITION DER ELEKTROTECHNISCHEN ZEITSCHRIFT

Digitized by Google

RODERWALD

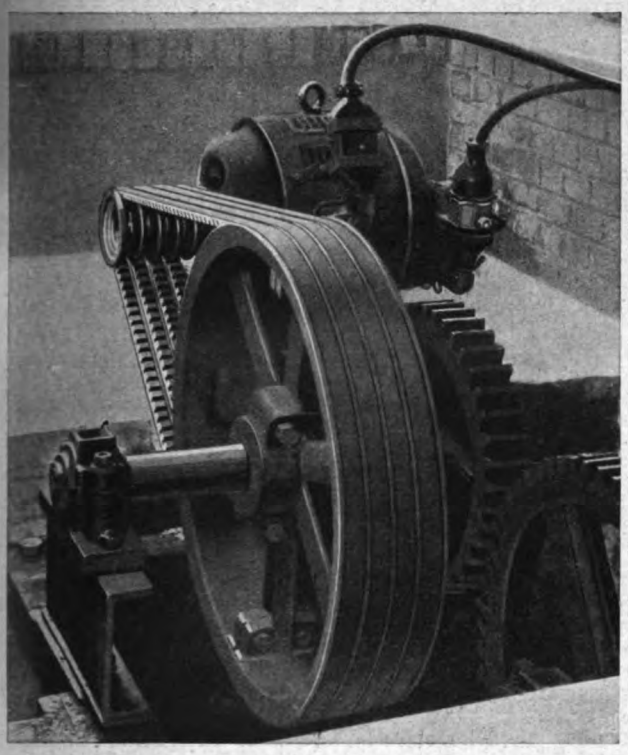
HOCHLEISTUNGS-ANTRIEBE

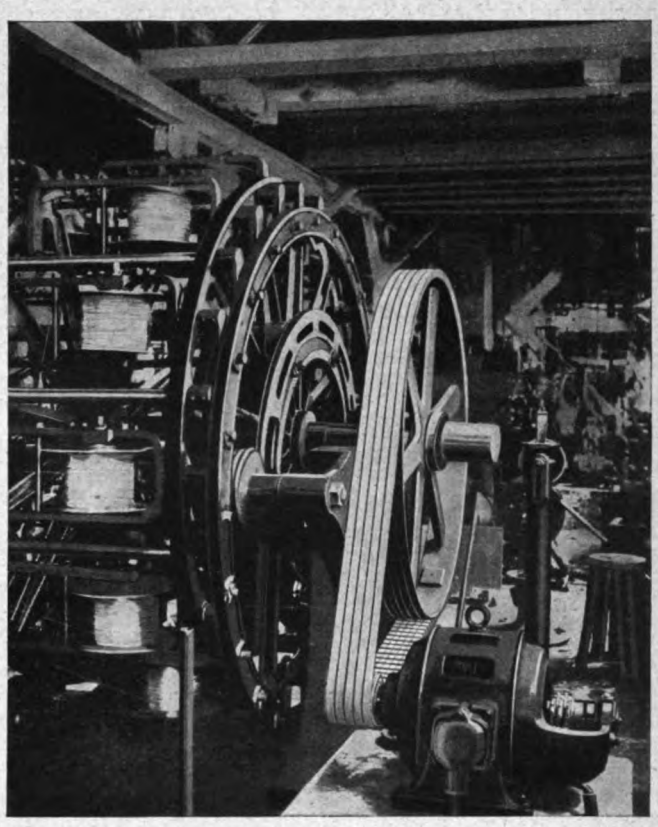
(In- und Auslandspatente)

sind das geeignetste Antriebsorgan für große und kleine Kraftübertragungen

arbeiten ohne Vorspannung, ohne Spannrolle und ohne Gleitverluste bei kürzesten Achsabständen, treiben alle schnell- und langsamlaufenden Maschinen und Transmissionen stoßfrei, elastisch, geräuschlos und sind raumsparend. Infolge der hohen Adhäsion große Ersparnis an Maschinenbreite, Material, Gewicht und Bearbeitung.

Roderwald-Hochleistungs-Antriebe für die Kabelindustrie





Der Vorteil der kurzen, engen Bauart des Roderwald-Antriebes kommt hierbei besonders zur Geltung.

Durch Verwendung des Roderwald-Hochleistungs-Antriebes erreicht man:

Reduzierung der Bau- und Betriebskosten

Einfachste Kraftübertragung bei Erzielung höchster Nutzeffekte

Hauptkatalog auf Wunsch, Beratung auf Anfragen.

Zu beziehen ab Werk Berlin-Steglitz und durch einschlägige Geschäfte.

RODERWALD A.-G. BERLIN-STEGLITZ

Digitized by Google

Berliner Großfirma sucht zu baldigem Dienstantritt bewährten

Patent-Ingenieur

mit guten Kenntnissen und Erfahrungen auf dem Gebiete der Schwachstromtechnik.

Bewerbungen mit eigenhändig geschriebenem Lebenslauf, Zeugnisabschriften, Lichtbild, Gehaltsansprüchen und Angabe des frühesten Eintrittstermines erbeten unter **E. 1225** an die Anz.-Abt. der ETZ, Berlin W 9.

Für eine ausländische Eisenbahnverwaltung werden zu sofortigem Antritt nachstehende Ingenieure gesucht:

1 **Ingenieur** für kurzwellige Radioanlag., welcher den Betrieb solcher Anlagen kennt und Anlagen temporärer und ambulanter Art und Radioverbindungen für fahrende Züge einrichten kann.

1 **Schwachstrom-Ingenieur** f. Kabelverlegung u. Bau neuer Telephon- u. Telegraphenstrecken temporärer Art u. für ständig, erfahren in Schutz von Schwachstromanlagen gegen Starkstrom u. Beseitigung dadurch verursachter Störungen.

2 **Ingenieure** für Einrichtung und Betrieb von Telephon-, Telegraph- und Radioanlagen.

2 **Ingenieure,** erfahren in der Einrichtung und Unterhaltung von Signalanlagen, Stellwerk- und Blockwerkanlagen.

Herren mit Hochschulbildung und 5 bis 10jährigen Erfahrungen im Eisenbahndienst werden ersucht, mit Schreibmaschine oder in deutlicher lateinischer Schrift angefertigte Bewerbungen, lückenlose, zeitlich geordnete Lebensläufe, Zeugnisabschriften, Photos und Gehaltsansprüche unter **E. 1212** an die Anz.-Abt. der ETZ, Berlin W 9, einzusenden.

Bedeutende Kohlebürsten-Fabrik **sucht Vertreter** gegen Prov. und Zuschuß für **Breslau u. Gleiwitz.** Es kommen nur techn. vorgebildete Herren in Frage, welche die Bezirke kennen und über eine intensive Arbeitskraft verfügen. Angeb. u. **E. 1208** a. d. Anz.-Abt. d. ETZ, Berlin W 9, erbeten.

Teilhaber

Bedeutende Elektrofirma im Rheinland (Kraft- u. Lichtanl.), mit großen Büros, Lager- und Ausstellungsräumen im eigenen Hause, sucht Fachmann als Teilhaber. Jetziger Besitzer wünscht sich wegen anderweitiger Unternehmungen zu entlasten und wollen sich nur erste u. einwandfreie Herren bewerben. Angabe des verfügbaren Kapitales erbeten. Es handelt sich um ein selten günstiges Angebot.

Ausführliche Angebote erbeten unt. **E. 1214** an die Anz.-Abt. der ETZ, Berlin W 9.

Elektro-Ingenieur

oder Physiker gesucht m. Spezialkenntnissen i. d. Fernmeldetechnik f. magnetische Messung. an Schwachstromapp. Angeb. mit Lichtbild, Lebenslauf, Zeugnisabschriften u. Gehaltsansprüch. unt. **E. 1210** an die Anz.-Abt. der ETZ, Berlin W 9, erbeten. [1210]

Ing.-Büro

Berlin, sucht **Vertretungen** auswärtiger Fabriken und **Neuheiten.** Gefl. Angeb. unter **E. 1215** a. d. Anz.-Abt. d. ETZ, Berlin W 9, erbeten.

Fachliteratur [5183] gegen **Teilzahlungen** liefert **Walter Pestner,** Buchhdlg., **Leipzig C 1/3**

Wir suchen für unsere allbekannten und überall gut eingeführten Fabrikate

Vertreter

für: **Ober- und Niederbayern, Westfalen (Münster — Osnabrück — Bielefeld) Hannover — Braunschweig, Oberschlesien.** [1219]

Nur Firmen und Ingenieure, die über reiche Erfahrungen in der vielseitigen Verwendungsmöglichkeit von handbedienten und automat. Anlaßgeräten, insbes. selbstt. Apparaten für Aufzüge, Pumpen, Kompressoren, Werkzeugmaschinen usw. verfügen und bei den entspr.. Interessenten eingeführt sind, wollen sich u. Aufgabe v. Refer. bewerb.

Spezialfabrik elektr. Steuerapparate
Gebr. Cruse & Co., Dresden N 30.

Wer beteiligt sich an gut eingerichteter

Bakelitepresserei?

Gr. Auftragsbestand. Erforderl. Kapital zur Ablösung bisherig. Einlage mindestens 20 000 RM. Angeb. u. **E. 1211** an die Anz.-Abt. d. ETZ, Berlin W 9.

Gleichrichter

gebraucht, in gutem betriebsfähigen Zustande zu verkaufen.

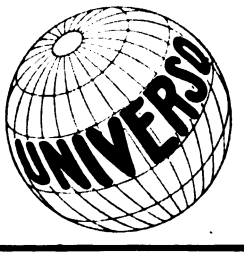
Type SRA 230/2×220	Gleichstrom
Leistungsdaten:	KV: 2×57,5
Wechsel- oder Drehstrom	Volt: 230
Volt: 2×343 198	Ampére: 2×250
Ampére: 204 500	Regelbereich:
Periodenzahl: 50	Volt 216—290

Angebote unter **U. 2029** an **Ala-Haasenstein & Vogler, Mannheim.** [1224]

Elektroautomatische Einrichtung D. R. P.

Reinigt u. trocknet das Auto. Lüftet u. wärmt die Garage. D. R. P. zu verkaufen od. Lizenzabgabe. Offert. u. **W. 2350** a. d. **Ann.-Exp. Jak. Vowinckel, Elberfeld.** [1217]

Altes und bedeutendes kaufm. industrielles Unternehmen der franz. Schweiz mit 20 Fabriken, über ein zahlreiches, fähiges Personal, sowie über das vervollkommenste Werkzeug verfügend, wäre bereit, die Fabrikation oder evtl. die **Vertretung** div. Artikel für die Mechanik, Uhrenmacherei, Elektrizität, Optik, drahtlose Telegraphie usw. zu übernehmen.



UNIVERSO A.G.

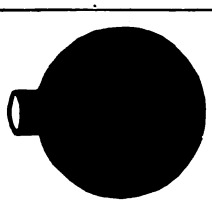
Allgem. Gesellschaft der Zeigerfabriken

la Chaux-de-Fonds

Schweiz [1216]

Digitized by Google

VORWERK & SOHN
BARMEN
ABTEILUNG GUMMIWERK



Metalldruckteile
Hohlkugeln
Abschirmungen usw.
bis 2500 mm Durchm. für das elektr. Feld

Druck-, Stanz- und Zieharbeiten
nach Zeichnung oder Muster für alle Industriezweige

Paul Diener Metalldruckwarenfabrik
Gegr. 1908
Fernruf 42696
DRESDEN A 27
Bernhardstraße 103

Digitized by Google

Original-Ruhstrat
Schieber-Widerstände

Man verlange Widerstandsliste A. 40
Gebr. Ruhstrat A.-G., Göttingen 2
Spezialfabrik für Widerstände, Meßinstrumente, Experimentier-Schalttafeln

Midgard-Lenklampen D.R.G.M. D.R.P. Auslands-Patente

Allseitig in weiten Grenzen durch einen Handgriff verstellbar

Geringster Raumbedarf – sparsam im Stromverbrauch

Die Midgard-Lenklampen fördern die Bequemlichkeit im Heim, wirken raumsparend und fördern vielerlei Arbeitsverrichtungen durch gute Beleuchtung

Industrie-Werk Auma
Ronneberger & Fischer. Auma/Thüringen

Rationalisierung der Geistesarbeit

Was Sie haben müssen:

VDE

Benutzen Sie die

Technische Zeitschriftenschau

Vierteljährlich 6 Hefte nur 6.50 RM (für VDE-Mitglieder)

Die Technische Zeitschriftenschau berichtet Ihnen schnell und zuverlässig über die neueste in- und ausländische Literatur der Elektrotechnik und sonstigen technischen Gebiete

Anfragen und Bestellungen sind an den VDI-Verlag, Berlin NW 7, zu richten

Bei der Schriftleitung der „ETZ" eingegangen:

Listen und Drucksachen.
(Bezug durch die Firmen)

Vereinigte Economiser-Werke G. m. b. H., Freital i. Sa. Druckschr. 186 a: Rippenrohr-Vorwärmer. Flugblatt 227: Abstimmung v. Dampfkessel, Economiser, Lufterhitzer.

Klangfilm G. m. b. H., Berlin SW 11. Druckschriften: Das Aufbaugerät für Tonfilm-Theater; Tonkino-Maschinen für Lichtspiel-Theater; Uniton das Zusatz-Gerät für Tonfilm-Theater.

Prometheus G. m. b. H., Frankfurt a. M.-Ost. Druckschrift Nr. 213: Neue elektrische Prometheus Haushaltherde; 211: Der elektrische Prometheus Tischherd.

Reichsausschuß für Lieferbedingungen, Berlin NW 6, Luisenstr. 58. Druckschr. Nr. 844 F Ausg. Aug. 1930: Lieferbedingungen und Prüfverfahren für Sulfat-Bleiweiß. Vertrieb: Beuth-Verlag, Berlin S 14.

Dipl.-Ing. D. Bercovitz & Sohn, Berlin-Schöneberg, Belziger Str. 61. Preisermäßigungsblatt, 2. Ausg. zur Liste I, 1926, Original-Weston-Instrumente.

Sachsenwerk Licht- und Kraft-AG., Niedersedlitz-Dresden. Preisl. H 80, Febr. 1930: Industrie-Ölschalter m. Untersätzen f. Einzelaufstellung; H 72, Juli 1930: Reihenklemmen u. Bezeichnungshülsen, Kabelendverschlüsse; K 41, Juli 1930: Drehstrom-Kran-Motoren Type DK u. UDK f. Leist. v. 0,33 bis 270 kW; K 45-3, Aug. 1930: Widerstands-Geräte f. aussetz. Betrieb; H 66, Sept. 1930: Reihen-Ölschalter Type Rp; T 31, Teil II, Okt. 1930: Drehstrom-Öl-Transformatoren m. Selbstkühlung f. Leist. v. 125 bis 1600 kVA u. Spann. bis 25 000 V.

Radio-Zentrale Alex. v. Prohaska G. m. b. H., Berlin N 58, Gleimstr. 20. Katalog 1930/31. Mit zahlr. Abb. u. 192 S. in 8°. Preis kart. 0,30 RM f. Porto.

Digitized by Google

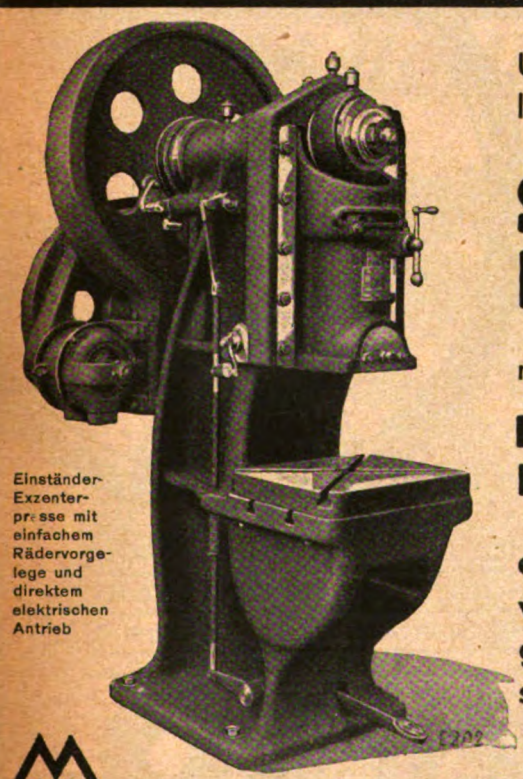
Preßteile aus Bakelite

Bezeg S
Bezeg 1
Bezeg o

für die gesamte Elektrotechnik (Starkstrom-, Schwachstrom-Apparate, Telefonie, Radio, Installation) liefert in erstklassiger Qualität nach Modellen und Zeichnungen auf Grund langjähriger Erfahrungen

BAYERISCHE ELEKTROZUBEHÖR
AKTIENGESELLSCHAFT (vorm. ALBERT BÜTTNER)
Lauf bei Nürnberg

Eigene Matrizenbauanstalt · Modernste Preßanlagen



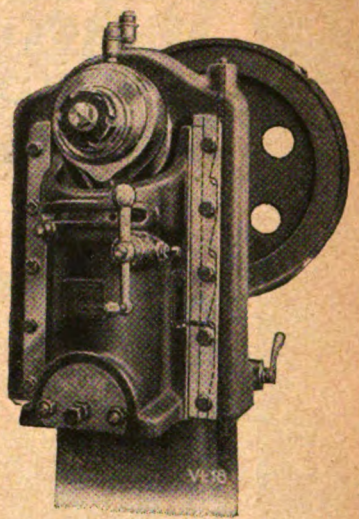
Einständer-Exzenterpresse mit einfachem Rädervorgelege und direktem elektrischen Antrieb

Unsere außergewöhnlich lange und geschliffene

Stößel-Führung

mit der patentierten

Keilleisten-Einstellung



erhöht die Lebensdauer der Werkzeuge
verringert die Werkzeugunkosten
garantiert exakte Stanzteile und
steigert die Leistungsfähigkeit Ihrer Presserei!

Verlangen Sie unsere Druckschriften!

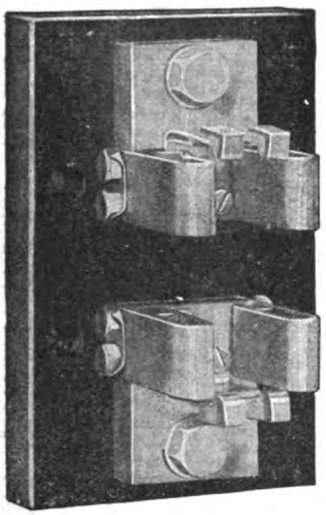
Maschinenfabrik Weingarten
vorm. Hch. Schatz A.-G., Weingarten (Württ.)

Digitized by Google

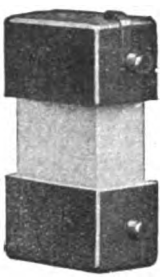
Eine wichtige Neuerung für Verteilungsstationen

ist die

geschlossene Griffsicherung



Sockel mit Kontakten



Schmelzpatrone

Isoliergriff

Bis 400 Amp. 500 Volt.

Kein Abschaltfeuer,
daher auch bei gedrängtem Einbau in gekapselte Verteilungen **keine Überschläge!**

Durchgebrannte Patronen können wieder instand gesetzt werden.

Abnehmbarer Griff, daher bei Zusammenbau mehrerer Sicherungen in die Verteilung zum Auswechseln nur **ein Griff** erforderlich.

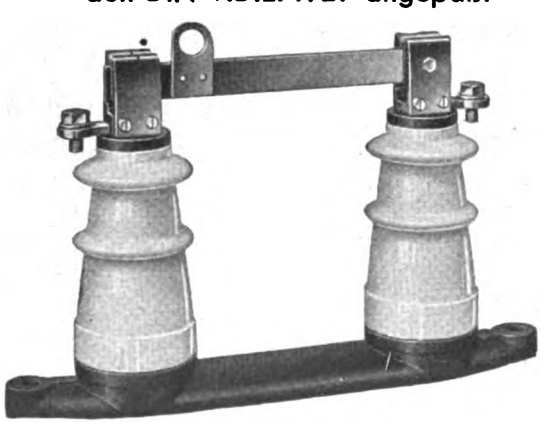
Kennvorrichtung, die das Durchbrennen des Schmelzeinsatzes anzeigt.

Kleine Abmessungen.

Fordern Sie Drucksachen von

VOIGT & NAEFFNER A-G
FRANKFURT a. M.

HOCHWERTIGES
KITTLOSES HOCH-
SPANNUNGS-MATERIAL
den DIN V.D.E. 1929 angepaßt



D.R.P. D.R.G.M.

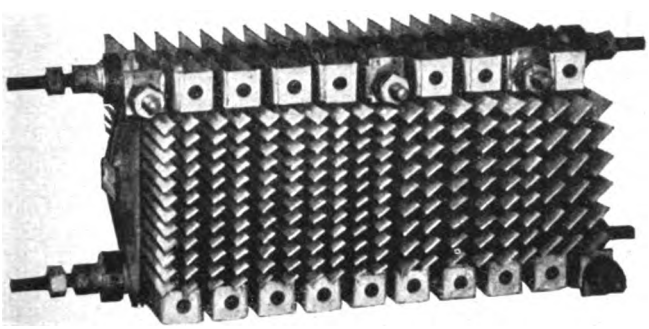
Hohe mech. Festigkeit
Hohe elektr. Festigkeit
Höchste Lebensdauer

LINDNER u. CO.
JECHA-Sondershausen

Digitized by Google

DER MECANO WIDERSTAND D.R.P.a.

Rostsicher
Unzerbrechlich
Starr



Dreistufiger Regulierwiderstand für 20 kW-Gleichstrommotor (Block nicht montiert)

Bei Entwurf einer Anlage müssen Sie sich auch dessen versichern, daß die Widerstände, die verwendet werden sollen, einen der übrigen Anlage gleichen Qualitätsgrad aufweisen.

Fordern Sie daher „MECANO" Widerstände mit **punktgeschweißten Zwischengitter-Verbindungen** an, die durch unbedingte **Zuverlässigkeit** größte **Wirtschaftlichkeit** gewährleisten!

Angebote auf Anfrage.

MECANO G.M.B.H.
DÜSSELDORF
SONNENSTR. 101

Neumeyer-Kabel weltverbreitet

KABEL- UND METALLWERKE **NEUMEYER** AKT.-GES. **NÜRNBERG**

Digitized by Google

Senkingwerk Hildesheim
liefert
elektrische Herde und Kochanlagen

ISOLA
ERZEUGNISSE
seit 20 Jahren bewährt:

Carta Platten·Rohre·Formstücke
Mikanit in allen Abarten
Durax (D.R.P. Nr. 442343) Preßmaterial für höchste Beanspruchung.
Isolierstoffe »Imperial«
Ölleinen
Ölseide · Ölpapier
Imperial-Isolierlacke
von
höchster Zuverlässigkeit

ISOLA WERKE A.G.
BIRKESDORF · DÜREN RHLD.

SEIT ZWANZIG JAHREN ISOLA-ERZEUGNISSE

Elektrische Meßinstrumente
Hochfrequenz-strahlapparate
rundfunkstörfrei
nach den Vorschriften des VDE

VELMAG
Vereinigte Fabriken elektr. Meßinstrumente u. Apparate
LEIPZIG 31, O 27

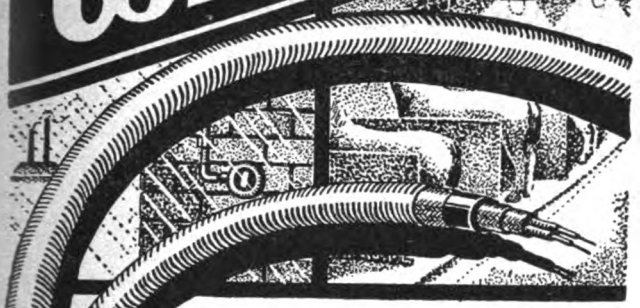
Selbstanlasser
Schütze, Motorschutz, Notlichtschalter, Druckregler, Thermostate Elektroventile

gußgekapselt

METZENAUER & JUNG ELBERFELD Spezialfabrik automatischer Schaltapparate

Digitized by Google

WETTER-U.SÄUREFESTE BLEIMANTEL-LEITUNGEN



»OSNACID« die säurebeständige Bleimantel-Leitung

zur Verlegung in landwirtschaftlichen Betrieben, Molkereien, Schlächtereien, Brauereien, Kellereien, chem. Fabriken, Bergwerken, Beizereien, Bahnhöfen usw.

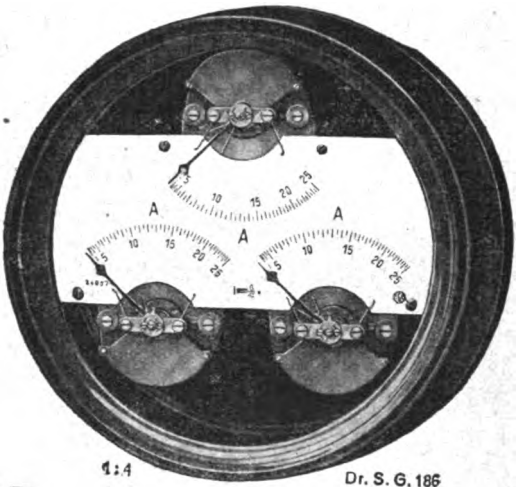
gewährleistet höchste Betriebssicherheit

OSNABRÜCKER KUPFER-UND DRAHTWERK

OKD

Dreifach-Amperemeter

für Drehstrom zur **gleichzeitigen** Messung des Stromes in den drei Phasen mit **einem Instrument**



1:4 Dr. S. G. 186

Dreifach-Voltmeter

zur gleichzeitigen Messung der Drehstrom-spannungen, geeignet als **Erdspannungsmesser (Drehstromsymmetriemesser)**

Dr. Siegfr. Guggenheimer

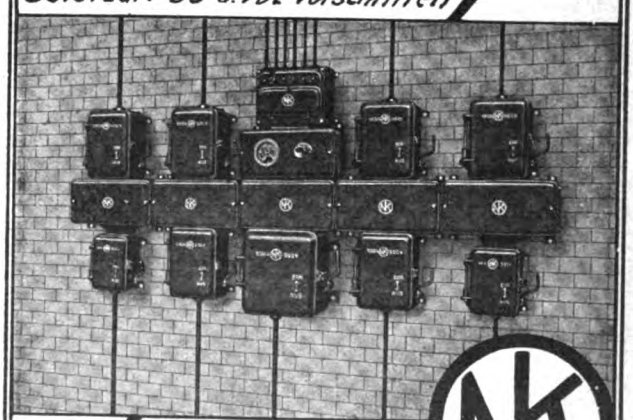
Aktiengesellschaft Nürnberg 19

29/3 Fabrik elektrischer Meßgeräte

Gußgekapselte Schaltanlagen

für rauhe und feuchte Betriebe in jeder Zusammenstellung

Staub- u. tropfwassersicher nach Schutzart S5 d. VDE-Vorschriften



K

Erste Referenzen

NK

NOSTITZ & KOCH, CHEMNITZ

Fabrik elektrotechn. Apparate

Zur Messe in Leipzig, Haus der Elektrotechnik, Stand 3

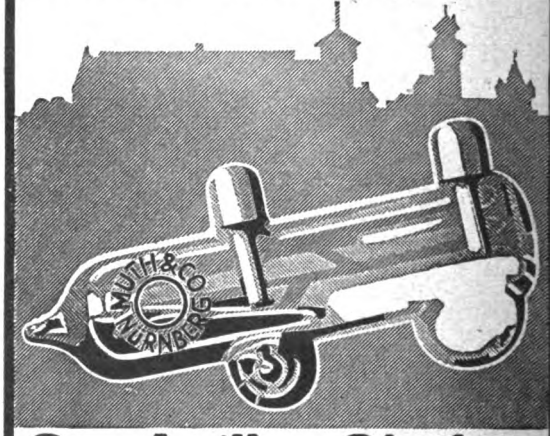
Digitized by Google

DER SCHERENSTROM-ABNEHMER D.R.P.
wettergeschützte Federn.
B&H
DIE TUNNEL-SCHLEIFLEITUNG
mit B&H Stromschiene D.R.P.
Stoßfrei durchlaufender, auswechselbarer Kupferkopf.
BISCHOFF & HENSEL MANNHEIM
ELEKTROTECHNISCHE FABRIK AKTIENGELLSCHAFT

Motor-Schaltkästen
Sicherungs-Kästen
(für Stöpsel und Stöpsel-Automaten)
Hebel-Schalter

Schaltapparate - Gesellschaft m.b.H.
Draht-Anschrift: »Anlasser« Eisenach-7 Fernsprecher: Nr. 1509 und 1554

SCHORCH
Wir erzeugen
Generatoren, Motoren, Transformatoren, Schaltanlagen
Besondere Neuheiten:
Aufzugsmotoren
Einphasenmotoren für 100 bis 300 % Anzugsmoment bei normaler Zählersicherung
Kühlschrankmotoren
Automatische Pumpenantriebe
Umsteuerantriebe aller Art
Vollkommen gekapselte Motoren mit verstärkter Außenkühlung
Wir beraten
Sie in jeder Antriebsfrage und bieten Ihnen die jeweils technisch und wirtschaftlich vollkommenste Lösung
Schorch-Werke A.G. Rheydt

MUTH & CO NÜRNBERG


Quecksilber-Schalter
in jeder Form und Für Leistungen bis 12,5 KW
D. R. Pe.

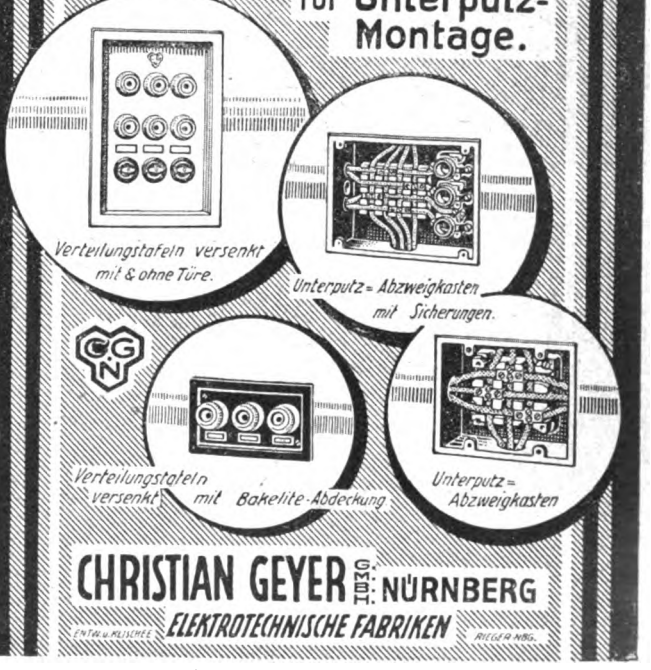
Digitized by Google

Das Beste
für Konuslager
STAR
Kugelhalter

Nur echt mit Aufdruck „STAR"
Deutsche Star Kugelhalter Ges. m.b.H.
Schweinfurt

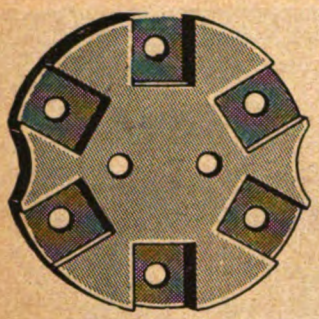
FAVAG
Registrier-Apparate

Kombinierter Registrierapparat Type 3501 mit elektrischem Halbsekundenpendel und Registrierung auf Papierband
Registrierung durch Loch- oder Schreibstifte
Ganz-Metallgehäuse
Verlangen Sie Preisliste 31
FAVAG
FAVAG
GENERAL-VERTRIEB: Hans Treu Industrie-Vertretungen Berlin S 14, Annenstrasse 9

GEYER
Installations-Apparate
für Unterputz-Montage.


CHRISTIAN GEYER NACHF. NÜRNBERG
ELEKTROTECHNISCHE FABRIKEN

Digitized by Google



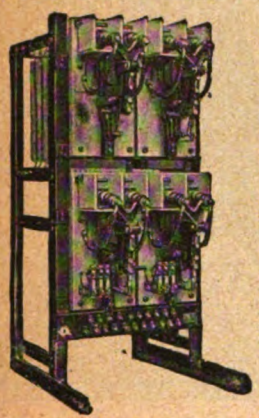
„ALUSIL"

der preiswerte Isolierpreßstoff für hohe Ansprüche!

Sehr saubere, genaue Arbeit
Kein Verziehen / Leichte Montage
Pünktliche Lieferung

Schreiben Sie uns was Sie brauchen, wir machen Ihnen sofort Angebot!

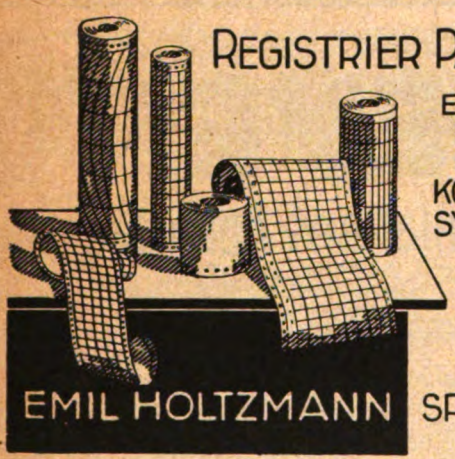
ALUSIL-Preßstoffwerk, Probstzella



Für Aufzüge:
Praktisch geräuschlose
Wende-Schütze u. -Selbstanlasser
für Drehstrom u. Gleichstrom

Spezialfabrik elektr. Steuerapparate
Gebr. Cruse & Co.
Dresden-N 30

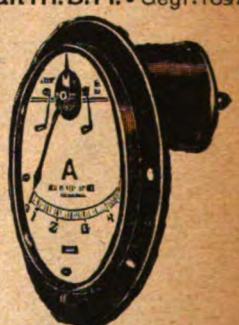
Sparen durch
HANDLAMPEN
15-150 WATT
bruchsicher unfallverhütend — gas- und wasserdicht
Ernst Rademacher. Düsseldorf 8
OSTSTR. 128-132



REGISTRIER PAPIERE IN ENDLOSEN ROLLEN FÜR ALLE KONTROLL-SYSTEME

EMIL HOLTZMANN SPEYER A/RH.

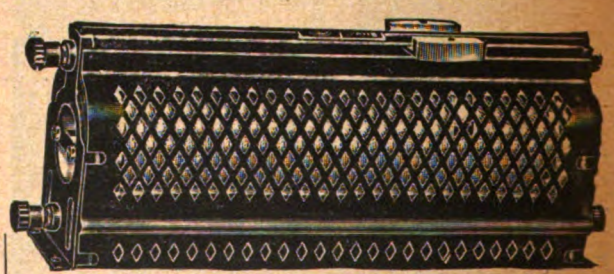
Gans & Goldschmidt
Elektrizitätsgesellschaft m. b. H. • Gegr. 1897
Spezial-Fabrik elektr. Meßgeräte, Widerstände und Schalttafeln
BERLIN N 65
Müllerstraße 10



Flaches Einbauinstrument

Asbestleitungen
Heiz- und Widerstandskordel
für jeden Verwendungszweck liefert die bewährte Spezialfabrik

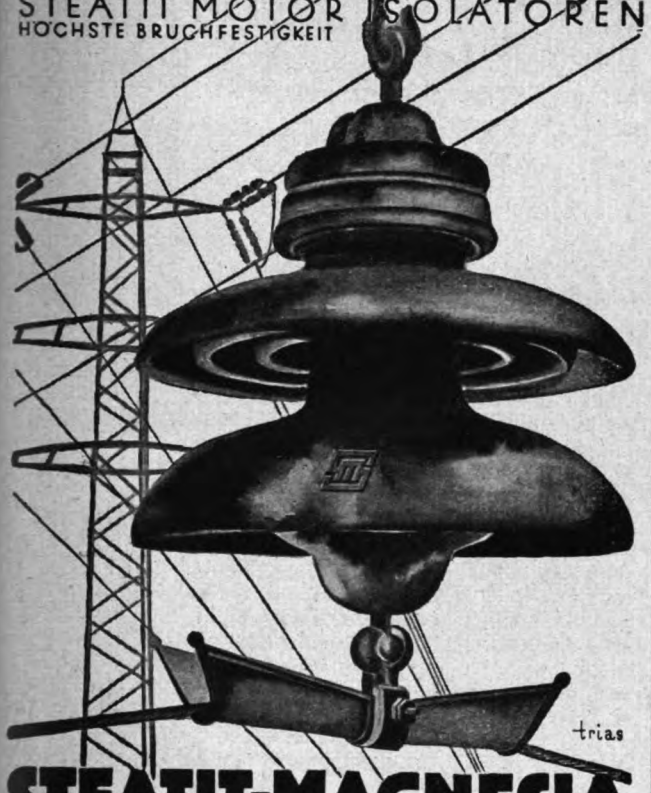
Monette-Asbestdraht G.m.b.H.
Berlin-Stralau D.



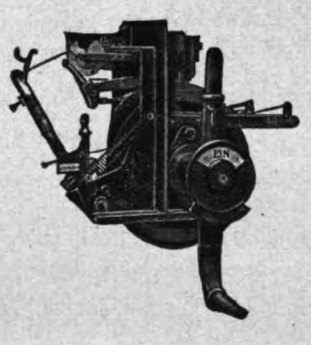
Widerstände
jeder Art
A. REICHARDT
Berlin N 31, Brunnenstr. 39
Tel.: Vineta 1230/50

Digitized by Google

STEATIT MOTOR ISOLATOREN
HÖCHSTE BRUCHFESTIGKEIT



STEATIT-MAGNESIA
AKTIENGESELLSCHAFT
HOLLENBRUNN, IN OBERFRANKEN - BAYERN -



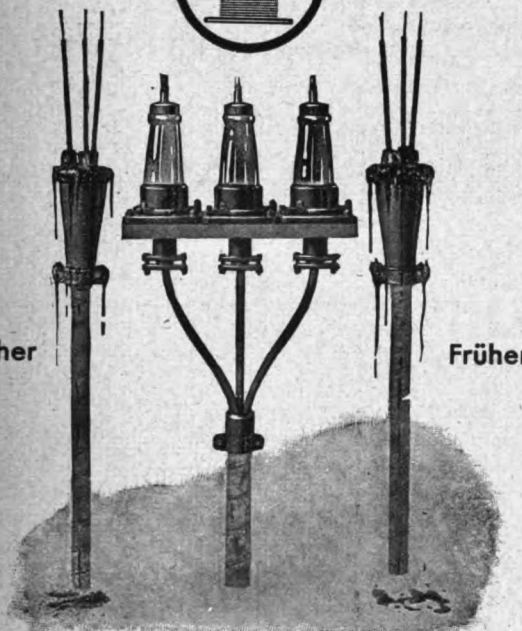
Selbsttätige
Einschaltvorrichtung
für Ölschalter

Hochspannungs - Apparate
bis 35 000 Volt

Gußeisernes Schaltmaterial

Ingenieur **Paul Eisenstuck**
Leipzig-S 3, Bayerschestr. 80

Dreieinleiter- **Endverschluß**



Vergleiche Vogel Mitteilungen Nr. 3 vom Februar 1929
C. J. Vogel · Draht- u. Kabelwerke
Aktiengesellschaft
Berlin-Cöpenick

Schleif- und Polier-Maschinen

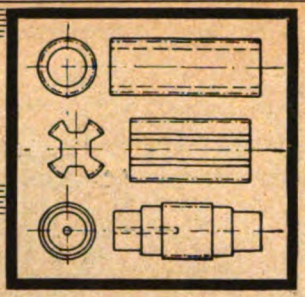
50 jährige Spezial-Erfahrungen
gewährleisten
Qualitäts - Erzeugnisse

Einheits-Modell PM

Langbein-Pfanhauser-Werke A-G
Abt. 26, Leipzig O 28
Spezialfabrik für Galvanotechnik, Schleif- und Polier-Maschinenbau

Digitized by Google

Schieferwalzen

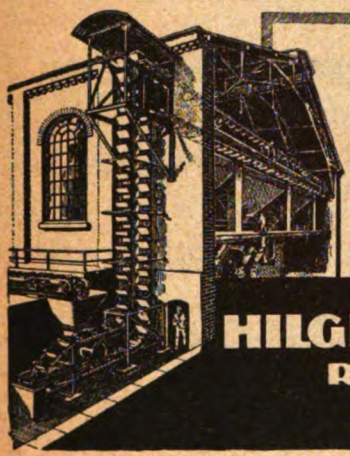


Thür. Staatswerke
Abteilung Elektro-Schieferwerk. Steinach (Thür. Wald)

Schwartz' Isolierband
klebt gut – hält gut!

Isolierband, Jakonetband
Leinenband, Gurtband, Wachsband
Bastband, Kunstseidenband
Lampenschirmwickelband

J. J. Schwartz Söhne & Co. A-G
Groß Ammensleben-Bleiche bei Magdeburg
Mechanische Bandweberei
Gegr. 1744 Isolierband-Streicherei, Bastband-Leimerei



Pendelbecherwerke
Elevatoren
Stahlbandförderer
Gurtbandförderer

HILGERS A.G.
RHEINBROHL

»SIEGOZON«
Heilgeräte

sind nach jahrelanger Erfahrung gebaute, äußerst handliche Apparate, die **Hochfrequenzströme** und **Violettstrahlen** erzeugen. — Ausführl. Beschreibung u. günstigste Preisangebote stehen gern zur Verfügung.

HUGO SIEGER
Mechanische Werkstätten
JENA, Knebelstraße 11

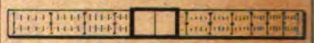
ETZ-ANZEIGER

Vorschriftsmäßige
Aushänge- u. Warnungsplakate
des Verbandes Deutscher Elektrotechniker
J. ED. WUNDERLE
Mainz-Kastel
Man verlange Katalog

R. JAHRE
Spezialfabrik für Kondensatoren
Berlin SO 16
Glimmer- Papier- Luft- Kondensatoren

Präzisionsholzwaren
für die gesamte Elektrotechnik, technischen, wissenschaftlichen Instrumentenbau, Feinmechanik, Radiogehäuse in sauberster präziser Ausführung.
AUGUST KOPPERMANN
Wilkau i. Sa. Gegr. 1834

Rechenschieber



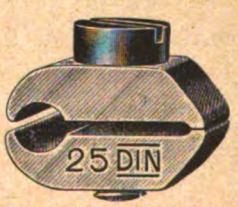
alle Typen, Elektro- und für
Reklame
DR.-ING. SEEHASE
BERLIN SO 36

Gleitwiderstände
Kurbelwiderstände
fabriziert in allen Größen
C. SCHNIEWINDT G. m. b. H.
Elektrotechn. Spezialfabrik
Neuenrade / Westf.

RÖNTGEN-ANTIKATHODEN

WOLFRAM- KONTAKTE
ELEKTROMETALLWERK
BERLIN SO 36
Köllnisches Ufer 54

Tatzen-
klemmen, sowie alle anderen Kabelklemmen,
auch nach Muster u. Zeichnung



KARL H. ACKERMANN
Elektrotechn. Fabrik
Berlin-Friedenau, Kaiserallee 98

Der
ETZ-
Anzeiger
bietet beste Gelegenheit zur Ankündigung von solchen Artikeln, die keinen großen Reklameaufwand vertragen

Digitized by Google

Registrier-Rollen

STREIFEN FÜR ALLE MESS- SCHEIBEN INSTRUMENTE

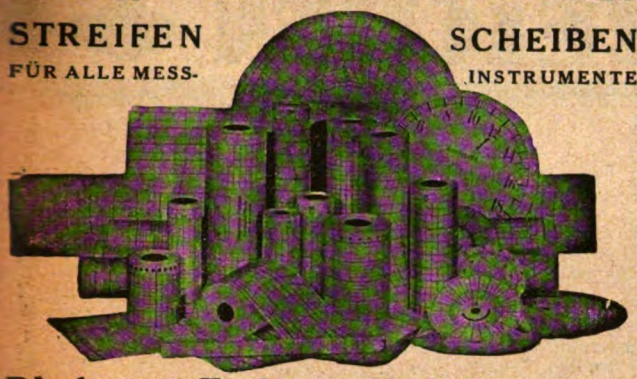


Diagramm-Halbach / Dortmund-Hörde

HELIOS

HOCHFREQUENZ-APPARATE

IN 10 TYPEN

Vertreter gesucht

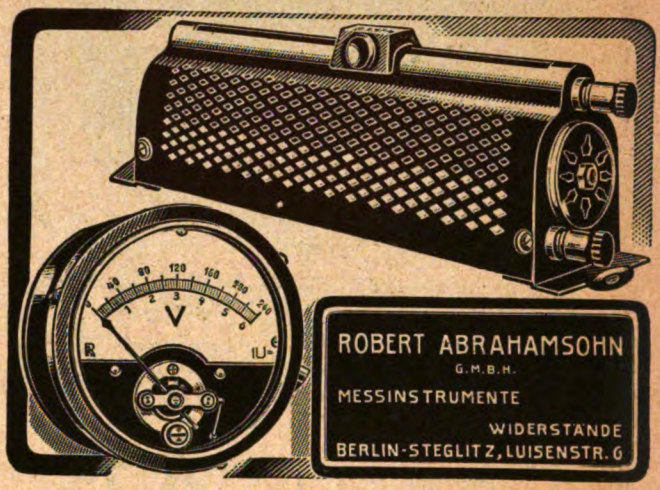
HELIOS-WERK

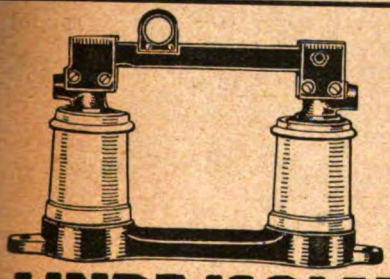
HERMANN WILL, JENA

WEMA GITTERROST

J. Eberspächer

Glasdachfabrik G.m.b.H. Esslingen a. N.





Kittloses Hochspannungsmaterial

„System Linde"
D. R. Patente

Kopfarmatur und Fußarmatur leicht auswechselbar

LINDE-ISOLATOREN

allen anderen voran, den DIN, VDE angepaßt, gewähren größte Sicherheit, unverwüstlich, temperaturbeständig

August Linde, Elektrotechnische Fabrik, Elsterwerda 1

Fernruf 297 — Vertr.-Bezirke frei — Telegr.-Adr. Isolatorlinde

Gebr. Heyne G.m.b.H.

Offenbach a. M.

Metallschraubenfabrik

Façondreherei

Gegr. 1869 · 800 Arbeiter und Beamte

1800 Arbeitsmaschinen

Größte Spezialfabrik der Branche

Präzise Ausführung, billige Preise, rasche Lieferung

Verlängerungs-Bandkabel

CORTINA

ges. gesch.

für Stark- u. Schwachstrom im Bakelite-Gehäuse, flach wie ein Bandmaß!

WuG K BERLIN

TELEFONSCHNURFABRIK

W. & G. KESSLER

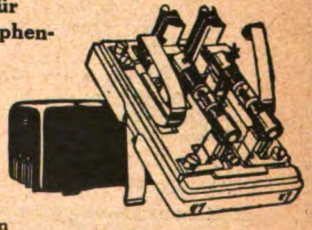
BERLIN SO 36, Elisabeth-Ufer 19

Tel. Moritzplatz 1476 u. 9304. Gegr. 1869

Telephonapparate

Zubehörteile für Telephon-Telegraphen-Apparate

Spezialität:
Mikrotelephone
Blitzschutzsicherungen
Membra-Radio-Lautsprecher



Lieferanten vieler Behörden

Konski & Krüger

Fabrik elektr. u. mechan. Apparate

Berlin N 4, Chausseestr. 117

Digitized by Google

FABRIKZEICHEN

BAYERISCHE ELEKTRICITÄTS-WERKE
Fabrik Landshut (Bayern)
Elektromotoren / Generatoren
Transformatoren
Gleichstrom-Hochspannungs-Dynamos für Sender
Lade-Einrichtungen / Umformer

HOLLÄNDISCHE DRAHT- und KABELWERKE A. G.
AMSTERDAM
DRAKA
Gummi-isolierte Leitungen aller Art.

RHEINISCHE WESTFÄLISCHE SPRENGSTOFF-ACTIENGETELLSCHAFT
Abt. Kunststoffe
Troisdorf (Bez. Köln)
Isolierstoffe: Trolit, Gummon, Trolitan, Trolitax, Trolon.
Preßteile
Platten — Stäbe — Rohre — Profile
Preß- und Spritzpulver

Abt. I: Elektrische Schaltuhren, Treppen-, Straßen-, Schaufenster- u. Reklamebeleuchtung
Relais / Temperaturregler
Abt. II: Klemmen aller Art für Innen- und Außenmontage
Dachständereinführungen
PAUL SCHRÖDER
Feuerbach-Stuttgart

Elektrometall
SCHNIEWINDT, POSE & MARRE G. M. B. H.
Erkrath-Düsseldorf
Chromnickeldrähte und -Bänder für die Elektroheizung

Gegr. KUB 1882
KROGSGAARD & BECKER
Hamburg 30
Spindel-Zellenschalter,
Selbstschalter,
Lade-Schutzschalter

Ringsdorff-Werke A.-G.
Mehlem
Kohlebürsten
Kohlebürstenhalter

THIEL & SCHUCHARDT
Metallwarenfabrik A.-G.
Ruhla i. Thür.
Spezialität:
Elektrotechnische Bedarfsartikel aller Art

Fein-Fabrikate
C. & E. FEIN, STUTTGART
Erste Spezialfabrik
für Elektrowerkzeuge
Gegr. 1857

PORZELLANFABRIK
KLOSTER VEILSDORF A.-G.
Veilsdorf (Werra)

C. & F. SCHLOTHAUER
G. m. b. H.
Ruhla (Thür.)
Spezialfabrik elektrotechnischer Installationsmaterialien

CASP. ARN. WINKHAUS
Elektrot. Fabrik
Carthausen, Westfahlen
Fernspr.: Schalksmühle 452
Einheitsmaterial:
Schalter und Steckdosen

FRANKFURTER TRANSFORMATOREN FABRIK
M. TOPE & Co.
Frankfurt a. M.-West 13

CARL REINSHAGEN
Telefonschnur-, Kabel- u. Gummiwark G. m. b. H.
Wuppertal - Ronsdorf
NONHYGRO
NONHYGRO-Schnüre für alle Fernmeldezwecke mit höchsten konstanten Isolationswerten (DRP.)

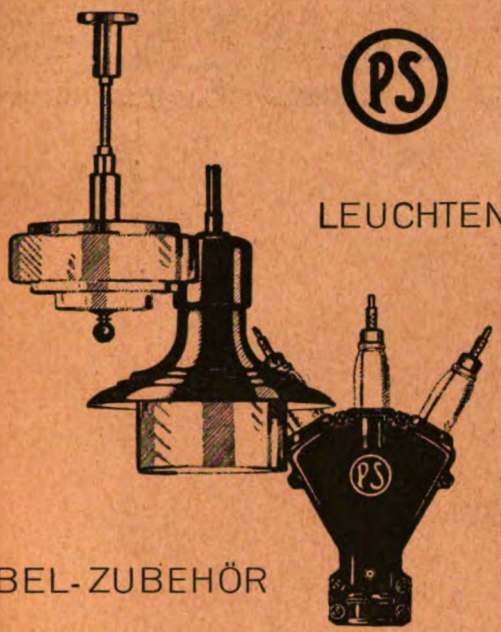
HEINZ W. SCHNEIDER & Co.
G. m. b. H. Elektrotechn. Fabrik
Frankfurt a. M.-West
Einheitsdruckschalter Original Hawesco

ZIEHL - ABEGG
Elektrizitäts-Gesellschaft m. b. H.
Berlin-Weißensee
Elektromotoren, Umformer
Kran- und Aufzugsmotoren
Hochspannungs - Dynamos,
Hochfrequenz - Maschinen
Ventilatoren

KAW ACCUMULATOR
GOTTFRIED HAGEN
Aktiengesellschaft
Köln-Kalk
Abt.
Kölner Accumulatoren - Werke
Accumulatoren für alle Verwendungszwecke

Wenn Sie den Eigentümer eines Fabrikzeichens feststellen wollen, das hier nicht veröffentlicht ist, kann Ihnen vielleicht die **Anzeigen-Abteilung der ETZ** Auskunft geben

Digitized by Google



PS

LEUCHTEN

KABEL-ZUBEHÖR

ELEKTROTECHNISCHE FABRIK
PÖTTER & SCHÜTZE
ESSEN-RELLINGHAUSEN G.M.B.H.

Isolatoren-
Stützen

nach den Normalien des V.D.E.
Isolatoren mit Stützen, sowie
Eisenkonstruktionen für den Bau von
Ortsnetzen, wie Lyraträger, Konsolen,
Querträger usw.

Gebr. Hannemann & Cie.
G.m.b.H.
Düren (Rhld)

1528-FELDMÜHLE-1528
SPECIAL-BANK-POST

Feldmühle Special-Bank-Post.

EIN PAPIER
das durch seine vornehm-gediegene Wirkung als Schreib- und Druckpapier sich selbst empfiehlt.
Verlangen Sie das Angebot Ihres Papier-Großhändlers oder Druckers.

FELDMÜHLE

PAPIER-U. ZELLSTOFFWERKE AKT.-GES. STETTIN

Elektrische Präzisions-Meßinstrumente

Für Laboratorien

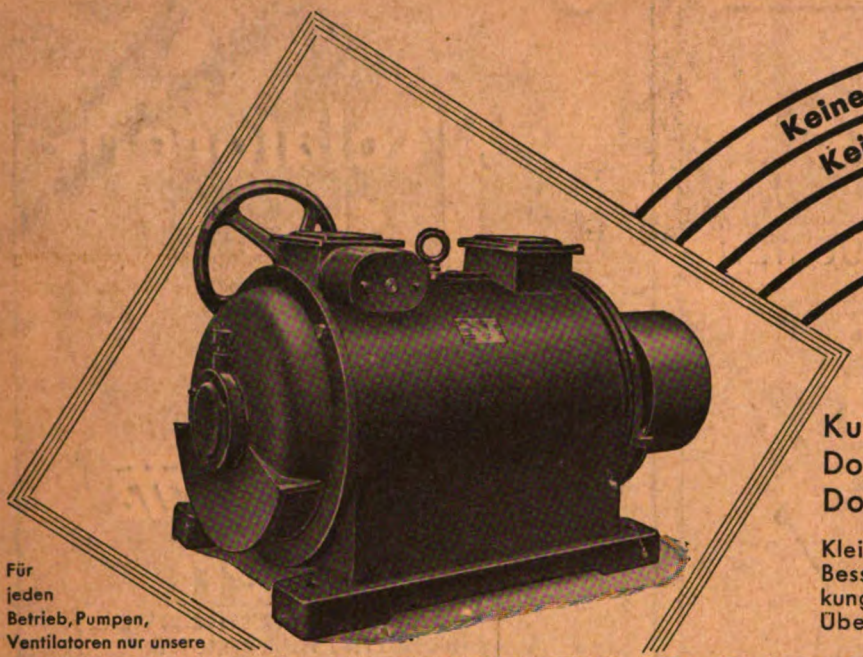
„Nadir"

Für Betriebe

Einbau- und Schalttafel-Geräte
Röhren-Voltmeter
Röhren-Prüfgeräte (auch für Vakuumprüfung)
Messbrücken, Ferntachometer
Zeiger-Dynamometer

Nadir-Abteilung der Deuta-Werke
Berlin SO 36, Oranienstr. 25
Fernspr.: F 8 Oberbaum 9121 Sammelnummer

Digitized by Google



Keine Schleifringe · Keine Bürsten
Kein Anlasser · Keine Kontakte
Keine Schaltwalzen
Keine Zentrifugalschalter

Verlangen Sie Preislisten und Angebot über

Kurzschluß-
Doppelkäfig-
Doppelfeld- Motoren

Kleinster Anlaufstrom · Hohes Drehmoment
Besser wie Schleifringanker · Hoher Wirkungsgrad und hoher Leistungsfaktor · Große Überlastbarkeit · Lange Lebensdauer

Für jeden Betrieb, Pumpen, Ventilatoren nur unsere

SCHLEIFRINGLOSE MOTOREN

HOCHSPANNUNGS-GESELLSCHAFT MBH · Abteilung Colonia-Motoren · Köln-Zollstock

PORZELLANFABRIK ZU KLOSTER VEILSDORF

Veilsdorf (Werra)

Gegründet 1765, Aktiengesellschaft seit 1884

Werke in Kloster Veilsdorf, Eisfeld, Brattendorf und Meuselwitz i./Th.

Veilsdorfer Porzellan

Isolatoren für Hoch- und Niederspannung
Montage- und Installationsporzellan
Technisches Porzellan aller Art

Für den Anzeigenteil verantwortlich F. Luckhardt, Berlin SO 36 — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W — Druck von H. S. Hermann G. m. b. H., Berlin SW 19. — Printed in Germany.

Hierzu eine Beilage von der **Vereinigung der Elektrizitätswerke E. V., Berlin W 62**

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

BOUND
SEP 25 1931
UNIV. OF MICH.
LIBRARY

Google

Digitized by Google